

Bereitstellung und Nutzung von Ortsinformationen

Adrian Listyo

Betreuerin: Svetlana Domnitcheva

Seminar „Smart Environments“

Abstract - Neben den Positionierungstechnologien, die bereits im heutigen Alltag eingesetzt werden (wie zum Beispiel GPS zur Navigation oder RFID-Systeme für das Verfolgen von Waren in der Produktion), gibt es auch viele andere Systeme, die noch keinen breiten Einsatz gefunden haben. Solche Systeme wie Active Badges, Active Bats, RADAR, Cricket oder SpotON ermöglichen, auch im Zusammenspiel mit bekannten Technologien, viele verschiedene Anwendungen, wie z.B. ortsabhängige Dienste, Orientierung in einem Gebäude oder das Tracken von Personen und Gegenständen.

Zuerst möchte ich einige Anwendungsmöglichkeiten vorstellen. In Kapitel 2 stelle ich die Haupttechniken zur Bestimmung der Position vor, die von den Technologien benutzt werden, die ich im folgenden Kapitel behandeln werde. In meiner Arbeit werde ich mich auf Indoortechnologien konzentrieren. Zuerst erkläre ich die Technik, dann welche Anwendungen gemacht worden sind und zum Schluss welche Vorteile bzw. Nachteile diese Technologie hat gegenüber den anderen Technologien. Im letzten Kapitel geht es um „Sensor Fusion“, wo die verschiedenen Technologien verschmolzen werden sollen, um höhere Genauigkeiten zu erhalten.

1. Anwendungsmöglichkeiten

Ortsinformationen können verwendet werden, um die lokale Infrastruktur zu nutzen. Der nächste Drucker könnte zum Beispiel gefunden werden.

Eine weitere Anwendung wäre die Navigation durch ein Gebäude. Auf einem Display könnte man sich die aktuelle Position in zum Beispiel einem Einkaufszentrum anzeigen lassen oder man könnte sich zum gewünschten Geschäft navigieren lassen.

Ortsinformationen erlauben ein Tracken von Personen und Gegenständen, was eine ganze Reihe von Anwendungen ermöglicht. Die Feuerwehr könnte einen Einsatz besser koordinieren, das Personal in einem Spital könnte effizienter eingesetzt werden, die Rezeptionistin könnte das Personal ausfindig machen, um zum Beispiel Anrufe weiterzuleiten oder Arbeitskollegen könnten einfach gefunden werden.

Auch in einem intelligenten Haus wären Ortsinformationen gut zu gebrauchen. Geräte, wie zum Beispiel der Fernseher, die Stereoanlage oder das automatische Garagentor könnten erkennen, welche Person sich in der Nähe befindet und „intelligent“ reagieren.

2. Techniken zur Bestimmung der Position

Die drei Haupttechniken zur Bestimmung der Position sind Proximity, Triangulation und Scene Analysis [1].

2.1 Proximity

Mit Proximity kann bestimmt werden, ob sich ein Objekt in der „Nähe“ einer bekannten Position befindet. Die „Nähe“ wird bestimmt durch ein physikalisches Phänomen. RFID hat zum Beispiel eine Reichweite von ein bis zwei Metern und wenn ein Signal von einem RFID-Tag erhalten wird, weiss man, dass sich das RFID-Tag innerhalb dieser Reichweite befindet. Ein weiteres Beispiel wären Infrarotstrahlen. Sie gehen ja nicht durch Wände durch und deshalb kann man davon ausgehen, dass sich der Infrarotsender im gleichen Raum befindet wie der Infrarotsensor, der das Signal erhalten hat.

2.2 Triangulation

Die Triangulation benutzt die Eigenschaften eines Dreiecks, um den Ort zu bestimmen. Sie lässt sich in Lateration und Angulation unterteilen. Lateration berechnet die Position durch das Messen von Distanzen von verschiedenen Positionen aus. Um die 2D Position eines Objekts zu berechnen braucht es drei Distanzmessungen (siehe Abbildung 1) von verschiedenen Punkten aus und um die 3D Position zu berechnen vier Distanzmessungen. Distanzmessungen werden entweder mit Time-of-Flight oder Signalstärkenverminderung gemacht. Bei der Time-of-Flight wird die Zeit gemessen, die ein Signal braucht, um von einem Punkt zum anderen zu kommen. Bei gegebener Geschwindigkeit kann die Distanz berechnet werden. Bei der Signalstärkenverminderung nutzt man die Korrelation zwischen Abschwächung eines Signals und der Distanz aus. Je weiter das Signal weg ist vom Sendeort desto grösser die Distanz.

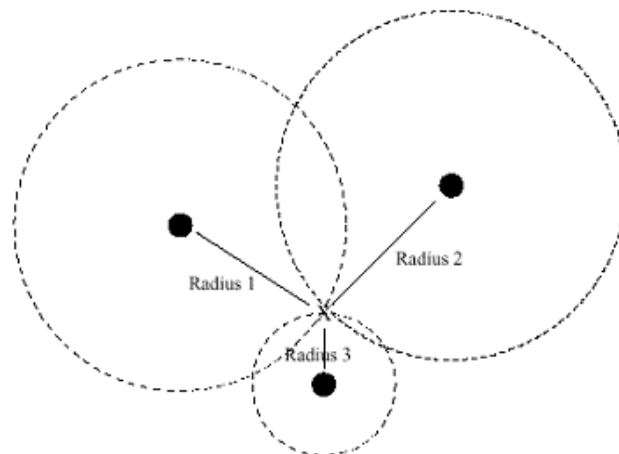


Abbildung 1

2.3 Scene Analysis

Nutzt Merkmale, die von einem bestimmten Punkt beobachtet werden, um auf den Ort eines Objektes zu schliessen.

Bei der Static Scene Analysis werden Messungen mit Hilfe eines Datenbestandes einem Ort zugewiesen, während bei der Differential Scene Analysis die Differenzen von zwei aufeinanderfolgenden Bildern analysiert wird, um auf den Ort zu schliessen.

Diese Techniken werden einzeln oder in Kombination von den Lokationssystemen verwendet.

3. Technologien

In diesem Kapitel werden die Indoortechnologien [3] vorgestellt, die gut dazu verwendet werden könnten in eine intelligente Umgebung eingebaut zu werden. Es gibt viele weitere Technologien, die Ortsinformationen bereitstellen können, wie diejenigen, die im Gebiet Virtual Reality und Animation Motion Capture eingesetzt werden. Das Problem bei diesen Technologien ist, dass sie nicht gut geeignet sind für eine intelligente Umgebung. Einerseits sind diese Systeme oft teuer und andererseits sind sie nicht gebaut, um für ein ganzes Gebäude zum Einsatz zu kommen.

Eine interessante Indoortechnologie wird von der amerikanischen Firma Rosum entwickelt [2]. Sie benutzt TV Synchronisationssignale, um Benutzer zu lokalisieren. Zurzeit erreicht diese Technologie eine Genauigkeit von 3 bis 25 Metern, was noch ziemlich ungenau ist und für viele Anwendungen nicht ausreicht. Der Vorteil dieser Technologie ist, dass die Infrastruktur schon vorhanden ist. Mit GPS soll ein universelles Lokationssystem aufgebaut werden.

3.1 Active Badges

Active Badges [4] von AT&T Cambridge ist das erste Indoorlokationssystem. Es bestimmt den Ort durch Proximity und nutzt die Infrarottechnologie. Personen tragen ein Active Badge, das ein GUID (Global Unique Identifier) emittiert. Ein zentraler Server sammelt Daten von Infrarotsensoren und liefert ein API, um die Daten zu nutzen. Da Infrarotstrahlen Wände nicht durchdringen, kann angenommen werden, dass sich die Person im gleichen Raum befindet wie der Infrarotsensor, der das Signal empfangen hat.

Eine Applikation ist die Hilfe für eine Telefonrezeptionistin. Das System wurde erfolgreich in einem Forschungslabor getestet. Aus einer Tabelle (siehe Abbildung 2) kann herausgelesen werden, welches Telefon sich in der Nähe jeder Person befindet.

Name	Location	Prob.	Name	Location	Prob.
P Ainsworth	X343 Accs	100%	J Martin	X310 Mc Rm	100%
T Blackie	X222 DVI Rm.	80%	O Mason	X307 Lab	77%
M Chopping	X410 R302	TUE.	D Milway	X307 Drill	AWAY
D Clarke	X316 R321	10:30	B Miners	X202 DVI Rm.	10:40
V Falcao	X218 R435	AWAY	P Mital	X213 PM	11:20
D Garnett	X232 R310	100%	J Porter	X398 Lib.	100%
J Gibbons	X0 Rec.	AWAY	B Robertson	X307 Lab	100%
D Greaves	X304 F3	MON.	C Turner	X307 Lab.	MON.
A Hopper	X434 AH	100%	R Want	X309 Meet. Rm.	77%
A Jackson	X308 AJ	90%	M Wilkes	X300 MW	100%
A Jones	X210 Coffee	100%	I Wilson	X307 Lab.	100%
T King	X309 Meet. Rm.	11:20	S Wray	X204 SW	11:20
D Lioupis	X304 R311	100%	K Zielinski	X402 Coffee	100%

Abbildung 2

Evaluation

Das Problem bei diesem System ist, dass es anfällig ist auf direktes Sonnenlicht und die Genauigkeit ist auf ganze Räume beschränkt. Ausserdem sind die Installations- bzw. Unterhaltskosten ziemlich hoch [7].

3.2 Active Bat

Das nachfolgende Projekt von AT&T Cambridge ist das Active Bat [5], welches genauere Positionsangaben liefert als Active Badges. Bei dieser Technologie werden die Ortsinformationen durch Lateration erhalten, wobei die Time-of-Flight von Ultraschall benutzt wird. Das Active Bat emittiert ein Ultraschallsignal an ein Gitter von Sensoren an der Decke. Gleichzeitig erhalten die Sensoren über ein Netzwerk ein Resetsignal für die Synchronisation. Sie messen nun die Zeit bis das Ultraschallsignal empfangen wird. Daraus kann die Distanz zum Bat berechnet werden. Mit drei Distanzen kann die 3D Position des Bats berechnet werden. Die berechnete Position befindet sich mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % innerhalb von 9 cm, was sehr präzise ist. Ausserdem kann die Orientation der Person berechnet werden, vorausgesetzt das Bat wird immer gleich getragen, da der Körper die Ultrachallsignale abschirmt und nur die Sensoren vor einer Person die Ultraschallsignale erhalten.

Ziel der Forschungsgruppe ist ein „Sentient Computing System“ zu implementieren. In diesem System sollen Geräte mit Benutzern kooperieren, den Kontext erkennen und reagieren und sich entsprechend konfigurieren. Konkret wurde jedes reale Objekt als Software Objekt dargestellt mit genauen Ortsinformationen. Daraus entstand eine Anzahl von Anwendungen. Die erste Kategorie von Anwendungen ist Browsing, wo einfach der momentane Zustand angezeigt wird (siehe Abbildung 3). Personen können gefunden werden und mit einem Telefon in der Nähe kontaktiert werden. Aufgrund der Disposition sieht man sogar, ob die Person beschäftigt ist oder nicht. Man kann auch informiert werden, wenn eine Person das Gebäude betritt oder verlässt.

Eine weitere Kategorie sind die „Follow-me Systeme“. Hier wird das Interface eines Benutzers zum nächsten geeigneten Gerät mitgenommen. Eine Follow-me Desktop Applikation zeigt den Desktop auf dem nächsten Computerbildschirm an, ausgelöst durch einen Knopf auf dem Bat.

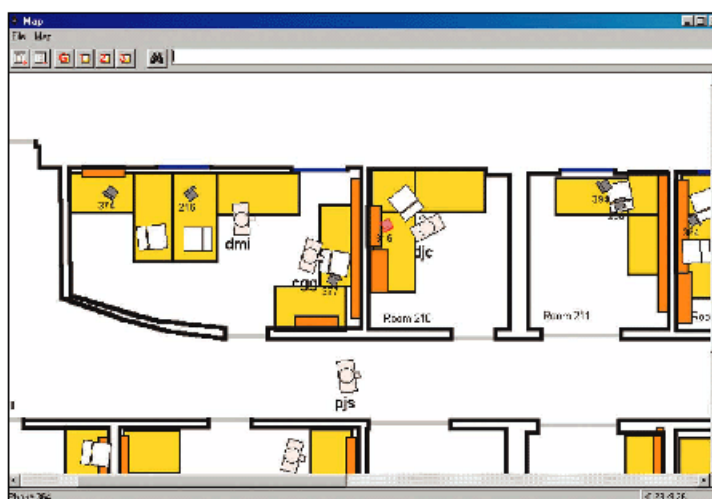


Abbildung 3

Evaluation

Das System ist sehr präzise, liefert 3D Ortsinformationen und die Orientation. Ein Problem ist, dass die Sensoren präzise an die Decke fixiert werden müssen und, dass es viele davon braucht. Dies verursacht einen grossen Installationsaufwand und hohe Kosten.

3.3 Cricket

Das Ziel von Cricket [6] ist ein Lokationssystem zu bauen mit dezentraler Struktur für die Privacy der Benutzer und mit niedrigen Kosten. Cricket nutzt Proximity und Lateration. Der Benutzer sollte selbst entscheiden können wer seine Ortsinformationen erhalten soll. Entstanden ist ein Lokationssystem das komplementär ist zum Active Bat. Hier senden sogenannte Beacons Ultraschall- bzw. RF-Signale, welche die sogenannten Listener auf den Objekten empfangen. Mit dem RF-Signal wird ein String, das den Raum identifiziert, geschickt. Das gleichzeitig gesendete Ultraschallsignal wird für die Lateration gebraucht. Der Listener misst nämlich die Zeitdifferenz der beiden Signale und berechnet so die Distanz zum Beacon. Dies ist nötig, da der Listener von mehreren Beacons gleichzeitig Signale erhalten kann und nun feststellen muss zu welchem er näher ist.

In verschiedenen Doktoranden- bzw. Studentenprojekte werden Applikationen gemacht. Entstanden sind zum Beispiel ein Resource Discovery oder ein Person Locator.

Evaluation

Cricket hat aufgrund seiner dezentralen Konstruktion Vorteile, aber auch Nachteile gegenüber den zentralen Systemen. Ein grosser Vorteil ist, dass der Listener den Ort kennt ohne, dass ein zentrales System den Ort kennt. Es ist besser skalierbar als Active Bat, da die Listener die Berechnung durchführen, während bei Active Bat das zentrale System alle Berechnungen durchführen muss. Ausserdem ist Cricket einfach einsetzbar, da nur ein String in die Beacons geschrieben werden muss und sie an Wände oder Decken montiert werden müssen. Sie brauchen keine genaue Positionierung. Aufgrund der Konstruktion ist natürlich kontinuierliches Tracking schwieriger als bei einem zentralen System. Weiter brauchen die Listener mehr Energie als die Active Bats, weswegen auch die Batterien öfter ausgetauscht werden müssen. Ausserdem ist die Genauigkeit auch weniger gut. Es gibt auch Cricketversionen, bei denen die Beacons an festen Positionen fixiert sind und die Listener ihre Position genau berechnen können.

3.4 RADAR

RADAR [7], entwickelt von einem Forschungsteam von Microsoft, basiert auf IEEE 802.11 WaveLAN. RADAR benutzt Scene Analysis, um Ortsinformationen zu kriegen. In einer sogenannten Off-Line Phase werden Signalstärken und Signal-To-Noise Ratio, gesendet vom kabellosem Gerät, von Basisstationen gemessen. Im Experiment brauchte es für ein Stockwerk nur drei Basisstationen. Jede Messung wird einem Ort zugewiesen. In der Real-Time Phase messen die Basisstationen Signalstärke und Signal-To-Noise Ratio von einem Gerät und vergleichen sie mit den empirischen Messungen. So können die Ortsinformationen geschätzt werden. Das Problem bei dieser empirischen Methode ist, dass die Messungen viel Aufwand erfordern und zum Beispiel bei einem neuen oder verschobenen Metallschrank der Datenbestand erneuert werden muss.

Abhilfe verspricht die zweite Implementation von RADAR, das Lateration benutzt. Hier werden jedoch keine Distanzen berechnet, sondern von verschiedenen Referenzpunkten wird mit einem mathematischen Modell berechnet, wie gross die Signalstärke an der Basisstation sein müsste. So wird eine Signalstärkenkarte wie bei den empirischen Messungen erstellt. Die Schwierigkeit besteht darin, dass sich Wände dazwischen befinden können.

Evaluation

RADAR braucht nur wenige Basisstationen und nutzt eine bereits vorhandene Technik. Das Problem dabei ist, dass kleinere Geräte, die Wireless LAN unterstützen viel Energie brauchen. Weiter besteht bei der Implementation mit Scene Analysis das Problem, dass der Datenbestand mühsam aufgebaut werden muss und sich ändern kann, wenn zum Beispiel ein Metallschrank verschoben wird. Beide Implementationen sind nicht sehr exakt. Die Implementation mit Scene Analysis berechnet Positionen innerhalb von 3 Metern mit nur 50 % Wahrscheinlichkeit und die Implementation mit Lateration berechnet Positionen innerhalb von 4.3 Metern mit der gleiche Wahrscheinlichkeit.

Place Lab

In diesem Projekt [8] [9] soll die Technik, die RADAR benutzt, verwendet werden. Hier geht es um einen Vorschlag eines Forschungsteams weltweit „location-enhanced“ Webservices anzubieten. Sie wollen eine vorhandene Infrastruktur ausnutzen, nämlich WLAN Hoptspots. Heutzutage überlappen sich viele Sendebereiche von Hotspots.

Es soll folgendermassen funktionieren: Das Gerät schaut die MAC-Adresse in einem gecachten Directory nach. Im Directory steht wo sich welche MAC-Adresse befindet. Mit der Technik von RADAR könnten auch genauere Ortsinformationen erhalten werden.

Das Forschungsteam stellt sich den Service so vor: Ein sogenannter „Place Bar“, integriert im Webbrowser, berechnet die Position des Geräts aufgrund der MAC-Adresse und Signalstärke. Der Benutzer kann jetzt genauere oder weniger genaue Angaben über seinen Standort preisgeben und dafür entsprechende Webservices erhalten (siehe Abbildung 4). Wenn er die Strasse bekanntgibt könnte er Informationen wann welcher Bus in der Nähe wegfährt oder wenn er seine genauere Position bekannt gibt kriegt er seinen Standort angezeigt in zum Beispiel einem Einkaufszentrum. Die grössten Problem, die bei diesem Projekt zu lösen wären: Wie soll die weltweite Datenbank aufgebaut werden? Wie kann "Big Brother" verhindert werden? Wie sollen Internetseiten mit Orten in Verbindung gebracht werden?

Users may choose to reveal their current	In exchange for this location-enhanced web service
City	Web logs (Blogs) for a city's activities. (cityblogs.com)
Postal (zip) code	Yellow pages listing for drugstores. (yp.yahoo.com)
Street address	The place and time for the next bus. (nextbus.com)
Longitude/latitude	My position on the shopping mall map (stanfordshop.com)

Abbildung 4

3.5 SpotON

SpotON [10] übernimmt Ideen von der Ad-hoc Netzwerk Technologie, weil sie nicht von einer Infrastruktur Gebrauch macht. In einem Ad-hoc Lokationssystem (siehe Abbildung 5) sollen alle Einheiten mobile Objekte werden mit den gleichen Sensoren und Möglichkeiten. Um Ortsinformationen zu erhalten tauschen die Objekte Messdaten aus. So können die Distanzen zwischen den Objekten berechnet werden, aber auch absolute Positionen können berechnet werden, falls einige Objekte eine bekannte Position haben.

SpotON misst, wie RADAR, RF Signalstärken, und berechnet so die Distanzen. Die Messungen von SpotON befinden sich innerhalb von 1 Meter, was akzeptabel ist. Implementierte Anwendungen, die diese Technologie benutzen habe ich nicht gefunden.

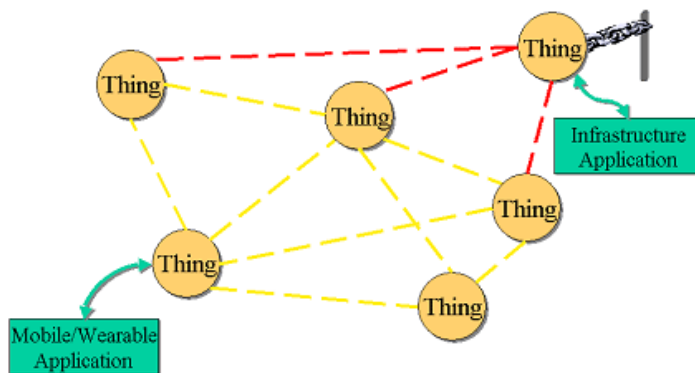


Abbildung 5

Evaluation

Diese Technologie erlaubt ein hoch skalierbares und billiges Lokationssystem, da keine Infrastruktur nötig ist.

4. Sensor Fusion

Die vorgestellten Technologien benutzen jeweils einen Typ von Sensor. Es wäre doch von Vorteil, wenn eine Applikation Resultate von mehreren Sensoren erhalten könnte, um Ortsinformationen mit grösserer Genauigkeit zu erhalten. Die Aufgabe viele Informationen zu verschmelzen wird Sensor Fusion genannt. Bei Sensor Fusion werden statistische Methoden verwendet, um eine höhere Genauigkeit zu erreichen. Resultat ist eine Messung mit Wahrscheinlichkeitsverteilung, statt eines einzelnen Wertes.

Eine Forschungsgruppe hat einen Vorschlag gemacht für ein Framework für Multi-Sensor Lokationssysteme, den Location Stack [11] [12].

Location Stack

Die Forschungsgruppe beschreibt dieses Framework folgendermassen: "A layered software engineering model for location in ubiquitous computing". Es liest von mehreren

Sensortechnologien und soll eine grössere Genauigkeit und mehr Flexibilität für Applikationen erlauben. Die Gruppe vergleicht dieses Modell mit dem Open Systems Interconnection (OSI) Schichtenmodell.

Schichten (siehe Abbildung X)

- Sensors:
 - liefert Daten in verschiedenen Formaten
- Measurements:
 - wandelt Daten um in Standardmasse
 - berechnet Fehlerwahrscheinlichkeiten berechnen
- Fusion:
 - berechnet aus den Messungen Positionen und Orientationen von Objekten
 - mit Zeitstempel und Fehlerwahrscheinlichkeiten
- Arrangements:
 - Relationen zwischen Objekten
- Contextual Fusion:
 - Verarbeitung mit Daten, die nichts mit Ortsinformationen zu tun haben

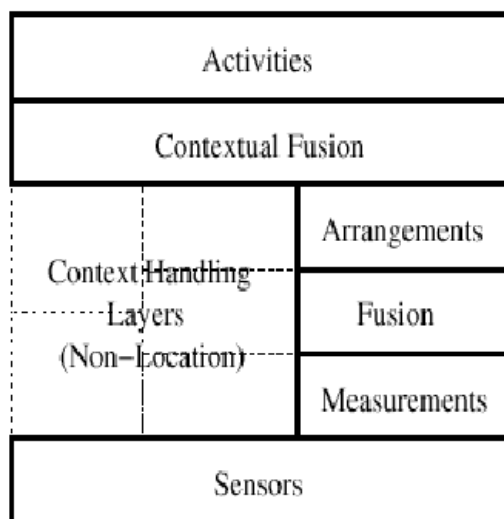


Abbildung 5

Implementation: Universal Location Framework

Bei der Implementation Universal Location Framework [13] wurden drei verschiedene Sensortechnologien verschmolzen und sie bietet ein einziges API an. Ausgewählt wurden eine Indoorsensortechnologie, eine Outdoorsensortechnologie und eine Proximitysensortechnologie.

Die Schicht Fusion bietet der Applikation ein API an in Form eines Location Reports, welches aus einem Zeitstempel, einer Position und einer Fehlerwahrscheinlichkeit besteht. Es können drei Arten von Reports generiert werden: Automatische Reports, welche generiert werden, wenn die Schicht Fusion neue Informationen kriegt. Damit kann ein Alarm ausgelöst werden, wenn sich ein Objekt ausserhalb einer spezifizierten Region befindet. Manuelle Reports, welche durch eine Anfrage ausgelöst werden. Periodische Reports, welche innerhalb eines spezifizierten Intervall generiert werden. Dieses erlaubt Echtzeittracking.

5. Fazit

Unter den Technologien, die ich jetzt vorgestellt habe gibt es jetzt keines das besser ist wie alle anderen. Je nach Anwendung ist eines besser geeignet als das andere. Active Bats besticht durch Genauigkeit, hat aber das Problem, dass dazu eine aufwändige Infrastruktur aufgebaut werden muss. Cricket und SpotON lösen dies mit einer dezentralen Struktur, während RADAR eine vorhandene Infrastruktur nutzt. Cricket hat gegenüber den anderen Technologien ausserdem den Vorteil, dass man seine Ortsinformationen nur preisgibt, wenn man will.

Mit Sensor Fusion können verschiedene Technologien verschmolzen werden. Sehr nützlich wäre die Verbindung einer Indoortechnologie mit einer Outdoortechnologie, zum Beispiel GPS. Webservices, wie von Place Lab vorgeschlagen, wären so nicht nur outdoor, sondern auch indoor verfügbar.

- [1] J.Hightower and G.Borriello, "Location Sensing Techniques", Companion to Location Systems for Ubiquitous Computing.
- [2] Television Positioning: www.rosum.com
- [3] J.Hightower, G. Borriello, "Location Systems for Ubiquitous Computing", Computer, Vol. 34, No. 8, pp. 57-66, IEEE Computer Society Press, Aug. 2001
M.Hazes, J.Scott, J.Krumm, "Location-Aware Computing Comes of Age", Invisible Computing, Feb. 2004, pp. 95-97.
- [4] R. Want et al., "The Active Badge Location System", ACM Trans. Information Systems, Jan. 1992, pp. 91-102.
- [5] M. Addlesee, R. Curwen, S. Hodges, J. Newman, P. Steggles, A. Ward and A. Hopper, "Implementing a Sentient Computing System", IEEE Computer Magazine, Vol. 34, No. 8, Aug. 2001, pp. 50-56.
- [6] N.B. Priyantha, A. Chakraborty, and H. Balakrishnan, "The Cricket Location-Support System", Proc.6th Ann. Int'l Conf.Mobile Computing and Networking (Mobicom00), ACM Press, New York, 2000, pp. 32-43.
- [7] P.Bahl and V. Padmanabhan, "RADAR: An In-Building RF-Based User Location and Tracking System", Proc. IEEE Infocom 2000, IEEE CS Press, Los Alamitos, Calif., 2000, pp. 775-784.
- [8] B.N. Schilit, A. LaMarca, D. McDonald, J. Tabert, E.Cadag, G.Borriello, W.G. Griswold, "Bootstrapping the Location-enhanced World Wide Web", Proceedings of the 2003 Workshop on Location –Aware Computing, Seattle, Washington, pp. 1-3, Oct. 2003.
- [9] B.N. Schilit, A. LaMarca, G. Borriello, W.G. Griswold, D. McDonald, E. Lazowska, A. Balachandran, J. Hong, V. Iverson, "Challenge: Ubiquitous Location-Aware Computing and the "Place Lab" Initiative", WMASH '03, Sep. 2003.
- [10] J. Hightower, R. Want, and G. Borriello, "SpotON: An Indoor 3d Location Sensing Technology Based on RF Signal Strength, UW CSE 2000-02-02, Univ. Washington, Seattle, Feb. 2000.
- [11] Jeffrey Hightower, Dieter Fox, and Gaetano Borriello, "The Location Stack," UW CSE 03-07-01, University of Washington, Department of Computer Science and Engineering, Seattle, WA, July 2003.
- [12] J. Hightower, B. Brumitt, and G. Borriello, "The Location Stack: A Layered Model for Location in Ubiquitous Computing", in Proceedings of the 4th IEEE Workshop on Mobile Computing Systems & Applications (WMCSA 2002), Callicoon, NY, pp. 22-28, Jun. 2002.
- [13] D. Graumann, W. Lara, J. Hightower, G. Borriello, "Real-world Implementation of the Location Stack: The Universal Location Framework", 5th IEEE Workshop on Mobile Computing Systems & Applications (WMCSA 2003), Monterey, CA, pp. 122-128, Oct. 2003.