



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Ausarbeitung Anwendungen 1
WS 10/11
Andreas Basener

Drahtlose Sensornetzwerke
im Kontext Ambient Assisted Living

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung	3
1.1 Was sind drahtlose Sensornetzwerke?	4
1.1.1 Techniken	4
1.1.2 Hauptprobleme von drahtlosen Sensornetzwerken	5
1.2 Was ist Ambient Assisted Living ?	6
2 Hauptteil	7
2.1 BehaviourScope	7
2.2 I-Living	8
2.3 PAUL	9
2.4 Masterarbeit von Olaf Tetzlaff	10
2.5 Weitere Arbeiten	10
2.6 Living Place	11
3 Fazit	11
3.1 Problemstellung	11
3.2 Ziele	12
Literatur	13

Zusammenfassung

In dieser Ausarbeitung werden Technologien für drahtlose Sensornetzwerke vorgestellt und einige Projekte, die im Bereich Ambient Assisted Living eingesetzt werden können. Anschließend werden Problemstellungen und Lösungsansätze besprochen.

1 Einführung

Prognosen für die Entwicklung der Altersstrukturen der Bevölkerung in Europa gehen davon aus, dass in Zukunft mehr ältere Menschen leben als jüngere. In Abbildung 1 sind der Stand für 2010 und eine Prognose für 2030 und 2060 in Deutschland dargestellt, die die Altersverteilung veranschaulicht¹.

Ältere Menschen benötigen oft Pflege und Betreuung durch jüngere Menschen. Gibt es aber weniger jüngere Menschen als ältere, leidet die Pflege und Betreuung. Mit dem Einsatz von moderner Informationstechnologie können diese aber unterstützt und verbessert werden. Dadurch ist eine Steigerung der Lebensqualität für die betroffenen Menschen möglich (Bamis u. a. (2010)).

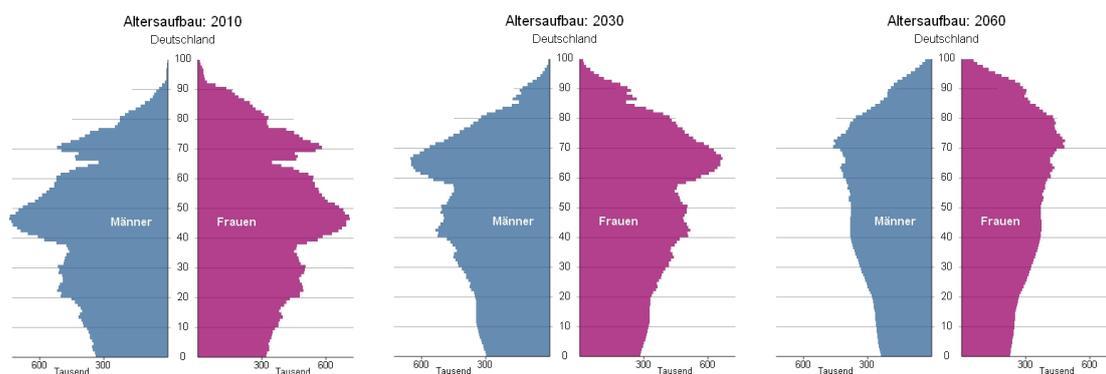


Abbildung 1: Altersverteilung 2010, 2030 und 2060 (Statistisches Bundesamt (2011))

In den folgenden Kapiteln werden Technologien vorgestellt, die für die Errichtung von drahtlosen Sensornetzwerken interessant sind, sowie einige Projekte, in denen bereits im Bereich Ambient Assisted Living erste Erfahrungen gesammelt wurden.

Anschließend werden Fragestellungen und mögliche Probleme erläutert, die ich in meinem Studium vertiefen möchte, und erste Lösungsansätze vorgestellt.

¹Unter <http://www.destatis.de> finden sich detaillierte Informationen zur Bevölkerungsentwicklung

1.1 Was sind drahtlose Sensornetzwerke?

Sensornetzwerke dienen dazu, die Umweltbedingungen in größeren Räumen zu erfassen und zu überwachen. Durch den Einsatz von drahtlosen Kommunikationstechniken entfällt bei der Installation eines Sensornetzwerkes die Verkabelung der einzelnen Sensoren.

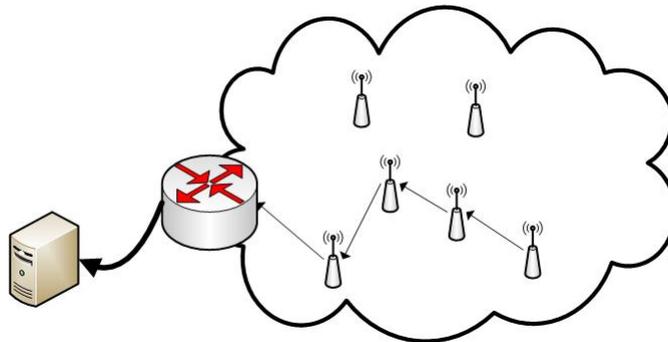


Abbildung 2: Sensornetzwerkschema

Drahtlose Sensornetzwerke sind so aufgebaut, dass über einen Raum verteilt mehrere Sensorknoten die Daten erfassen und diese drahtlos an einen zentralen Knoten (Gateway) senden. Je nach Aufbau des Sensornetzes kann es ein oder mehrere Gateways geben. Das Gateway dient dazu, die Sensordaten zu bündeln, das Sensornetzwerk zu verwalten und eine Brücke z.B. zu einem PC zu bilden.

Da die Reichweite der einzelnen Knoten begrenzt ist (s. 1.1.2), kann es passieren, dass ein Gateway von einem Sensorknoten nicht direkt erreicht werden kann. Daher sind drahtlose Sensornetzwerke so konzipiert, dass die Sensorknoten als Zwischenstation für andere Sensorknoten dienen können.

In den folgenden Abschnitten wird auf einzelne Aspekte drahtloser Sensornetzwerke eingegangen. Aus Platzgründen werden tiefere Details nicht behandelt, diese können u.a. in der Bachelorarbeit von Marco Schneider ([Schneider \(2010\)](#)) nachgelesen werden. Dort, sowie in [Brunette u. a. \(2005\)](#) und im Sensor-Network-Museum² der ETH Zürich, findet sich eine Übersicht verfügbarer Hardware für drahtlose Sensornetzwerke.

1.1.1 Techniken

Für die drahtlose Kommunikation stehen eine Reihe von Techniken zur Verfügung. Nachfolgend werden kurz ein paar Technologien vorgestellt, die für den vorgesehenen Einsatz von Interesse sind.

²<http://www.snm.ethz.ch/Main/HomePage>

WLAN WLAN ist eine weit verbreitete Technologie für Funknetzwerke und ist in der aktuellsten Version 802.11n von der IEEE ratifiziert³. WLAN wird hauptsächlich für die drahtlose Kommunikation in Computernetzwerken eingesetzt. Hier dient WLAN u.a. dazu, mobilen Geräten den Zugang zum Internet zu ermöglichen. Durch die hohe Verbreitung, Verfügbarkeit und Leistungsfähigkeit eignet sich WLAN hierfür besonders. Durch die Integration von WLAN-Hardware in kompakte mobile Geräte wie Mobiltelefone ist ein Einsatz auch für drahtlose Sensornetzwerke denkbar.

ZigBee ZigBee⁴ ist für die Gebäude- und Anlagenautomatisierung entwickelt worden und basiert auf dem IEEE 802.15.4 Standard⁵. ZigBee setzt auf drahtlose Kommunikation zwischen den einzelnen Geräten. Außerdem ist ZigBee für den Strom sparenden Betrieb konzipiert. Dadurch eignet sich ZigBee für drahtlose Sensornetzwerke.

SNUPI SNUPI⁶ wurde an der University of Washington und dem Georgia Institute of Technology entwickelt und steht für Sensor Nodes Utilizing Powerline Infrastructure (Cohn u. a. (2010)). Das Ziel des Projektes war, die vorhandene Installation der Stromleitungen in einem Haus als riesige Antenne zu verwenden.

Dazu werden im ganzen Haus Sensorknoten positioniert, die ihre Daten im 27MHz ISM-Band versenden. Die Funkwellen werden dann von den Stromleitungen aufgefangen. Ein Empfänger wird an die Stromleitungen angeschlossen und filtert dort die Daten zur weiteren Nutzung heraus.

1.1.2 Hauptprobleme von drahtlosen Sensornetzwerken

Der Einsatz von drahtlosen Sensornetzwerken bringt eine Reihe von Problemen mit sich. Die Hauptprobleme sind in den nachfolgenden Abschnitten aufgeführt.

Energie Die einzelnen Sensorknoten eines drahtlosen Sensornetzwerkes haben typischerweise keinen Stromanschluss an eine Hausversorgung, sondern werden mit einer Batterie bzw. mit einem Akku mit Strom versorgt. Daraus folgt zwangsläufig, dass der Sensorknoten nur über einen begrenzten Stromvorrat verfügt, mit dem er haushalten muss.

Um den Sensorknoten möglichst lange mit einer Batterieladung betreiben zu können, ist

³<http://grouper.ieee.org/groups/802/11/>

⁴<http://www.zigbee.org/>

⁵<http://www.ieee802.org/15/>

⁶<http://sockeye.cs.washington.edu/research/projects/snupi.php>

es daher wichtig, einerseits eine ausreichend große Stromquelle zur Verfügung zu stellen, andererseits den Strombedarf des Sensorknotens so gering wie möglich zu halten.

Es gibt generell einen Unterschied im Stromverbrauch zwischen den einzelnen Funktechnologien. Aber auch verschiedene Implementierungen für dieselbe Technologie können einen unterschiedlichen Stromverbrauch aufweisen ([Schneider \(2010\)](#), [Aslam u. a. \(2009\)](#), [Drake u. a. \(2010\)](#)). Daher ist eine genaue Untersuchung der zu verwendenden Geräte sehr wichtig.

Reichweite Jede Funktechnologie hat eine maximale Reichweite. Durch diese maximale Reichweite ergibt sich, wie viele Sensorknoten benötigt werden, um ein Gebiet abzudecken, bzw. wie groß ein Gebiet sein kann, wenn nur eine bestimmte Anzahl an Sensorknoten zur Verfügung steht.

Drahtlose Kommunikation ist im Vergleich zu drahtgebundenen Technologien sehr stromhungrig. Die Energie der Funkwellen nimmt im Quadrat des Abstandes zum Sender stetig ab. Eine Erhöhung der Reichweite geht daher immer zu Lasten des Stromverbrauchs.

Zuverlässigkeit Funktechnologien sind relativ stör anfällig. Andere Funknetze, die auf der gleichen Frequenz arbeiten, können einen störenden Einfluss haben, aber auch die eigenen Sensorknoten können sich gegenseitig blockieren.

Durch die begrenzte Stromversorgung der Sensorknoten kann es passieren, dass diese während des Betriebs des Sensornetzes ausfallen. Das Netz muss daher so aufgebaut sein, dass ein Ausfall einzelner Sensorknoten keine Auswirkungen auf das restliche Sensornetz hat ([Wang u. a. \(2006\)](#)).

Sicherheit Da Funktechnologien ihre Daten durch die Luft übertragen, ist es für Angreifer relativ einfach, den Datenverkehr abzuhören. Ein Angreifer muss seinen Empfänger lediglich innerhalb der Reichweite des Senders positionieren ([Cosio Leon u. a. \(2009\)](#)).

Um die Daten vor Dritten zu schützen, müssen sie verschlüsselt werden. WLAN und Zig-Bee bieten hierfür bereits fertige Lösungen an. Denkbar ist aber auch, die Verschlüsselung unabhängig von der Übertragungsmethode vorzunehmen ([Garcia-Morchon und Baldus \(2009\)](#)).

1.2 Was ist Ambient Assisted Living ?

Mit Ambient Assisted Living ist gemeint, dass moderne Technologien dafür eingesetzt werden, älteren und hilfsbedürftigen Personen den Alltag zu erleichtern, bzw. die Pflege dieser Personen zu unterstützen.

Die Unterstützung kann dabei sehr gering ausfallen, z.B. von einer Uhr, die die aktuelle Uhrzeit per Sprachausgabe mittelt, sie kann aber auch sehr umfassend ausfallen, bis hin zu einem komplett automatisierten Haus (Bundesministerium (2011)).

Zu betonen ist hierbei, dass der Einsatz von Informationstechnologie kein Ersatz für die Pflege und Betreuung durch Menschen darstellt. Ambient Assisted Living nimmt hier vielmehr eine unterstützende Rolle ein.

2 Hauptteil

In diesem Kapitel werden Projekte vorgestellt, in denen bereits einige Aspekte des Ambient Assisted Livings umgesetzt wurden.

2.1 BehaviourScope

Das BehaviourScope-Projekt der Universität Yale⁷ beschäftigt sich mit der Erfassung und Auswertung von drahtlosen Sensordaten, um aus ihnen auf das Verhalten von Personen zu schließen (Bamis u. a. (2010)).

Dazu wird eine Wohnung mit Sensoren ausgestattet und die Aktionen der Bewohner werden aufgezeichnet. Dabei wird festgehalten, wo sich die Bewohner befinden, was sie gerade machen und über welchen Zeitraum dies geschieht. In Abbildung 3 ist zu erkennen, wie solche Daten aussehen können.

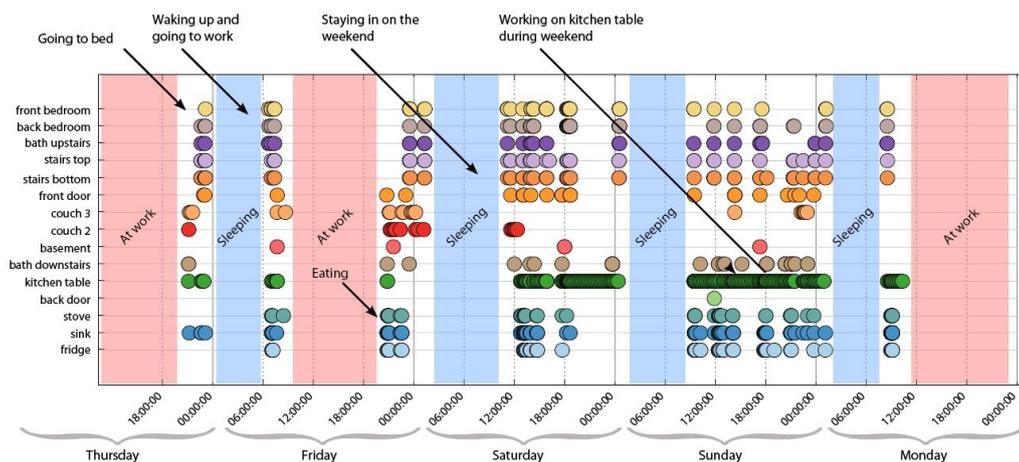


Abbildung 3: BehaviorScope Rohdaten (Yale (2011))

⁷<http://bscope.eng.yale.edu/>

Mit den gewonnenen Daten können nun auf unterschiedliche Weise Verhalten erkannt werden.

Bekannte Verhaltensmuster können im Vorwege fest einprogrammiert werden. Wenn z.B. der Bewohner nach dem Aufstehen immer in die Küche geht, um zu frühstücken, kann ein entsprechend einprogrammiertes Verhalten erkennen, wann der Bewohner aufsteht, um dann die Beleuchtung bis zur Küche anzuschalten und bereits den Kaffee durchlaufen zu lassen. Es können aber auch sich wiederholende Verhalten mittels Heuristiken und Mustererkennungen erkannt werden. Legt sich der Bewohner z.B. Nachmittags immer zur gleichen Zeit zu einem Mittagsschläpfchen hin, kann darauf entsprechend reagiert werden, indem beispielsweise die Fenster im Raum für die Dauer des Schlafes verdunkelt werden.

2.2 I-Living

An der Universität von Illinois in Urbana-Champaign wird an dem Projekt I-Living⁸ geforscht. Das Ziel dieses Projektes ist es, eine kostengünstige, robuste und offene Plattform bereitzustellen, die für die Pflege und Betreuung älterer Personen eingesetzt werden kann [Wang u. a. (2006)]. Den Kern des I-Living-Projektes bildet der *Assisted Living Hub* (ALH). Der ALH

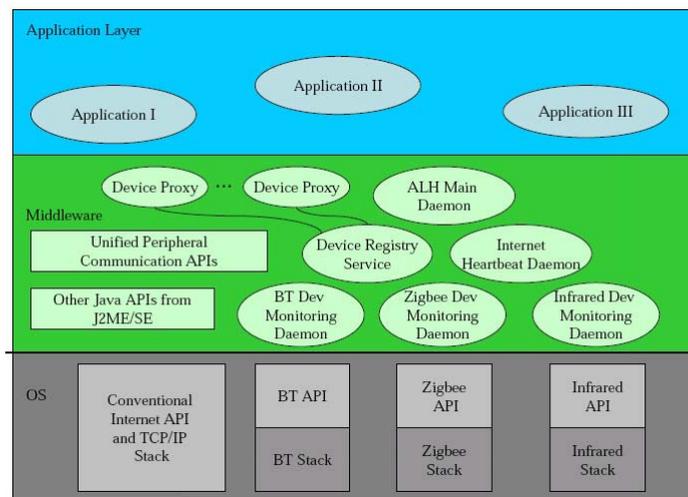


Abbildung 4: I-Living Framework (Wang u. a. (2006))

ist in drei Schichten unterteilt: Betriebssystemschicht, Middlewareschicht und Applikationsschicht.

In der Betriebssystemschicht wird auf die plattformabhängigen Teile des Betriebssystems sowie die einzelnen Kommunikationsprotokolle zugegriffen.

⁸<http://lion.cs.uiuc.edu/assistedliving/index.html>

In der Middlewareschicht werden die unterschiedlichen Teile aus der Betriebssystemschicht zu einer einheitlichen Programmierschnittstelle zusammengefasst. Weiterhin kümmert sich die Middlewareschicht u.a. um die Verwaltung und Kommunikation externer Geräte. Externe Geräte können auch Sensorknoten sein, die per ZigBee mit dem ALH verbunden sind.

In der Applikationsschicht werden konkrete Funktionen und Anwendungen implementiert und bereitgestellt. Dabei werden den einzelnen Anwendungen Prioritäten zugewiesen. Eine Applikation, die die regelmäßige Einnahme von Medikamenten überwacht, erhält beispielsweise eine niedrige Priorität, eine Applikation, die die Vitalfunktionen überwacht und im Notfall Alarm schlägt, erhält dagegen eine hohe Priorität.

Die I-Living-Plattform ist so konzipiert, dass mit wenig Aufwand neue Anwendungen hinzugefügt werden können und das Sensornetz erweitert werden kann. Dabei werden für die Sensorknoten unterschiedliche Kommunikationsprotokolle unterstützt, sodass eine heterogene Hardwareinstallation möglich ist.

2.3 PAUL

Das Projekt *Persönlicher Assistent zur Unterstützung des Lebens* (PAUL) der Universität Kaiserslautern⁹ hat sich zum Ziel gesetzt, einen unkomplizierten Zugriff auf die Bereiche Gesundheit, Sicherheit und Komfort zu ermöglichen (Litz und Gross (2007)). PAUL besteht aus

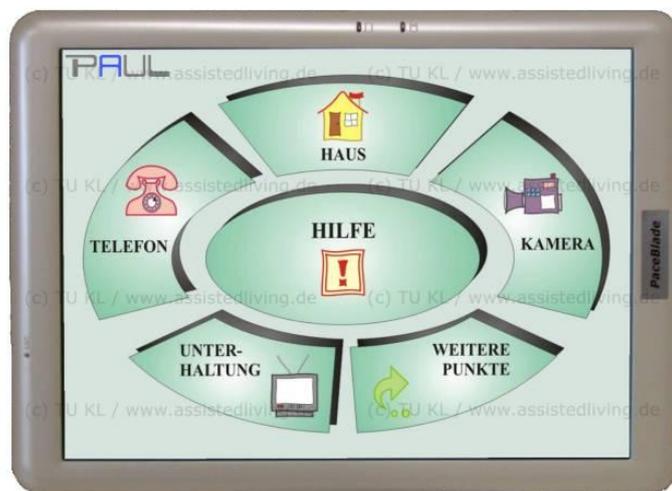


Abbildung 5: PAUL Bedienoberfläche (Litz und Gross (2007))

einem Tablet-PC, auf dem eine grafische Bedienoberfläche zur Verfügung steht, die ganz auf die Bedienbarkeit durch ältere Menschen abgestimmt ist. Über diese Oberfläche kann

⁹http://www.eit.uni-kl.de/litz/assisted_living/paul.html

der Bewohner auf die einzelnen Funktionen der Wohnung zugreifen. Mit den eingebauten Sensoren ist es PAUL möglich, Rückschlüsse auf das Befinden des Bewohners zu ziehen und notfalls Hilfe zu holen.

Dadurch wird es den Bewohnern ermöglicht, sich selbständig in ihrem Lebensraum zu bewegen und die Abhängigkeit von Dritten weitgehend zu reduzieren.

2.4 Masterarbeit von Olaf Tetzlaff

Olaf Tetzlaff hat sich im Rahmen seiner Masterarbeit mit der Entwicklung eines Prototypen für intelligente Kleidung beschäftigt (Tetzlaff (2008)). Der SmartShirt-Prototyp besteht aus einem T-Shirt, in dem diverse Sensoren integriert sind, mit denen die Vitalfunktionen aufgezeichnet werden können.

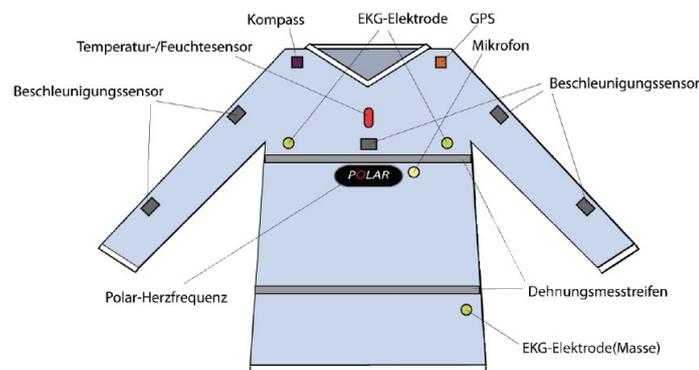


Abbildung 6: SmartShirt Konzeptentwurf (Tetzlaff (2008))

Die gewonnenen Daten werden per USB auf einen PC übertragen und dort ausgewertet. Ist das SmartShirt mit dem PC verbunden, kann live auf die Sensordaten zugegriffen werden. Damit ist eine direkte Interaktion mit Programmen, wie z.B. Spielen, möglich.

2.5 Weitere Arbeiten

Im Bereich Assisted Living und drahtlose Sensornetzwerke gibt es noch viele weitere Projekte und Denkansätze. In Ogawa u. a. (2002) werden CO₂-Sensoren verwendet, um die Anwesenheit von Personen durch ihre ausgeatmete Luft festzustellen. Die Möglichkeit, Körpergewicht und -fett zu messen, indem entsprechende Sensoren in einen Toilettensitz eingebaut werden, wird in Park u. a. (2003) beschrieben. Die Möglichkeit, eine stürzende Person mittels Beschleunigungssensoren zu erkennen, wird in Lombardi u. a. (2009) beschrieben.

Eine intelligente Raumbelichtung mit Hilfe eines drahtlosen Sensornetzwerkes ist Gegenstand der Arbeit in [Pan u. a. \(2008\)](#)

2.6 Living Place



Abbildung 7: Living Place ([Karstaedt \(2010\)](#))

Das Living Place ist ein Projekt der HAW Hamburg, in dem eine intelligente Wohnung aufgebaut wird. In diesem Projekt soll dem Bewohner mit der Wohnung und der Einrichtung eine enge Interaktion ermöglicht werden ([von Luck u. a. \(2010\)](#)).

Durch den Einsatz von Kameras und Sensoren kann die Umwelt erfasst und mit entsprechenden Aktoren an die Bedürfnisse des Bewohners angepasst werden.

3 Fazit

3.1 Problemstellung

Wie im Kapitel [1.1](#) beschrieben, birgt der Einsatz von drahtlosen Sensornetzwerken gewisse Probleme, u.a. Stromversorgung, Reichweite und Sicherheit der übertragenen Daten.

Im Kontext Ambient Assisted Living kommen weitere Probleme hinzu. Es ist immer wieder zu beobachten, dass gerade ältere Menschen dem Einsatz von moderner Technik skeptisch gegenüber stehen. Daher muss bei der Entwicklung entsprechender Geräte darauf geachtet werden, dass sie so dezent wie möglich zum Einsatz gebracht werden und im Alltag keine zusätzliche Behinderung darstellen.

Werden Sensordaten gesammelt, ist darauf zu achten, dass diese Daten vertraulich behandelt werden. Wenn Informationen zur Raumtemperatur evtl. noch als unkritisch erachtet werden können, so sind doch spätestens personenbezogene Daten wie der Blutzuckerspiegel oder andere Vitalparameter vertraulich. Hier ist es unbedingt erforderlich, dass diese Daten für Dritte nicht verwertbar sind. Diese Anforderung geht Hand in Hand mit den Sicherheitsanforderungen für drahtlose Sensornetzwerke.

Außerdem müssen die in Kapitel 1.1.2 genannten Probleme gelöst werden. Dazu ist es erforderlich, in Frage kommende Hardware für drahtlose Sensornetze genau auf ihre technischen Leistungsmerkmale hin zu untersuchen.

3.2 Ziele

Im Rahmen meines Masterstudienganges möchte ich ein Framework erstellen, mit dessen Hilfe drahtlose Sensornetzwerke im Bereich Ambient Assisted Living eingesetzt werden können. Dieses Framework soll in der Lage sein, ein drahtloses Sensornetzwerk zu verwalten, die Daten der Sensoren zu sammeln und die gesammelten Daten anderen Applikationen bereit zu stellen. Dazu werde ich mich an den in Kapitel 2 vorgestellten Projekten orientieren.

Für die Durchführung meiner Vorhaben ist ein drahtloses Sensornetzwerk notwendig. Des soll im Rahmen des LivingPlace-Projekts an der HAW eingerichtet werden. Ich werde Alexander Pautz, der dieses Sensornetzwerk im Rahmen seines Masterstudiums einrichtet, bei dem Aufbau unterstützen.

Literatur

- [Aslam u. a. 2009] ASLAM, Sidra ; FAROOQ, Farrah ; SARWAR, Shahzad: Power consumption in wireless sensor networks. In: *FIT '09: Proceedings of the 6th International Conference on Frontiers of Information Technology*. New York, NY, USA : ACM, 2009, S. 1–9. – ISBN 978-1-60558-642-7
- [Bamis u. a. 2010] BAMIS, Athanasios ; LYMBEROPOULOS, Dimitrios ; TEIXEIRA, Thiago ; SAVVIDES, Andreas: The BehaviorScope framework for enabling ambient assisted living. In: *Personal Ubiquitous Comput.* 14 (2010), Nr. 6, S. 473–487. – URL <http://dx.doi.org/10.1007/s00779-010-0282-z>. – ISSN 1617-4909
- [Brunette u. a. 2005] BRUNETTE, Waylon ; LESTER, Jonathan ; REA, Adam ; BORRIELLO, Gaetano: Some sensor network elements for ubiquitous computing. In: *IPSN '05: Proceedings of the 4th international symposium on Information processing in sensor networks*. Piscataway, NJ, USA : IEEE Press, 2005, S. 52. – ISBN 0-7803-9202-7
- [Bundesministerium 2011] BUNDESMINISTERIUM, für Bildung und F.: *Ambient Assisted Living*. Februar 2011. – URL <http://www.aal-deutschland.de/>
- [Cohn u. a. 2010] COHN, Gabe ; STUNTEBECK, Erich ; PANDEY, Jagdish ; OTIS, Brian ; ABOWD, Gregory D. ; PATEL, Shwetak N.: SNUPI: sensor nodes utilizing powerline infrastructure. In: *UbiComp '10: Proceedings of the 12th ACM international conference on Ubiquitous computing*. New York, NY, USA : ACM, 2010, S. 159–168. – ISBN 978-1-60558-843-8
- [Cosio Leon u. a. 2009] COSIO LEON, M. ; HIPOLITO, J.I.N. ; GARCIA, J.L.: A Security and Privacy Survey for WSN in e-Health Applications. In: *Electronics, Robotics and Automotive Mechanics Conference*, URL <http://dx.doi.org/10.1109/CERMA.2009.47>, Dezember 2009, S. 125. – ISBN 978-0-7695-3799-3
- [Drake u. a. 2010] DRAKE, Jeff ; NAJEWICZ, David ; WATTS, Wiliam: Energy Efficiency Comparisons of Wireless Communication Technology Options for Smart Grid Enabled Devices / General Electric Company, GE Appliances and Lighting. URL http://www.brymercreative.com/geal_2010/images/120910_zigbee.pdf, December 2010. – Forschungsbericht
- [Figueiredo u. a. 2010] FIGUEIREDO, C.P. ; GAMA, O.S. ; PEREIRA, C.M. ; MENDES, P.M. ; SILVA, S. ; DOMINGUES, L. ; HOFFMANN, K.-P.: Autonomy Suitability of Wireless Modules for Ambient Assisted Living Applications: WiFi, Zigbee, and Proprietary Devices. In: *Sensor Technologies and Applications (SENSORCOMM), 2010 Fourth International Conference on*, URL <http://dx.doi.org/10.1109/SENSORCOMM.2010.34>, July 2010, S. 169 – 172. – ISBN 978-1-4244-7538-4

- [Garcia-Morchon und Baldus 2009] GARCIA-MORCHON, O. ; BALDUS, H.: The ANGEL WSN Security Architecture. In: *Sensor Technologies and Applications, 2009. SENSORCOMM '09. Third International Conference on*, URL <http://dx.doi.org/10.1109/SENSORCOMM.2009.71>, August 2009, S. 430. – ISBN 978-0-7695-3669-9
- [Hou u. a. 2007] HOU, J.C. ; WANG, Qixin ; ALSHEBLI, B.K. ; BALL, L. ; BIRGE, S. ; CACCAMO, M. ; CHEAH, Chin-Fei ; GILBERT, E. ; GUNTER, C.A. ; GUNTER, E. ; LEE, Chang-Gun ; KARAHALIOS, K. ; NAM, Min-Young ; NITYA, N. ; ROHIT, C. ; SHA, Lui ; SHIN, Wook ; YU, S. ; YU, Yang ; ZENG, Zheng: PAS: A Wireless-Enabled, Sensor-Integrated Personal Assistance System for Independent and Assisted Living. In: *High Confidence Medical Devices, Software, and Systems and Medical Device Plug-and-Play Interoperability, 2007. HCMDSS-MDPnP. Joint Workshop on*, URL <http://dx.doi.org/10.1109/HCMDSS-MDPnP.2007.13>, June 2007, S. 64 – 75. – ISBN 978-0-7695-3081-8
- [Karstaedt 2010] KARSTAEDT, Bastian: *Projektbericht PO1: Anwendungen des IFC Produktdatenmodells in intelligenten Wohnungen*. 2010. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master2010-proj1/karstaedt.pdf>
- [Litz und Gross 2007] LITZ, L. ; GROSS, M.: Covering Assisted Living Key Areas based on Home Automation Sensors. In: *Networking, Sensing and Control, 2007 IEEE International Conference on*. London, April 2007. – URL <http://dx.doi.org/10.1109/ICNSC.2007.372854>. – ISBN 1-4244-1076-2
- [Lombardi u. a. 2009] LOMBARDI, A. ; FERRI, M. ; RESCIO, G. ; GRASSI, M. ; MALCOVATI, P.: Wearable wireless accelerometer with embedded fall-detection logic for multi-sensor ambient assisted living applications. In: *Sensors, 2009 IEEE*. Christchurch, Oktober 2009, S. 1967 – 1970. – URL <http://dx.doi.org/10.1109/ICSENS.2009.5398327>. – ISBN 978-1-4244-4548-6
- [von Luck u. a. 2010] LUCK, Prof. Dr. K. von ; KLEMKE, Prof. Dr. G. ; GREGOR, Sebastian ; RAHIMI, Mohammad A. ; VOGT, Matthias: *Living Place Hamburg – A place for concepts of IT based modern living* / Hamburg University of Applied Sciences. URL http://livingplace.informatik.haw-hamburg.de/content/LivingPlaceHamburg_en.pdf, Mai 2010. – Forschungsbericht
- [Martin u. a. 2009] MARTIN, H. ; BERNARDOS, A.M. ; BERGESIO, L. ; TARRIO, P.: Analysis of key aspects to manage wireless sensor networks in ambient assisted living environments. In: *Applied Sciences in Biomedical and Communication Technologies, 2009. ISABEL 2009. 2nd International Symposium on*, URL <http://dx.doi.org/10.1109/ISABEL.2009.5373643>, November 2009, S. 1 – 8. – ISBN 978-1-4244-4640-7
- [Ogawa u. a. 2002] OGAWA, M. ; SUZUKI, R. ; OTAKE, S. ; IZUTSU, T. ; IWAYA, T. ; TOGAWA, T.: Long term remote behavioral monitoring of elderly by using sensors installed in ordinary

- houses. In: *Microtechnologies in Medicine and Biology 2nd Annual International IEEE-EMB Special Topic Conference on*. Madison, WI, May 2002, S. 322–325. – URL <http://dx.doi.org/10.1109/MMB.2002.1002339>. – ISBN -7803-7480-0
- [Pan u. a. 2008] PAN, Meng-Shiuan ; YEH, Lun-Wu ; CHEN, Yen-Ann ; LIN, Yu-Hsuan ; TSENG, Yu-Chee: Design and Implementation of a WSN-Based Intelligent Light Control System. In: *Distributed Computing Systems Workshops*. Beijing, Juni 2008, S. 321 – 326. – URL <http://dx.doi.org/10.1109/ICDCS.Workshops.2008.35>
- [Park u. a. 2007] PARK, Heemin ; BURKE, Jeff ; SRIVASTAVA, Mani B.: Design and implementation of a wireless sensor network for intelligent light control. In: *IPSN '07: Proceedings of the 6th international conference on Information processing in sensor networks*. New York, NY, USA : ACM, 2007, S. 370–379. – URL <http://doi.acm.org/10.1145/1236360.1236407>. – ISBN 978-1-59593-638-X
- [Park u. a. 2003] PARK, K.S. ; YI, W.J. ; SEO, J.W. ; CHOI, J.M. ; HAN, J.H. ; HONG, K.H.: Application of non-intrusive physiological data monitoring in normal apartment style house. In: *Biomedical Engineering, 2003. IEEE EMBS Asian-Pacific Conference on*, URL <http://dx.doi.org/10.1109/APBME.2003.1302571>, October 2003, S. 36–37. – ISBN 0-7803-7943-8
- [Schneider 2010] SCHNEIDER, Marco: *Entwicklung und Realisierung eines Sensornetzwerkes für das Living Place Hamburg*. Hamburg, HAW Hamburg, Bachelorarbeit, August 2010. – URL http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/arbeiten/bachelor/schneider_marco.pdf
- [Singhvi u. a. 2005] SINGHVI, Vipul ; KRAUSE, Andreas ; GUESTRIN, Carlos ; GARRETT, James H. ; MATTHEWS, H. S.: Intelligent light control using sensor networks. In: *SenSys '05: Proceedings of the 3rd international conference on Embedded networked sensor systems*. New York, NY, USA : ACM, 2005, S. 218–229. – URL <http://doi.acm.org/10.1145/1098918.1098942>. – ISBN 1-59593-054-X
- [Tetzlaff 2008] TETZLAFF, Olaf: *Bodymonitoring: Entwicklung eines Prototypen für intelligente Kleidung*. Hamburg, Deutschland, HAW Hamburg, Masterarbeit, August 2008. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/arbeiten/master/tetzlaff.pdf>
- [Wang u. a. 2006] WANG, Qixin ; SHIN, Wook ; LIU, Xue ; ZENG, Zheng ; OH, Cham ; ALSHEBLI, B.K. ; CACCAMO, M. ; GUNTER, C.A. ; GUNTER, E. ; HOU, J. ; KARAHALIOS, K. ; SHA, Lui: I-Living: An Open System Architecture for Assisted Living. In: *Systems, Man and Cybernetics, 2006. SMC '06. IEEE International Conference on*. Taipei, Oktober 2006, S. 4268 – 4275. – URL <http://dx.doi.org/10.1109/ICSMC.2006.384805>. – ISBN 1-4244-0099-6

-
- [Yale 2011] YALE, University: *Sensory Grammars and the BehaviorScope*. Februar 2011.
– URL <http://www.eng.yale.edu/enalab/behaviorscope.htm>
- [Yeh u. a. 2010] YEH, Lun-Wu ; LU, Che-Yen ; KOU, Chi-Wai ; TSENG, Yu-Chee ; YI, Chih-Wei: Autonomous Light Control by Wireless Sensor and Actuator Networks. In: *Sensors Journal, IEEE* 10 (2010), June, Nr. 6, S. 1029 – 1041. – URL <http://dx.doi.org/10.1109/JSEN.2010.2042442>