Low-cost Vitaldatenmonitoring mit integriertem inertialgestützten Personentracking

Haid, Markus; Nickel, Marco; Günes, Ersan; Chobtrong, Thitipun
Competence Center for Applied Sensor Systems (CCASS), Hochschule Darmstadt, Birkenweg 8, 64295 Darmstadt, E-Mail: markus.haid@h-da.de, Tel.: 0170 1670205, Fax: 06151 16 8930, www.ccass.h-da.de

Kurzfassung
Das vorgestellte Projekt ist im Rahmen der Forschungskooperation zwischen dem Competence Center for Applied Sensor Systems (CCASS) der Hochschule Darmstadt und dem Frauenhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (Fraunhofer IPA) in Stuttgart entstanden und wurde durch "Forschung für die Praxis" gefördert. Es befasst sich mit der Entwicklung eines Low-cost-Vitaldatenmonitoring mit integriertem inertialgestützten Personentracking. Dieses Low-cost-Sensorsystem ist in der Lage kritische Alltagssituationen, wie beispielsweise Stürze, zuverlässig zu detektieren, ein Vitaldatenmonitoring durchzuführen und mittels Personentracking bei Bedarf schnelle Hilfe zu gewährleisten. Besonders hervorzuheben sind der modulare Aufbau, der geringe Anschaffungspreis und die einzigartige Kombination von Vitaldatenmonitoring und Personentracking. Diese Eigenschaften eröffnen eine Vielzahl von möglichen Anwendungssegmenten, welche sich von der Industrie, über den medizinischen Sektor bis hin zur zivilen und militärischen Sicherheitstechnik erstrecken.

Abstract
The presented project is a development project by the research cooperation between the competence center for applied sensor systems (CCASS), at the University of Applied Science in Darmstadt and the Fraunhofer Institute for production engineering and automation (Fraunhofer IPA) in Stuttgart. The content of the project is the development of a low-cost vital data monitoring system with integrated inertial based person tracking. The Sensor system is able to detect critical everyday situations, falls for example and perform a vital data monitoring. In case of emergency, the people tracking ensure prompt first aid. Especially noteworth in this regard is the particular low-cost and modular system design. The combination of vital data monitoring and person tracking is also unique. These particular features open up a number of possible application segments, with range from industrial sector, medical sector to civilian security and military technology.

1 Einleitung

Systeme, welche die Vorzüge eines umfassenden Vitaldatenmonitorings und einer Personenortung vereinen, sind aktuell nicht kommerziell erhältlich. Aus den Forschungsbereichen Telemedizin, Ambient Assisted Living oder E-Health gingen in den letzten Jahren immer wieder Produktneuheiten hervor, deren Schwerpunkt allerdings ausschließlich im Bereich des Vitaldatenmonitorings lag. Beispielhaft sei hier das Produkt BioHarness Kombi-Brustgurt-Sensor der Firma velamed science in motion genannt. Dieses System erfasst neben einem vollständigen EKG auch die Hauttemperatur, die Atemfrequenz und den Grad der körperlichen Aktivität. Der Gesundheitszustand des Sensorträgers kann somit zuverlässige auf kritische Zustände hin überwacht werden. Tritt nun ein kritischer Zustand ein, beispielsweise ein Herzkreislaufstillstand, geht es um jede Sekunde. Für die Rettungskräfte ist es hierbei von immenser Bedeutung den aktuellen Aufenthaltsort des Verunglückten zu kennen, da hier nicht selten gilt: "Time is Brain". Hier setzt das im Folgenden vorgestellte Projekt an, indem es die Vorzüge eines umfassenden Vitaldatenmonitorings und einer Personenortung vereint und so im Bedarfsfall schnelle Hilfe gewährleistet.

Ein zusätzliches Problem, aller auf dem Markt befindlichen Vitaldatenmonitoring-Systeme ist der enorme Preis. Beispielhaft sei hier noch einmal das Produkt der Firma velamed science in motion genannt. Die Kosten für dieses System belaufen sich auf ca. 1.400€/Stck.

Vitaldatenmonitoring-Systeme könnten nicht nur im medizintechnischen Bereich sinnvoll eingesetzt werden, auch im Bereich der zivilen- und militärischen Sicherheitstechnik findet sich ein breites Spektrum an möglichen Anwendungen. Mit diesen hohen Preisen, lassen sich diese Massenmärkte allerdings nicht erschließen. Das vorgestellte Projekt legt daher einen besonderen Fokus auf die Verwendung von kostengünstiger Sensorik, sog. Low-cost-Inertialsensorik, welche ursprünglich für den Automobilbau entwickelt wurde und mit lediglich 10€/Stck. zu Buche schlägt.

2 Projektkonzept

Ziel des Projektes war es, mit einem Sensorsystem kritische Alltagssituationen, wie beispielsweise Stürze, zuverlässig zu detektieren, ein Vitaldatenmonitoring durchzuführen und mittels Personentracking bei Bedarf schnelle Hilfe zu gewährleisten. Hierbei wurde ein besonderer Fokus auf die Entwicklung einer kostengünstigen Lösung gelegt. Aus diesem Grund wurde zur Messwerterfassung ein Low-cost Inertialsensorsystem bestehend aus einem triaxialen Beschleunigungssensor, sowie drei Drehratensensoren gewählt.

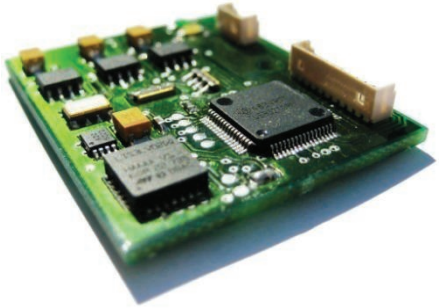

Abbildung 1: Inertiale Sensorplattform

Dieses System kann Bewegungen in allen sechs Freiheitsgraden des Raumes erfassen und ist durch entsprechende Algorithmik in der Lage Stürze zu detektieren, eine Klassifizierung von Bewegungen, wie beispielsweise gehen, stehen und liegen vorzunehmen und eine Haltungsanalyse durchzuführen. Das Sensorsystem ist in einem ergonomischen Gehäuse verbaut und wird auf Höhe des Solarplexus getragen. Diese Position ermöglicht die Auswertung der Thoraxexkursion und somit die Überwachung der Atemrhythmik.

Besonders hervorzuheben ist der implementierte Schritterkennungsalgorithmus. Dieser ermöglicht via Koppelnavigation eine zuverlässige Personenortung, welche anders als GPS basierte Systeme auch innerhalb von Gebäuden funktionsfähig ist. Nützliche Features sind zudem eine implementierte Aktivitätserkennung und eine näherungsweise Berechnung des Energieumsatzes. Die hierausgewonnenen Informationen können zur Therapiebegleitung, Therapieverbesserung und zur Gesundheitsprävention genutzt werden.

Durch die Kombination mit weiterer Sensorik, wie beispielsweise Elektroden zur Pulsmessung und Elektromyographie (EMG), IR-Temperatursensoren oder einem Pulsoximeter, kann das Vitaldatenmonitoring beliebig erweitert werden. Dieser modulare Aufbau, der geringe Anschaffungspreis und die einzigartige Kombination von Vitaldatenmonitoring und Personentracking, eröffnet eine Vielzahl von möglichen Anwendungsbereichen.

3 Features und deren Realisierung

Die Software wurde modular aufgebaut und ermöglicht es abhängig von der Anwendung die jeweils gewünschten Features zu implementieren. Im Folgenden werden die realisierten Features näher beschrieben:

Personenortung

Die Personenortung wurde mittels Koppelnavigation (Dead Reckoning) realisiert. Anhand von Beschleunigungsmessdaten werden die Bewegungen des Menschen erkannt und so ausgehend von einer vorher bekannten Position auf den neuen Aufenthaltsort geschlossen. Die Koppelnavigation funktioniert ohne einen ständigen Abgleich durch infrastrukturabhängige Systeme. Sie ist daher bis auf das Ermitteln der Startposition unabhängig von anderen Systemen und somit selbst im Indoor-Bereich problemlos einsetzbar [1].

Vitaldatenmonitoring

Das Sensorsystem wird auf Höhe des Solarplexus getragen, da sich diese Position hinsichtlich der Atemdetektion als optimal erwies.

Abbildung 2: Sensorsystem

Sowohl bei abdominaler, als auch bei thorakaler Atmung können an dieser Position die Atembewegungen gut detektiert werden. Während des Atemvorganges wird die Sensorik durch die Thoraxexkursion sowohl auf und ab bewegt, als auch leicht verdreht. Die hieraus resultierenden Beschleunigungen und Drehraten werden zunächst einer Bandpassfilterung unterzogen und anschließend wird das Kreuzleistungsdichtespektrum gebildet. Dieses wird wiederrum auf sein Maximum hin ausgewertet, welches die Atemfrequenz darstellt. Anzumerken ist, dass dies ausschließlich während körperlichen Ruhephasen möglich ist. Zur Detektion von kritischen Alltagssituationen ist dies jedoch ausreichend, da beispielsweise die Schlafatmung überwacht und Bewusstlosigkeit erkannt werden kann. Zur zuverlässigen Atemdetektion während körperlicher Aktivität, kann die Sensorik jedoch um kapazitive, resistive oder induktive Atembänder erweitert werden. Zudem kann das Sensorsystem mit weiteren Sensoren, wie beispielsweise Elektroden zur Pulsmessung, einem IR-Temperatursensor oder einem Pulsoximeter bestückt und so das Vitaldatenmonitoring ergänzt werden.

Sturzdetektion
Zur Detektion von Stürzen wird berücksichtigt, dass mit einem Sturz immer auch eine Winkeländerung des Oberkörpers einhergeht. Bevor jedoch tatsächlich die Winkeländerung des Oberkörpers ausgewertet wird, wird zunächst die Winkelgeschwindigkeit betrachtet und auf eine Grenzwertüberschreitung hin ausgewertet. Diese würde für sich genommen bereits für eine Sturzdetektion ausreichen. Allerdings würden auch alltägliche Bewegungen fälschlicherweise als Sturz interpretiert. Um dies zu verhindern, werden die aufgenommenen Winkelgeschwindigkeiten differenziert, um so die Winkelbeschleunigung zu erhalten. Über die Winkelbeschleunigung wird nun die Änderung der Winkelgeschwindigkeit über die Zeit ausgewertet und so darauf geschlossen, ob die Bewegung beabsichtigt ausgeführt wurde. Allerdings würden nun noch immer reflexartige Bewegungen, wie beispielsweise nießen oder starkes husten, als Sturz interpretiert. Um auch dies auszuschließen, wird als letztes der tatsächlich zurückgelegte Winkel betrachtet. Hierzu wird die Winkelgeschwindigkeit integriert und anschließend auf eine Grenzwertüberschreitung hin ausgewertet. Erst wenn alle drei Grenzwerte, also der Grenzwert der Winkelgeschwindigkeit, der Grenzwert der Winkelbeschleunigung und der Grenzwert des Winkels überschritten wurden, wird die ausgeführte Bewegung als Sturz interpretiert [2].

Klassifizierung von Bewegungen und Haltungsanalyse
Bewegungen können zunächst in Aktivität und Ruhe eingeteilt werden. Zu diesem Zweck wurde eine Aktivitätserkennung realisiert. Hierzu werden die Beschleunigungsmessdaten integriert und der zeitliche Mittelwert gebildet. Überschreitet dieser Mittelwert einen definierten Grenzwert, so wird dies als Bewegung interpretiert [3]. Befindet sich eine Person in Ruhe, besteht die Möglichkeit, dass diese liegt, steht oder sitzt. Zur Auswertung der Haltung wird der stets zum Erdmittelpunkt zeigende Erdbeschleunigungsvektor herangezogen. Abhängig von der Lage der Sensorik, ändern sich die Richtungswinkel zwischen dem Erdbeschleunigungsvektor und dem kartesischen Sensorkoordinatensystem. Diese Richtungswinkel lassen sich über den Richtungskosinus berechnen und so auf die Haltung schließen. Anzumerken ist, dass zur Unterscheidung zwischen stehen und sitzen ein weiteres Sensorelement notwendig ist, welches am Oberschenkel angebracht wird.

Näherungsweise Kalorienberechnung
Bereits aus der Mechanik ist bekannt, dass die Geschwindigkeit eines Körpers in direktem Zusammenhang mit dessen Energie steht. Studien zeigten [4], dass ein ähnlicher Zusammenhang auch bei menschlichen Bewegungen besteht und die Geschwindigkeit hier ebenfalls mit der umgewandelten Energie (kcal)

korreliert ist. Anders als die Mechanik erwarten lässt ist der Zusammenhang jedoch nicht quadratisch, sondern linear. Um die umgesetzten Kalorien zu berechnen, werden die Beschleunigungswerte jeder Raumrichtung integriert und anschließend zu einem resultierenden Geschwindigkeitsvektor zusammengefasst.

$$VE_{res} = \int_0^t |a_x(t)|dt + \int_0^t |a_y(t)|dt + \int_0^t |a_z(t)|dt$$

Dieser Vektor wird in die folgende lineare Gleichung eingesetzt und liefert den Leistungsumsatz in kcal.

$$EE_{Act} = (0,104 + 0,69 \cdot VE_{res}) \cdot m \cdot 0,86$$

Durch Addition von Leistungsumsatz und zuvor berechnetem Grundumsatz lässt sich anschließend der Gesamtenergieumsatz berechnen.

$$EE_{tot} = GU + EE_{Act}$$

Diese Berechnung weicht allerdings ca. 15 % von dem tatsächlichen Leistungsumsatz ab. Dies stellt jedoch kein Hindernis dar, da dieses Feature weniger dazu dient, den Energieumsatz des Sensorträgers auf die letzte Kalorie genau zu bestimmen, sondern vielmehr den Träger zu mehr körperlicher Aktivität animieren soll, was speziell bei der Gesundheitsprävention von großer Bedeutung ist.

4 Applikationen und Ausblick

Der modulare Aufbau, der geringe Anschaffungspreis und die einzigartige Kombination von Vitaldatenmonitoring und Personentracking eröffnen eine Vielzahl von möglichen Anwendungsbereichen. Diese lassen sich in die folgenden drei Segmente einteilen: Home & HealthCare, Outdoor & Activity und Industrial.

Abbildung 3: Applikationen

Applikationen im Home & HealthCare Segment:

- ➔ Geriatrische Patientenüberwachung
- ➔ Ambulante Patientenbetreuung
- ➔ Therapieunterstützung bei epileptischer Erkrankung
- ➔ Prävention des plötzlichen Kindstodes

Applikationen im Outdoor & Activity Segment:

- ➔ Ortung und Vitaldatenüberwachung von Rettungskräften
- ➔ Monitoring System für militärische Einsätze
- ➔ Rettungssystem zur Erkennung von Motorradunfällen

Applikationen im Industrial Segemt:

- ➔ Überwachung von Montageprozessen
- ➔ Arbeitssicherheit und Unfallprävention im Bergbau

Für die Zukunft sind Applikationsspezifische Weiterentwicklungen des Sensorsystems geplant. Das Sensorsystem soll sukzessive um weitere Sensoren zur Vitaldatenüberwachung und Gestenerkennung ergänzt werden, jedoch zugleich kostengünstig bleiben. Nur so ist es möglich, das vorhandene, große Marktpotential auszuschöpfen und den Massenmarkt zu erschließen.

5 Literatur

[1] M. Dippold, Persönliche Positionsbestimmung mit Beschleunigungssensoren, Universität Bremen, Bremen 2006

[2] A. K. Bourke, G. M. Lyons, A threshold-based fall-detection algorithm using a bi-axial gyroscope sensor, Biomedical Electronics Laboratory, Department of Electronic and Computer Engineering, University of Limerick, Limerick, Ireland 2006

[3] M. J. Mathie, A. C. F. Coster, N. H. Lovell, B. G. Celler, Detection of daily physical activities using a triaxial accelerometer, Medical and Biological Engineering and Computing, vol. 41, Springer Berlin / Heidelberg, 2003

[4] C. V. Bouten, K. R. Westerterp, M. Verduin, J. D. Janssen, Assessment of energy expenditure for physical activity using a triaxial accelerometer, Medicine and Science in Sport and Exercise, Journal of the American College of Sports Medicine, 1994