

Mobile Sturzdetektion und Erfassung des Sturzverhaltens im Alltag mit ZigBee

Dipl.-Ing., Christian Hofmann, Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen, Deutschland

Kurzfassung

Zur Erfassung der Position bzw. Haltung eines Patienten und zur Detektion von Stürzen wurde am Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen ein miniaturisiertes, Strom sparendes Bewegungssensormodul entwickelt und getestet. Für den mobilen Einsatz werden die Messdaten des Sensors in einem körpernahen Funknetzwerk mit der Funktechnologie ZigBee übertragen, die für den vorliegenden Anwendungsfall einen Energie sparenden Betrieb und somit eine lange Standzeit des Sensors ermöglicht. Als mobiles Endgerät zur Speicherung und Visualisierung wurde ein PDA (Personal Digital Assitant) verwendet, der in der Lage ist, mit dem Bewegungssensormodul über die ZigBee-Funktechnik zu kommunizieren.

1 Einleitung

1.1 Gesundheitliche Folgen von Stürzen bei älteren Menschen

Gerade bei älteren Menschen, die gestürzt sind, kann ein Sturz schwere gesundheitliche Folgen haben. Statistiken belegen, dass nicht nur die Altersgruppe der über 65-jährigen besonders oft stürzen, sondern vor allem auch die Folgen eines Sturzes in höherem Alter gravierender sind, als wenn eine junge Person stürzt [1]. Neben der gesteigerten Anfälligkeit für Verletzungen und Knochenbrüche stellen die Behandlungen und die gesundheitlichen Belastungen bei Operationen in höherem Alter eine viel bedrückendere Gefahr dar: „Ein Jahr nach einer hüftnahen Oberschenkel-fraktur findet man unter den Betroffenen 20 Prozent mehr Todesfälle und 20 Prozent mehr Menschen in Pflegeheimen.“ (aus [1]).

In Seniorenheimen kümmert sich eine Pflegekraft aufgrund der zeitaufwendigen und kostenintensiven Betreuung und Pflege älterer Menschen meist um eine größere Anzahl von Senioren. Stürzen Senioren in einer unbeobachteten bzw. unbetreuten Situation, wird das Pflegepersonal unter Umständen erst sehr viel später auf diese Notlage aufmerksam.

1.3 Sturzdetektion und Sturzverhalten

Neben der reinen Alarmierung bei Stürzen und somit der Verkürzung der Reaktionszeit ist auch das generelle Überwachen des sog. „Sturzverhaltens“ von Interesse, speziell im Zusammenhang mit der Einstellung der Medikation [2].

Um das generelle Sturzverhalten aufzuzeichnen und die Fortschritte bei Therapien zu verzeichnen wird am Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen an einem Bewegungssensor mit Sturzerkennung geforscht. Für den mobilen Einsatz wurden kleine und komfor-

table Endgeräte sowie ein möglichst Energie sparende Funktechnologie gewählt.

2 Material und Methoden

2.1 Bewegungssensor

Der primäre Messwertaufnehmer ist ein Beschleunigungssensor in MEMS-Technologie (Micro-Electro-Mechanical-System), mit dem die Beschleunigungswerte der kartesischen Koordinatenachsen X, Y und Z aufgenommen werden. In einer ersten Entwicklungsstufe wurden diese Rohdaten mittels Funktechnologie ZigBee (vgl. unten) direkt an einen PC gesendet. Mit einer entsprechenden PC-Software wurden diese Messwerte zunächst visualisiert und auf charakteristische Signalverläufe hin analysiert. Die Ergebnisse dieser Analysen wurden dazu genutzt, Algorithmen zur Positionsbestimmung und Sturzerkennung am PC zu entwerfen. Nach iterativer Überarbeitung und Testreihen wurden diese Algorithmen auf den Mikrocontroller des Sensormoduls portiert. Dieses Vorgehen schafft eine intelligente Sensoreinheit, die anstelle von Rohdaten fertige Berechnung mittels ZigBee-Funkmodul versendet. Das Datenaufkommen auf dem Funkkanal und somit der Energieverbrauch des ZigBee-Funkmoduls kann somit deutlich reduziert werden (Datenrate bei Versenden von Rohdaten: 1200 bit/s, Datenrate bei Versenden von berechneten Ergebnissen: 16 bit/s). Um im Falle eines Sturzes dennoch eine eingehende Analyse zu ermöglichen, werden nach einem Sturzereignis die Bewegungsdaten (Achsenbeschleunigungen) der zurückliegenden Sekunden übertragen (Historie).

2.2 Mobile Endgeräte

Zur alltagstauglichen und mobilen Erfassung von Sturzereignissen und Bewegungsdaten wurde das un-

ter 2.1 beschriebene Bewegungssensormodul an einen PDA (Personal Digital) mit SDIO-Schnittstelle mittels Funktechnologie ZigBee angebunden. Auf diese Weise ist es dem Träger des Sensormoduls und PDAs möglich, sich frei zu bewegen, wobei die kleinen Abmaße und das geringe Gewicht des miniaturisierten Sensormoduls und PDAs keine allzu große Beeinträchtigung darstellen (Sensormodul: 27mm x 44 mm, PDA: 70mm x 115mm).

2.3 Funktechnologie ZigBee

Die Funktechnologie ZigBee (Nahbereichsfunkverfahren nach dem IEEE-Standard 802.15.4 und Spezifikationen der ZigBee-Alliance, siehe [3]) wurde entwickelt mit der Auslegung auf drahtlosen Datenverkehr in großflächigen Sensornetzwerken der Gebäude- und Automatisierungstechnik. Dank der Energie sparenden Auslegung bzw. Konzeption dieser Funktechnologie im Vergleich zu anderen Nahbereichsfunkverfahren [4] eignet sich ZigBee auch sehr gut für den Einsatz mobiler, medizinischer Sensoren. Die nachrichtentechnischen Eigenschaften hinsichtlich Signalqualität und Energieverbrauch sowie die besonderen Vorteile bei größeren Netzwerkstrukturen machen ZigBee zu einer guten Wahl für drahtlose, körpernahe Sensorkommunikation.

3 Ergebnisse

Mit dem Bewegungssensormodul wurden verschiedenen Messreihen zu den Bewegungsmustern „Gehen“, „Laufen“, „Treppensteigen“ sowie zu nachgestellten „Stürzen“ durchgeführt. Die ermittelten Messwerte (Achsenbeschleunigungen) wurden, wie unter 2.1 erwähnt, am PC visualisiert und analysiert. Während eine tiefer gehende Analyse mit komplexeren Bearbeitungsmethoden im Frequenzraum oder der Wavelet-Transformation nur am PC unter MATLAB durchgeführt werden konnten, musste für die begrenzten Ressourcen bzw. Rechenleistung des Mikrocontrollers parallel eine vereinfachte Version der Signalverarbeitung gefunden werden, die sich auf eine Verarbeitung der Bewegungssensordaten im Zeitbereich beschränkt. Die Erkennung von Positionen bzw. der Haltung des Trägers des Bewegungssensormoduls liefert Aufschluss über die Aktivität und eignet sich beispielsweise in der Schlafdiagnostik dazu, einen ruhigen oder unruhigen Schlaf zu erkennen. Weiterhin spielt die Feststellung der Schlafposition auch bei der Analyse von Schlafstörungen (z.B. Apnoe) eine wichtige Rolle.

Die Algorithmen zur Sturzerkennung auf dem Mikrocontroller des Bewegungssensormoduls lieferten bei den im Labor durchgeführten Messreihen mit nachgestellten Stürzen ein gutes Resultat im Ansprechverhalten und der Zuverlässigkeit. Die Übertragung der

Messwert-Historie bei Sturzereignissen stellt gerade bei der Bestimmung des unter 1.3 erwähnten Sturzverhaltens eine wichtige Erweiterung der Systemfunktionalitäten dar.

Die drahtlose Anbindung des Bewegungssensormoduls an den PDA ermöglicht eine körpernahe Kommunikation der Systemkomponenten ganz ohne lästige und hinderliche Verkabelung des Patienten und erhöht somit den Tragekomfort.

Der Energieverbrauch des Bewegungssensors konnte unter Verwendung der ZigBee-Funktechnologie deutlich geringer gehalten werden als unter Verwendung der Bluetooth-Technologie [4].

4 Diskussion

Die erste Analyse der aufgenommenen Bewegungsmuster erfolgte, wie unter 2.1 beschrieben, mit PC-Software. Die entwickelten Algorithmen zur Positionserkennung und Sturzdetection beschränken sich zurzeit auf die Auswertung der Daten im Zeitbereich (da diese auf den Mikrocontroller des Bewegungssensormoduls portiert werden sollten). Für weitere Analysen empfiehlt sich eine tiefer gehende Verarbeitung der Daten im Frequenzbereich und Charakterisierung bzw. Klassifizierung mittels komplexerer Methoden, wie etwa der Wavelet-Transformation. Eine weitere Alternative der Systemkonzeption liegt in der Übertragung der gesamten Rohdaten (Achsenbeschleunigungen) und an den PDA und einer digitale Signalverarbeitung mit umfangreicheren Ressourcen (Arbeitsspeicher und Rechenleistung) des mobilen Endgerätes. Der erhöhte Energieverbrauch beim Übertragen der kompletten Messdaten muss dem zu erwartenden Informationsgewinn, resultierend aus der erweiterten Signalverarbeitung im PDA, gegenübergestellt und bewertet werden.

5 Literatur

- [1] Dr. Runge, M. : Ein Sturz hat viele Väter. Mobiles LEBEN 1/02 2002
- [2] Runge, M.; Rehfeld G. : Mobil bleiben – Pflege bei Gehstörungen und Sturzgefahr, Schlütersche Verlag, 2001
- [3] ZigBee Alliance: www.zigbee.org
- [4] Hofmann, C. : Evaluierungen verschiedener ZigBee-Lösungen und Anbindung an ein medizinisches Gerät, Lehrstuhl für Informationstechnik mit dem Schwerpunkt Kommunikationstechnik, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2005
- [5] Bluetooth Special Interest Group: german.bluetooth.com/bluetooth/