S. Diefenbach, N. Henze & M. Pielot (Hrsg.): Mensch und Computer 2015 Tagungsband, Stuttgart: Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2015, S. 323-326.

Interaktive Schutzbekleidung für industrielle Arbeitsumgebungen

Dmitrij Boger[1], Michael Lawo[1], Jürgen Pannek[2]

Arbeitsgruppe Künstliche Intelligenz, Universität Bremen, {boger, mlawo}@tzi.de[1]
Dynamics in Logistics, Universität Bremen, pan@biba.uni-bremen.de[2]

Zusammenfassung

Die Verwendung von inertialen Messtechniken in der Kleidung erlaubt es, menschliche Bewegungen relativ zu einem ortsfesten Bezugssystem zu verfolgen. In industriellen Arbeitsumgebungen kann dies für einen aktiven persönlichen Schutz genutzt werden. Ziel ist die Überwindung der räumlichen oder zeitlichen Trennung von Arbeitsbereichen in der Mensch-Maschine Kollaboration. In diesem Beitrag wird ein neues Schutzsystem mit ersten Erfahrungen mit den interaktiven Komponenten vorgestellt.

1 Einleitung

In der industriellen Produktion ist der Mensch vielfältigen Gefährdungen durch Maschinen ausgesetzt. Aus Sicherheitsgründen sind die Arbeitsbereiche von Menschen und Maschinen räumlich oder zeitlich strikt voneinander getrennt. Neben den zu beachtenden Sicherheitsvorschriften und den damit verbundenen Einweisungen werden Menschen durch spezielle Bekleidung wie etwa Helme, Handschuhe, Westen und Schuhe geschützt. Zudem verhindern Schutzzäune und Lichtschranken unbefugtes Eindringen in den Gefahrenbereich. In heutigen Produktionsanlagen klassifiziert die räumliche oder zeitliche Trennung jedwedes Eindringen in den Gefahrenbereich als unbefugt. Ein solches Eindringen führt zum sofortigen Not-Halt oder gar kompletten Stillstand der Maschine, welches in weiterer Folge den Stopp einer ganzen Produktionsstraße auslösen kann. Um eine Mensch-Maschine Kollaboration mit räumlicher und zeitlicher Überschneidung der Arbeitsbereiche zu erlauben, können Cyber-Physische Systeme in Form vernetzter Sensoren und Steuerungen eingesetzt werden. Eine mögliche Umsetzung beinhaltet in die Kleidung integrierte Sensorik und ein intelligentes Verbinden der Arbeitsbereiche von Mensch und Maschine unter Berücksichtigung relevanter Sicherheitsvorschriften.

Die wirtschaftlich sinnvolle Umsetzung dieser Kollaboration erlaubt und erfordert nicht nur ein Umdenken beim Konzipieren von Produktionsprozessen, sondern stellt auch Ansprüche

an neue Schutzsysteme und -prinzipien. Aktuelle Schutzprinzipien zur Realisierung einer Zusammenarbeit von Mensch und Maschine gehen einzig von einem passiven Schutz des Menschen aus. Der Einsatz intelligenter Schutzbekleidung mit zugehöriger Situationsanalyse und Reaktion des Systems erlaubt einen aktiven Schutz des Menschen (Kirisci et al. 2015).

2 Die interaktive Schutzbekleidung

Die interaktive Schutzbekleidung erweitert die bisherige passive Schutzaufgabe um die Lokalisierung des Menschen und erlaubt zudem die Integration weiterer Aufgaben. Bei der direkten räumlichen und zeitlichen Interaktion mit der Maschine sind die Gliedmaßen des Menschen besonders gefährdet und zu schützen. Dieses Problem kann durch Integration geeigneter Sensoren in bestehende Arbeitskleidung gelöst werden. Inertialsensoren[3] (engl. IMU – Inertial Measurement Unit), wie sie im Moven-Suit von Xsens (Damgrave & Lutters 2009) verwendet werden, messen Beschleunigungen und Drehraten und sind geeignet, die Bewegungen eines Menschen auch ohne bildgebendes Verfahren und Marker zu erfassen und in Realzeit in ein virtuelles Modell zu übertragen (Gallagher et al. 2004). Dazu werden am menschlichen Körper verteilte Inertialsensoren genutzt, um die relative Bewegung einzelner Gliedmaßen zu verfolgen. In unserem Konzept sind für den gesamten Körper insgesamt 11 IMUs vorgesehen. In industriellen Arbeitsumgebungen gelten diese nach dem aktuellen Stand (Damgrave & Lutters 2009) wegen des inhärenten Drifts und der Nichtverwendbarkeit des Magnetometers als unzuverlässig. Daher werden für die Initialisierung und als stützende Maßnahme für die Lokalisierung, was ansonsten mittels extern verteilter Laserscanner erfolgt, optische Marker auf den Schultern der Schutzbekleidung verwendet. Diese werden mittels einer Industriekamera und der zugehöriger Mustererkennung erfasst. Die ausschließlich Kamera basierte Erfassung ist dabei weniger geeignet, da ein kontinuierlich und vollständig kontrollierbares Sichtfeld zwischen Sensor und Menschen bei geforderter Auflösung nur schwer gewährleistet werden kann. Zudem ist der hierfür notwendige Rechenaufwand im Vergleich zur Nutzung der Kombination aus Kamera und Körper-Sensorik unverhältnismäßig hoch. Bei letzterer können durch Verfolgung der Marker Position und Ausrichtung des Körpers bestimmt und mittels Filtertechniken mit den relativen Bewegungen gekoppelt werden.

Der technische Entwurf bietet Zusatzfunktionen wie die Authentifizierung am übergeordneten Steuerungssystem mittels integriertem RFID-Chip, einen Notfallschalter und optional eine Gestenerkennung zur Interaktion mit der Maschinensteuerung. Abbildung 1 zeigt den Entwurf einer entsprechend gestalteten Schutzweste, wie sie im InSA-Projekt vom beteiligten Industriepartner S-GARD entwickelt wurde.

[3] Michael Kandler, Wolfgang Reinert: Ausfallsichere Inertialsensoren. aus: Automobil-Elektronik, August 2008, Hüthig, Heidelberg 2008, ISSN 0939-5326, Seite 30-32, PDF, ca. 2,0 MB

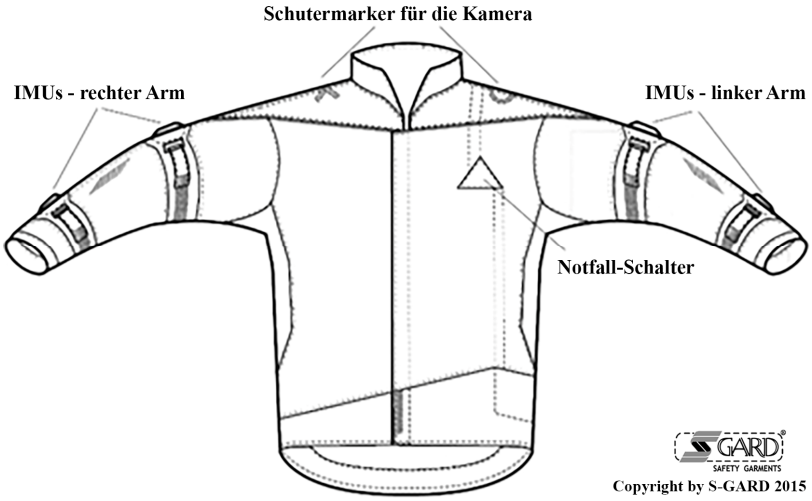

Abbildung 1: Eines der ersten Entwürfe der Schutzweste von S-GARD

3 Evaluation

Die Funktionsweise des Konzepts wurde durch eine visuelle Repräsentation in der Simulation als sogenannte virtuelle Inbetriebnahme (Boger 2013) überprüft. Hierzu wurden die IMU-Daten in einer Grafikengine an einem virtuellen Körper (Avatar) abgebildet. Die am Körper verteilten IMUs wurden im Programm so verrechnet, dass die realen Bewegungen in Echtzeit in die Bewegungen seines virtuellen Abbildes überführt werden konnten. So verfügte jeder Proband in einer speziell für diese Testläufe eingerichteten virtuellen Welt über seinen kompletten rechten Arm bis hin zu den Fingern.

Die insgesamt 10 Probanden hatten in den Versuchen die Aufgabe, einzelne Schaltflächen eines sich im virtuellen Raum befindenden Zahlenblocks in möglichst kurzer Zeit nach zufälliger Vorgabe zu betätigen. Hierbei wurden Zeit und Fehlerrate gemessen. Ferner waren virtuelle Gegenstände zu ergreifen und an einen anderen Ort zu bewegen. Zur Berücksichtigung der Immersion führten die Probanden die Versuche sowohl mit als auch ohne Head-Mounted-Display[4] am Computer aus.

Entsprechend Abbildung 2 betrug die Reaktionszeit nach einer kurzen Übungsphase zwischen 1,5 und 2 Sekunden. Die Lernphase mit dem HMD fiel dabei im Durchschnitt etwas schwergängiger aus, was mit der zusätzlich benötigter Koordination der Kopf-Arm-Bewegung zu erklären ist.

Die Ergänzung des Systems um weitere Gliedmaßen des Körpers ist vorgesehen. Die Testläufe bestätigen jedoch bereits die Funktionsfähigkeit der umgesetzten Systemarchitektur.

---

4 Für die Versuche wurde das Look-Around Head-Mounted-Display xSight der Marke Sensics, verwendet.

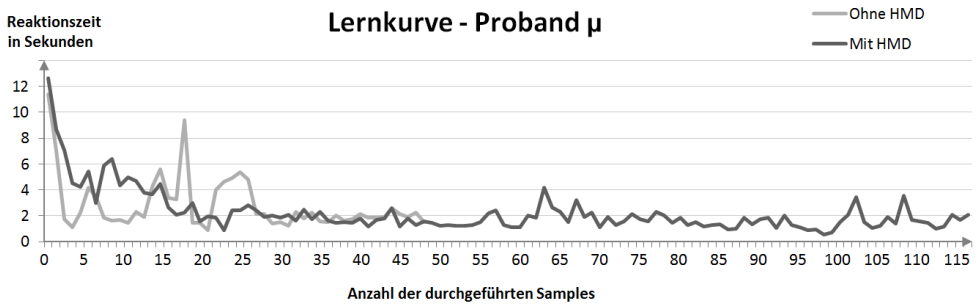

Abbildung 2: Darstellung einer beispielhaften Lernkurve eines Probanden.

4 Fazit

Der hier vorgestellte Prototyp einer interaktiven Schutzbekleidung ermöglicht die Mensch-Maschine Kollaboration mit räumlicher und zeitlicher Überschneidung der Arbeitsbereiche in einem Cyber-Physischen System. Hierbei wird der wirtschaftlich sinnvolle und anwendungsspezifisch notwendige Ansatz einer Kombination aus IMU-Sensoren in der Arbeitskleidung und Kameraerfassung zu sicheren Ortung des Menschen im Arbeitsraum genutzt. Die bisher durchgeführten Untersuchungen weisen die Machbarkeit des Konzepts und dessen Funktionalität nach. Für den Langzeitbetrieb der IMUs sollen weitere Versuchsreihen Aussagen über deren Robustheit und Ausfallsicherheit bezüglich der Funkkommunikation und Interaktion mit dem Gesamtsystem liefern.

Danksagung

Das Forschungsprojekt InSA (siehe: http://www.insa-projekt.de/) wird gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie im Rahmen der Initiative „Autonomik für Industrie 4.0“.

Literaturverzeichnis

Boger, D. (2013). *Entwicklung einer Software- und Hardware-Architektur zur Bewegungserfassung und visueller Repräsentation der menschlichen Gliedmaßen in Echtzeit-Interaktion mit einer virtuellen Realität*, Diplomarbeit, Universität Bremen.

Damgrave, R. G. J., & Lutters, D. (2009). The Drift of the Xsens Moven Motion Capturing Suit during Common Movements in a Working Environment. In *Proceedings of the 19th CIRP Design Conference – Competitive Design*, S. 30-31.

Gallagher, A., Matsuoka, Y. A., & Wei-Tech, A. (2004). An efficient real-time human posturetracking algorithm using low-cost inertial and magnetic sensors. In *Proceedings of Intelligent Robots and Systems*, S. 2967-2972.

Kirisci, P. T., Pannek, J., Ghrairi, Z., Thoben, K.-D., & Lawo, M. (2015). Mensch-Roboter Kollaboration in cyber-physischen Arbeitsumgebungen. In *Industrie Management 31* (1), S. 43-47.