

H. Reiterer & O. Deussen (Hrsg.): Workshopband Mensch & Computer 2012
München: Oldenbourg Verlag, 2012, S. 481-484
Ein Video zum Beitrag findet sich in der Digital Library: <http://dl.mensch-und-computer.de/>

Konzept und Prototyp eines handlungsspezifischen Warnsystems

Ulrike Schmunzsch, Christine Sturm, Ralf Reichmuth, Matthias Rötting

Fachgebiet Mensch-Maschine-Systeme, Technische Universität Berlin

Zusammenfassung

Konventionelle Warnsysteme im industriellen Kontext bieten Nutzern lediglich eine zeitliche, aber keine handlungsspezifische Übereinstimmung zwischen Fehler und Warnung. Gepaart mit zunehmender Systemkomplexität, birgt dies ein erhöhtes Gefahrenpotential. Jenes zu reduzieren und somit Fehlhandlungen vorzubeugen, steht im Projektfokus. Realisiert werden soll dies durch die multimodale Darstellung handlungsspezifischer Warnungen an die Operateure. Hierfür wurde ein Prototyp in Form eines Handschuhs (inkl. Software) entwickelt und in einer ersten Nutzerstudie erfolgreich getestet. Damit werden Nutzern visuelle, akustische und haptische Signale übermittelt. Zur Demonstration von Warn-Handschuh und Software außerhalb der eigenen Laborräume (z.B. auf Konferenzen) wurde eine interaktive Variante des Testszenarios „Spindelwechsel“ in Form einer PC-Anwendung entwickelt.

1 Einleitung

Konventionelle Warnsysteme in industriellen Anlagen sind zumeist direkt in die jeweiligen Maschinen integriert. Dies ermöglicht lediglich eine zeitliche Übereinstimmung zwischen Fehlhandlung des Operateurs und Alarm. Um handlungsspezifische Fehlermeldungen zu realisieren, ist zusätzlich zur zeitlichen die direkte Kopplung der Warnung an die Handlungen des Nutzers erforderlich. Zur Umsetzung dessen wurde im Rahmen des Projekts ein erster Prototyp zur multimodalen Darbietung von handlungsspezifischen Warnungen in Form eines Handschuhs entwickelt. Dieser ermöglicht die Übermittlung von visuellen, akustischen und haptischen Signalen direkt an der Hand des Nutzers. In einer ersten Studie zum „Spindelwechsel“ erfolgte bereits die aussichtsreiche Testung gegen ein konventionelles Warnsystem, das direkt an der Maschine platziert war. Für den Warn-Handschuh zeigten sich signifikant schnellere Reaktionen und eine höhere Zufriedenheit (Schmunzsch et al. 2012b).

Der vorliegende Beitrag soll einen Eindruck von Aufbau und Funktionsweise des entwickelten Handschuh-Prototyps sowie der dazugehörigen Software zur Steuerung des Versuchsszenarios „Spindelwechsels“ vermitteln.

2 Multimodale und handlungsspezifische Warnungen

2.1 Das Konzept

Um Reize korrekt wahrzunehmen sowie angemessen und rechtzeitig darauf zu reagieren, sind verschiedene Informationsverarbeitungsschritte nötig. Erste entscheidende Voraussetzungen für die schnelle und korrekte Reaktionsausführung sind die Detektion und Identifikation relevanter Umweltreize. Beides kann durch den Einsatz von *Multimodalität* verbessert werden. Multimodale Interfaces sind durch den Einsatz von zwei oder mehreren Ein- und Ausgabemodalitäten charakterisiert, meist visuell, akustisch und haptisch (Oviatt 2003). Vorteile von multimodalen im Vergleich zu unimodalen Nutzerinterfaces sind z.B. die Überlegenheit in Fehlervermeidung und -behebung (Oviatt et al. 1998). Andere Studien hingegen (z.B. Föhrenbach et al. 2009) können einen grundsätzlich positiven Einfluss von taktilem Feedback zusätzlich zu visuellem auf die Leistung nicht bestätigen. Weitere Faktoren, wie z.B. die *Handlungsspezifität* des Reizes, dürften ebenfalls einen Einfluss auf Schnelligkeit und Angemessenheit der Reaktion haben. Je näher ein Signal am Ort des Geschehens ist, umso schneller kann es mit diesem in Verbindung gebracht und darauf reagiert werden.

Die Kombination von *Multimodalität* und *Handlungsspezifität* kann somit die sensorische Wahrnehmbarkeit von Rückmeldungen sowie deren Zuordenbarkeit beschleunigen. Dafür müssen die Warnungen an mehrere Sinneskanäle (multimodal) gesendet und stärker mit den eigentlichen Handlungen des Nutzers verknüpft (handlungsspezifisch) werden.

2.2 Die prototypische Umsetzung

Zur Umsetzung des Konzepts wurde ein erster Prototyp in Form eines Handschuhs mit sechs LEDs, einem kleinen Lautsprecher und zwei Vibrationselementen entwickelt (Abbildung 1).

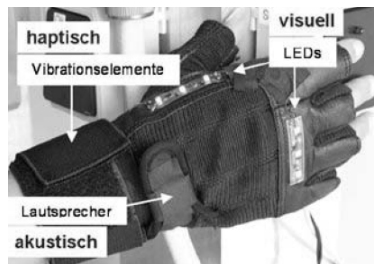


Abbildung 1: Handschuh-Prototyp zur multimodalen Darbietung handlungsspezifischer Warnungen

Der Handschuh-Prototyp (Abbildung 2, links) wurde im Wartungsszenario „Spindelwechsel“ gegen ein konventionelles Warnsystem getestet, bei dem die identischen Warnmodalitäten direkt an dem Nachbau einer Mikrofrässtation (Abbildung 2, mittig) angebracht waren. Während des Spindelwechsels wurden Fehler simuliert und u.a. die Reaktionszeiten der Probanden für beide Warnsysteme erhoben. Das Auslösen der Warnungen per Computer durch den

Versuchsleiter erfolgte drahtlos über das mit dem Handschuh verbundene Arduino-Board (Abbildung 2, links) mit XBee-Shield (Abbildung 2, rechts).

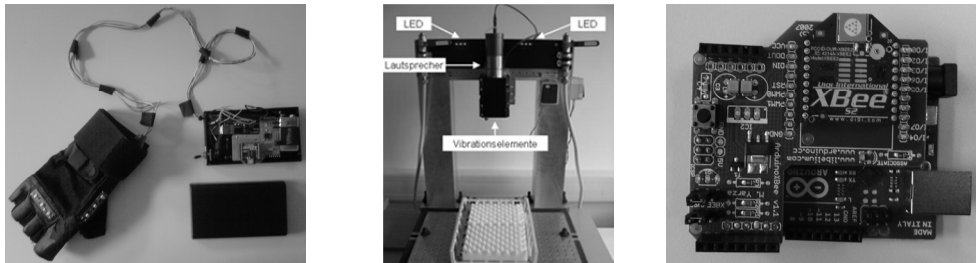


Abbildung 2: Warn-Handschuh mit Arduino (links), Mikrofrässtation (mittig) und Arduino mit XBee-Shield (rechts)

3 Softwarearchitektur und Showcase

Zur Steuerung des Versuchsszenarios wurde eine Software entwickelt, die auf dem PC des Versuchsleiters und dem Laptop der Versuchsperson läuft. Der Softwarekern verknüpft die einzelnen Softwarekomponenten zu einem Gesamtsystem. Die beiden Komponenten sind das Programm auf dem Arduino-Mikrokontroller des Warn-Handschuhs sowie die Datenbank. Dadurch kann vom PC des Versuchsleiters der Fehler an den Handschuh-Prototyp und an den Laptop der Versuchsperson übertragen werden (Schmuntzsch et al. 2012a).

Eine Rückmeldung wird je nach Dringlichkeit und Kritikalität als *Information*, *Hinweis* oder *Warnung* eingestuft. Diese Klassifizierung führt zu unterschiedlichen Darstellungen am Laptop und zu unterschiedlichen Rückmelde-Intensitäten am Warn-Handschuh. Die Nachricht vom Versuchsleiter-PC an Warn-Handschuh und Laptop setzt sich wie folgt zusammen. Die erste Komponente ist die ID des Fehlers in der Datenbank, welche als Zeichenfolge übertragen wird (z.B. die Zeichenfolge „12“ für Fehler-ID 12). Die zweite Komponente beschreibt die Rückmeldemodalität am Handschuh-Prototyp und wird mit einer Zahl von 1 (visuell) bis 7 (visuell-akustisch-haptisch) kodiert. Die dritte Zahl ist die Intensitätsstufe mit 0 für „niedrig“, 1 für „mittel“ und 2 für „hoch“. Beendet wird die Nachricht mit einem „!“.



Abbildung 3: Sende-Menü des Versuchsleiters

Der in Abbildung 3 dargestellte Fehlercode „271!“ zeigt an, dass es sich um die ID 2 „Falsches Werkzeugs gegriffen“ handelt. Dieser Hinweis wird multimodal, sprich visuell-akustisch-haptisch (7), und mit mittlerer Intensität (1) am Warn-Handschuh dargeboten. Gleichzeitig werden eine Problembeschreibung mit Verhaltensempfehlung sowie ein Kamera-Icon, über das eine Videosequenz aufrufbar ist, am Laptop angezeigt (Abbildung 4).

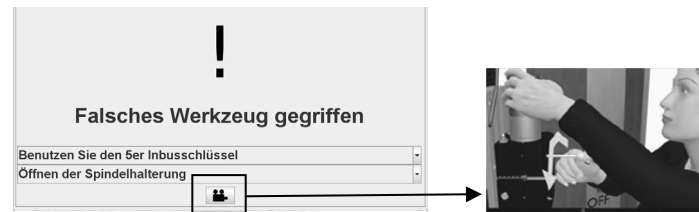


Abbildung 4: Empfangs-Menü der Versuchsperson mit Kamera-Icon für die abrufbare Videosequenz

Zur Demonstration von Warn-Handschuh und Software außerhalb der eigenen Laborräume (z.B. auf Konferenzen) wurde eine interaktive Variante des „Spindelwechsels“ in Form einer einfachen PC-Anwendung entwickelt. Ein Proband kann den Versuch über auswählbare Bilder (Screenshots aus dem animierten Instruktionsvideo) schrittweise durchführen. Wie im realen Versuch sind an vordefinierten Stellen „Fehler“ eingebaut. Begeht der Proband einen Fehler, führt dies zum Auslösen der Warnung am Handschuh sowie zum Anzeigen der Fehlerbeschreibung. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, sich die entsprechende Sequenz aus dem animierten Instruktionsvideo anzeigen zu lassen.

Das entwickelte handlungsspezifische Warnsystem in Form eines Handschuhs und die dazugehörige Software sowie das Instruktionsvideo wurden in ersten Nutzerstudien erfolgreich getestet. Weitere Entwicklungen zur Nutzerunterstützung von Operateuren im industriellen Kontext sind in Planung.

Literaturverzeichnis

- Foehrenbach, S., König, W.A., Gerken, J. & Reiterer, H. (2009). Tactile Feedback enhanced hand gesture interaction at large, high-resolution displays. *Journal of Visual Language and Computing*, 20(5), 341-351.
- Oviatt, S. (2003). Multimodal Interfaces. In Jacko, J.A. & Sears, A. (Hrsg): *The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications*. Mahwah, NJ, USA: Lawrence Erlbaum Associates, S. 286-304.
- Oviatt, S., Bernard, J. & Levow, G.-A. (1998). Linguistic adaptation during error resolution with spoken and multimodal system. *Language and Speech*, 41(3-4), 419-442.
- Schmuntzsch, U., Reichmuth, R. & Rötting, M. (2012a). Nutzerunterstützung durch die Integration von handlungsspezifischen Warnungen und Anleitungen. *VDI Automation 2012, VDI Berichte 2171*, 411-414.
- Schmuntzsch, U., Sturm, C. & Rötting, M. (2012b). How can multimodality be used to design usable interfaces in IPS² for older employees? *Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation*, 41, 3533-3540.

Kontaktinformationen

E-Mail: ulrike.schmuntzsch@mms.tu-berlin.de
 Telefon: +49 (0)30 314-73820