

## Optimierte Bewegungsgenerierung und semantische Prozessbeschreibung – Zwischenergebnisse des Forschungsprojekts INTERACT

Dan GLÄSER, Lars FRITZSCHE, Sebastian BAUER, Vipin JAYAN SYLAJA

*imk automotive GmbH,  
Amselgrund 30, D-09128 Chemnitz*

**Kurzfassung:** Das EU-Verbundprojekt INTERACT beschäftigt sich mit der Weiterentwicklung der virtuellen Prozessplanung mittels digitaler Menschmodelle. Eines der Hauptziele ist die unmittelbare Umsetzung einer textuellen Prozessbeschreibung in eine virtuelle Planungssimulation mittels digitaler Menschmodelle. Die angestrebten Verbesserungen beziehen sich somit vor allem auf die Minimierung von Eingaben zur Erstellung einer Simulation und der interaktiven Erstellung von Simulationsvarianten in einer Workshop-Umgebung. Daneben soll die Qualität der generierten Bewegungen und die Einbindung realer Prozessgrößen in die Simulationsumgebung verbessert werden.

**Schlüsselwörter:** Digitale Fabrik, Digitale Menschmodelle, Simulation, Prozessgestaltung, Ergonomie

### 1. Einleitung

In Zeiten kürzerer Produktionszyklen ist eine effizientere Planung mit kurzen aber abgesicherten Produktionsanläufen von großer Bedeutung und kann ein erheblicher wirtschaftlicher Vorteil sein. Simulationen mit Hilfe von virtuellen Menschmodellen erlauben eine gute Abschätzung der späteren ergonomischen Belastungssituation (Fritzsche, 2010) und der Wertschöpfung im Arbeitsprozess. Die frühzeitige ergonomische Arbeitsgestaltung trägt damit zur Gesunderhaltung der Mitarbeiter und der Reduktion von Qualitätsproblemen bei (Fritzsche et al., 2014).

Zum Zweck einer effizienteren Planung von manuellen Tätigkeiten bei Produktionsanläufen, speziell für Montagetätigkeiten, werden seit einigen Jahren digitale Menschmodelle zur zeitwirtschaftlichen und ergonomischen Absicherung eingesetzt (z.B. Fritzsche et al., 2011). Diese Menschmodelle weisen nach wie vor in verschiedenen Bereichen Entwicklungspotentiale auf. Von den Industriepartnern im Projekt INTERACT wurden vor allem Verbesserungsmöglichkeiten zur Minimierung der Nutzereingaben, zur Qualität und Anmutung der virtuellen Bewegungen, zum Einbinden von Prozessdaten durch Sensoren und zur schnelleren Generierung von Simulationsvarianten benannt.

### 2. Projektüberblick

Das Projekt wird durch die Europäische Kommission im 7th Framework Programme gefördert. Das Konsortium setzt sich aus den Industriepartnern Daimler AG und Electrolux Professional zusammen; hinzu kommen öffentliche Forschungseinrichtungen wie das LMS Patras (GRE), das Deutsche

Forschungszentrum für künstliche Intelligenz (DFKI) mit Sitz in Saarbrücken, sowie das Institute of Media Informatics in Ulm. Die entwickelnden Unternehmen Intrasoft (LUX), Emphasis (GRE), Hadatap (PL) und die imk automotive GmbH aus Chemnitz komplettieren das Konsortium.

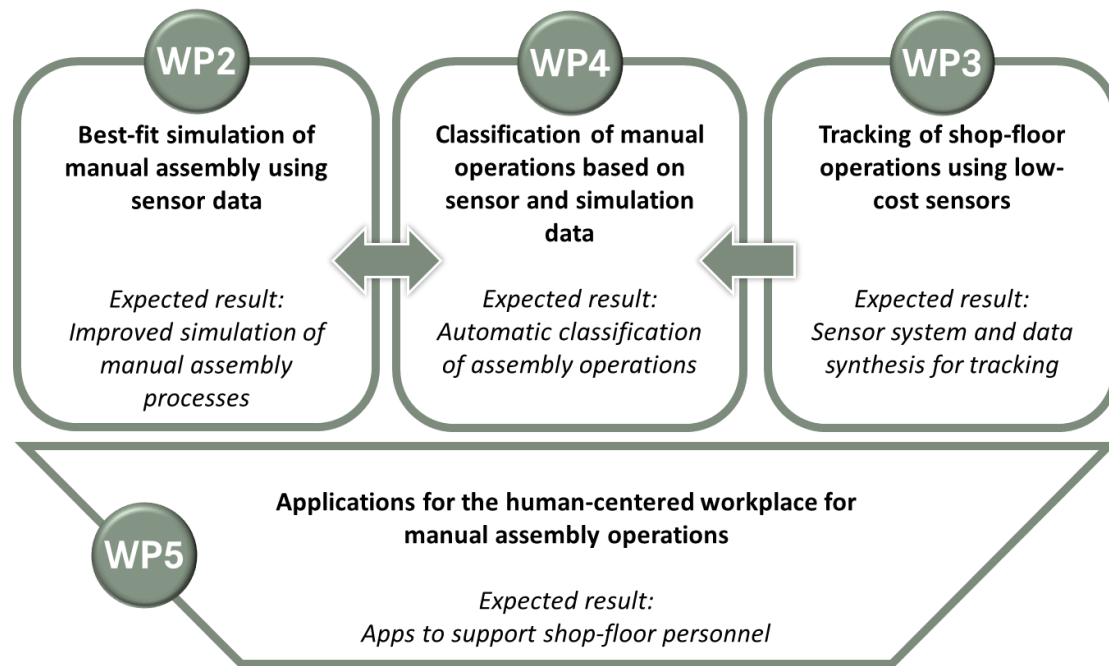
Im Rahmen des INTERACT Projektes entsteht ein Prototyp für ein Software-Werkzeug zur Simulation manueller Tätigkeiten. Die Entwicklung richtet sich nach den folgenden Anforderungen der Industriepartner:

- Minimierung von Eingaben zur Erstellung von Simulationen bis hin zur semiautomatischen Erstellung von Szenarien auf Basis von textbasierten Prozessbeschreibungen
- Steigerung der Bewegungsqualität (Anmut) simulierter Bewegungen
- Einbindung von Prozessgrößen (z.B. Kräfte, Geschwindigkeiten) durch Sensoren, welche auf die Simulation übertragen werden können
- Interaktive Generierung von neuen Simulationsvarianten in einem Workshop-Umfeld durch den Einsatz von Low-cost Motion-Capture-Technologie, um die best-mögliche Ausführung der Tätigkeit durch erfahrene Werker in die Simulation und Montageplanung einbinden zu können

### **3. Forschungsbereiche und Kerntechnologien**

Die Entwicklungen in INTERACT betreffen verschiedene Aspekte der virtuellen Montageplanung mittels digitaler Menschmodelle. Die zu entwickelnde Software baut größtenteils nicht auf den existierenden Lösungen auf sondern stellt eine komplette Neuentwicklung dar, welche durch den Technologietransfer in Form von Methoden und Technologien einzelner Partner in einen gemeinsamen Prototyp realisiert wird.

Das Projekt enthält vier Arbeitspakete in denen die maßgebliche Forschungs- und Entwicklungsarbeit betrieben wird (siehe Abbildung 1). Im Arbeitspaket zwei (WP2) wird zum einen an der Übersetzung von textuellen Prozessbeschreibungen in Form einer kontrollierten Sprache zu automatisch generierten Bewegungsbausteinen gearbeitet (siehe 3.1). Gleichzeitig werden dort Verfahren der Bewegungssynthese entwickelt, welche zur Steigerung der Bewegungsgüte und –anmutung in digitalen Menschsimulationen dienen (siehe 3.2). Die Arbeitspakete drei und vier (WP3, WP4) forschen zum einen an der Erfassung von manuellen Tätigkeiten, d.h. unter anderem der ausgeführten Bewegungen und dabei aufgebrachtener Kräfte, zum Zweck des Aufbaus von entsprechenden Datenbanken. Zum anderen werden hier auch die Grundlagen dafür gelegt, dass diese Ausführungsparameter im interaktiven Workshop automatisch wiedererkannt werden, um diese zur Generierung neuer Simulationsvarianten zu nutzen (siehe 3.3). Das fünfte Arbeitspaket (WP5) enthält die Entwicklung und Integration der einzelnen Softwaremodule und die Schaffung von einfach zu bedienenden Applikationen zu deren Steuerung und Auswertung, um die neue Software im Arbeitsumfeld einfach und praktisch anwenden zu können (siehe 3.4).



**Abbildung 1:** Überblick der inhaltlichen Arbeitspakete im INTERACT-Projekt.

### 3.1 Automatische Generierung von Simulationen

Das erste Ziel der automatischen Generierung von Prozesssimulationen wird durch die Nutzung textueller Prozessbeschreibungen aus dem „klassischen“ Planungsumfeld realisiert. Diese Aufgabe wird maßgeblich vom Projektpartner DFKI realisiert. Um die textbasierten Beschreibungen für die Software nutzbar zu machen, müssen diese in einer kontrollierten Sprache verfasst sein (CNL – Controlled Natural Language) (Wojcik und Hoard 1997). Diese kontrollierte Sprache zeichnet sich durch ein klar definiertes Regelwerk aus und stellt die erste Kerntechnologie des Projektes dar. Dieses Regelwerk bezieht sich auf die Reihenfolge, die Grammatik und das Vokabular der verwendeten Sätze. Der beispielhafte Satz in Abbildung 2 verdeutlicht die Regeln und die abzuleitenden Prozessgrößen.

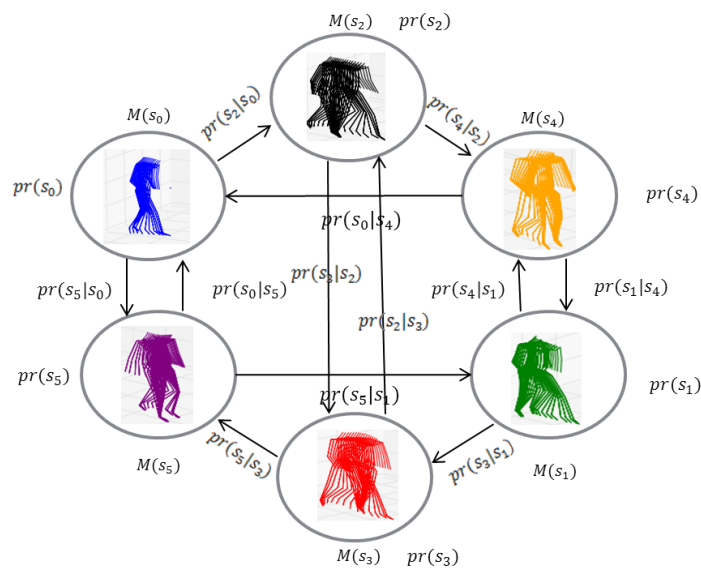
**Tighten** **arm support** **with cordless screw driver** **on middle console**  
 <Action> <Theme> <Tool> <Goal>

**Abbildung 2:** Beispielsatz für die kontrollierte Sprache zur Definition einer Simulation.

### 3.2 Bewegungssynthese

Die zweite Kerntechnologie ist ein statistisches Verfahren zur Generierung natürlicher Bewegungen des Menschmodells innerhalb der Simulation. Auch diese Aufgabe wird maßgeblich vom Projektpartner DFKI realisiert. Das Verfahren basiert auf so genannten „Morphable Graphs“ (Min und Chai 2012) und einer dahinterliegenden Datenbank vorher aufgezeichneter Elementarbewegungen. Für jede Elementarbewegung (z.B. „Schritt rechts“) gibt es eine große Menge von Ausführungsvarianten. Die im Projekt entwickelte Methode ist in der Lage die

vorliegende Prozessbeschreibung auf das Level dieser Elementarbewegungen herunter zu brechen und mittels statistischer Methoden diejenigen Varianten zu wählen, welche am wahrscheinlichsten eine natürliche Ausführung des Prozesses erfüllen. Wie in Abbildung 3 zu sehen ist, besteht das verwendete Modell aus mehreren Knoten ( $M_n$ ), welche für eine Ausführungsvariante einer Elementarbewegung stehen. Über Wahrscheinlichkeiten ( $pr$ ) wird definiert, wie die Varianten zueinander in Beziehung stehen und welche im vorliegenden Fall ausgewählt werden, um die geforderte Bewegung zu generieren. Auf diese Weise, so die Erwartung der Projektpartner, können wesentlich realistischere Bewegungen als bisher auf Basis von Algorithmen erzeugt werden. Diese werden in einer weiteren Schleife einer Überprüfung zur Vermeidung von Kollisionen unterzogen, um schließlich eine vollständige und valide Prozesssimulation zu erzeugen.



**Abbildung 3:** Schematische Darstellung des „Morphable graphs mode“.

### 3.3 Intuitive Varianten-Generierung in einer interaktiven Workshop-Umgebung

Eine weitere Neuerung gegenüber bisherigen Softwarelösungen im Bereich digitaler Menschmodelle stellt die interaktive Generierung neuer Simulationsvarianten dar. Hierfür werden die Grundvoraussetzungen durch verschiedene Technologien auf Basis des Standards XML3D geschaffen. XML3D ist eine Erweiterung von HTML5 und ermöglicht die Darstellung und Nutzung von 3D-Inhalten in Browser-Umgebungen. Die Anwender werden dadurch in die Lage versetzt, Simulationen von mehreren Arbeitsplätzen aus simultan zu betrachten und zu manipulieren, ohne dass dafür die Installation von Spezial-Software notwendig ist und ohne, dass sie dafür zwingend im Workshop anwesend sein müssen. Damit werden auch neue Möglichkeiten der Zusammenarbeit in global agierenden Unternehmen geschaffen (ähnlich einer Videokonferenz-Session).

Des Weiteren können über die Verwendung von kostengünstigen Sensoren und einem Motion Capture System, simulierte Montageprozesse anhand von beispielhaft durchgeführten Bewegungen abgeändert und verglichen werden. Ziel dabei ist es, die bestmögliche Art und Weise der Ausführung einer Tätigkeit zu finden und dazu

die bisher ungenutzte Expertise der Facharbeiter zu berücksichtigen, die diese Tätigkeiten im Workshop durchführen („Best-Fit-Simulation“).

### 3.4 Applikationsplattform

Die Visualisierung und Bewertung der automatisch erzeugten und ggf. im Workshop optimierten Simulationsvarianten erfolgt dann über die in WP5 entwickelte Applikationsplattform. Beispielsweise wird dazu eine „Ergonomic Assessment App“ zur Verfügung gestellt, die eine Auswertung nach OCRA, NIOSH und EAWS-Regelwerk ermöglicht (vgl. Schaub et al., 2012). Über eine andere App können Wertschöpfung und Laufwege im simulierten Montageprozess analysiert und unter anderem ein „Spaghetti-Diagramm“ erzeugt werden. Diese Apps sollen sowohl auf desktop-basierten Computern wie auch auf mobilen Endgeräten zur Verfügung gestellt werden, was eine unmittelbare Bewertung auf dem Shopfloor und eine tiefgehende Analyse und Dokumentation am Büroarbeitsplatz ermöglicht.

## 4. Ausblick

INTERACT schließt im März 2015 die erste Hälfte der auf drei Jahre angesetzten Förderperiode ab. Bis zu diesem Zeitpunkt wird ein erster funktionierender Prototyp der Simulationssoftware und Applikationsplattform entwickelt sein. Außerdem werden schon einige der genannten Funktionalitäten zur interaktiven Veränderung und zur Auswertung der Simulation zur Verfügung stehen.

In der zweiten Hälfte des Projektes werden bis September 2016 alle Softwaremodule vollständig integriert und validiert. Der finale Prototyp wird anschließend anhand der im Vorfeld definierten Pilot-Fälle (Planungsworkshop in der Automobilmontage und Optimierung interner Logistikprozesse für Haushaltsgeräte) getestet. Die Ergebnisse werden mit den Baseline-Simulationen, welche mit der State-of-the-Art Software „Editor menschlicher Arbeit“ erstellt wurden, verglichen und den ursprünglich formulierten Nutzeranforderungen gegenübergestellt.

## 5. Literatur

- Fritzsche, L. (2010). Ergonomics risk assessment with digital human models in car assembly: Simulation versus real-life. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 20, 287-299.
- Fritzsche, L., Jendrusch, R., Leidholdt, W., Bauer, S., Jäckel, T., & Pirger, A. (2011). Introducing ema (Editor for Manual Work Activities) – A New Tool for Enhancing Accuracy and Efficiency of Human Simulations in Digital Production Planning. In: V.G. Duffy (Ed.), *Digital Human Modeling, HCII 2011, LNCS 6777* (pp. 272–281). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Fritzsche, L., Wegge, J., Schmauder, M., Kliegel, M. & Schmidt, K.-H. (2014). Good ergonomics and team diversity reduce absenteeism and errors in car manufacturing. *Ergonomics*, 57 (2), 148–161.
- Min, J. und Chai, J. (2012) Motion Graphs++: A Compact Generative Model for Semantic Motion Analysis and Synthesis. In *ACM Transactions on Graphics*, 31(6)
- Schaub, K. G., Mühlstedt, J., Illmann, B., Bauer, S., Fritzsche, L., Wagner, T., Bullinger-Hoffmann, A. C., Bruder, R. (2012). Ergonomic assessment of automotive assembly tasks with digital human modelling and the 'ergonomics assessment worksheet' (EAWS). *International Journal of Human Factors Modelling and Simulation*, 3, 398-426.
- Wojcik, R. und Hoard, J. (1997) Controlled Languages in Industry. In R. Cole, J. Mariani, H. Uszkoreit, G. Varile, A. Zaenen, A. Zampolli et al. (eds.), *Survey of the State of the Art in Human Language Technology*, (pp. 238-239). Cambridge: Cambridge University Press.