



MORPHA: Intelligente anthropomorphe Assistenzsysteme – Die Interaktion zwischen Mensch und mobilen Assistenzsystemen als grundlegende Variante der Mensch-Technik-Interaktion

MORPHA: Intelligent Anthropomorphous Assistant Systems as a Basic Variant of Man-Machine-Interaction

Klaus Lay, EAI-Delta GmbH, Fellbach

Moderne technische Assistenzsysteme werden sich in naher Zukunft weniger durch hochgradige Spezialisierung auf klar abgegrenzte Anwendungen auszeichnen, sondern durch ausgeprägte Fähigkeiten zur flexiblen Interaktion, Koordination und Kooperation mit dem Menschen. Diese Ausrichtung auf den Menschen, die sich auch durch die Nutzung der menschlichen Kommunikationskanäle Sprache, Gestik und Haptik manifestiert, sowie ein extrem hoher Autonomiegrad, ermöglicht durch hochentwickelte Belehrungs- und Lernfähigkeiten dieser Systeme, sind Kennzeichen dieser neuen Generationen intelligenter Roboter. Anhand von typischen Einsatzszenarien aus dem Bereich industrieller Fertigung einerseits und Haus- oder Heimumgebung andererseits werden Problemstellungen identifiziert, Lösungsansätze aufgezeigt und die technisch-wissenschaftlichen Herausforderungen erläutert.

In the near future, modern technical assistant systems will not distinguish themselves by high-grade specialisation on clearly defined applications, but by strongly developed abilities for flexible interaction, coordination and cooperation with humans. This orientation towards the human, that is manifested also by the use of the human communication channels speech, gestures and haptics, as well as an extremely high degree of autonomy, enabled by highly developed teachability and learning capabilities of these systems, are characteristics of these new generations of intelligent robots. Based on typical application scenarios in the area of industrial manufacturing on one hand and in domestic and hospital environments on the other problems are identified, solution approaches are pointed out and the technical and scientific challenges are illustrated.

1 Die Grundidee anthropomorpher Assistenzsysteme

Die Leitidee des im folgenden vorgestellten Vorhabens MORPHA ist es, intelligente Serviceroboter in unterschiedlichen Anwendungsbereichen mit leistungsstarken Kommunikations-, Interaktions- und Verhaltensmechanismen auszustatten, die diese Systeme befähigen, mit dem menschlichen Benutzer unter dessen Anleitung und Kontrolle zu kooperieren und ihm zu assistieren. Es handelt sich um ein Pro-

jektvorhaben im Rahmen der BMBF-Leitprojektaus-schreibung „Mensch-Technik-Interaktion in der Wissensgesellschaft“ mit einer Laufzeit von 3 Jahren.

Die in dem Projekt untersuchten mechatronischen Systeme orientieren sich an der menschlichen Gestalt ebenso wie an den menschlichen Sinnen. Der Begriff anthropomorph ist also weiter gefasst als im üblichen Sprachgebrauch und soll als menschenähnlich im weitesten Sinne verstanden werden. Menschenähnlich und an den menschlichen Sinnen orientiert soll die Kommunikation beispielsweise über Gesten ein zen-

traler Punkt des Vorhabens sein. Diese multimodale Form der Kommunikation soll die Kontrolle und Interaktion, aber auch die Belehrung und Programmierung der Assistenzsysteme erleichtern. Ein weiterer Sinn, der in die Interaktion zwischen Mensch und Maschine mit einbezogen werden soll, ist das Fühlen über haptische Ein- und Ausgaben, also das Wahrnehmen und Reagieren auf Kräfte. Auf das menschliche Bewegungsverhalten abgestimmt soll schließlich auch die Bewegungsführung des Assistenzsystems sein. Mensch und Maschine teilen sich damit denselben Arbeits- und Lebensraum.

Die an dem Vorhaben beteiligten Unternehmen und Forschungsgruppen haben das erklärte Ziel, die in dem Vorhaben erarbeiteten Ergebnisse zügig in neue Produkte und Produktfamilien umzusetzen. Diese Produkte zielen zum einen direkt auf die Verbesserung der Mensch-Maschine-Interaktion, angefangen von neuen Programmier- und Bedienkonsolen über Personenerkennungssysteme und intelligente Raumüberwachungssysteme bis hin zu intelligenten, an menschlichen Sinnen orientierten Steuerungen für unterschiedlichste mechatronische Systeme. Zum anderen soll aber über die Entwicklung und Bereitstellung von anthropomorphen, intuitiven Benutzer- und Programmierschnittstellen auch der Weg geebnet werden für neuartige Assistenzsysteme in der Produktion, im Bereich Haushalt und in der Pflege. Montagehilfen, Mobilitätshilfen, Reinigungshilfen oder ein mechatronischer Assistent für Handreichungen sind Beispiele für solche neuen Produkte und Produktfamilien.

Ausgehend von dem gegenwärtigen Stand sowohl in der industriellen Produktionstechnik wie auch in der Kommunikations- und Datentechnik kann festgestellt werden, dass die Funktion der Maschinen weitgehend optimiert wurde und den mit ihnen kooperierenden Menschen der Zwang zur Anpassung auferlegt wird. So findet Produktion in Fabrikhallen und an Transportbändern statt und Rechneroberflächen erfordern speziell geschultes Personal. Die ergonomischen Bemühungen mindern im besten Fall die physiologischen Überbeanspruchungen dieser Entwicklung.

Eine besser gestaltete Mensch-Maschine-Interaktion könnte in mehreren Bereichen sehr wirksam sein. Beispiele sind:

1. Die Verringerung körperlicher und mentaler Belastungen der Menschen.
2. Produktionsmethoden unter weniger einschränkenden Bedingungen.
3. Erhöhung der Arbeitsleistung.
4. Partielle Selbstüberwachung technischer Anlagen.
5. Flexiblerer Einsatz von Maschinen.
6. Verbesserte Möglichkeiten der Ferndiagnose.

Die genannten Beispiele würden die Kosten der Gesamtprozesse reduzieren; ihnen ist gemeinsam, dass

sie auf Seiten der „Maschinen“ eine „Basisintelligenz“ voraussetzen. Erst dadurch ist eine effiziente Kooperation möglich. Diese Eigenschaft der auf die Benutzer angepassten Kooperationsmöglichkeiten könnte neben der Produktion zahlreiche Service-Aufgaben erschließen und es erlauben, Vorteile technischer Systeme wie z. B. deren Präzision für Handlungen nutzbar zu machen. Die Zielrichtung ist somit eine verbesserte Ressourcennutzung.

Es wird davon ausgegangen, dass die zu entwickelnden Systeme nicht autonom, sondern durch den Menschen geführt sind und ihre Fähigkeiten im Kontext definierter Aufgaben nutzen können. Bezüglich des Anwendungsspektrums ergeben sich zwei Bereiche:

- Die durch Datenverarbeitung und Mechatronik gestützte Interaktion von Menschen mit Maschinen.
- Die Konvertierung der ständig wachsenden Datenmengen in aufgabenbezogene Informationen – nicht die Darstellung von Daten.

Die Entwicklungsplattformen sowie wesentliche Komponenten der verschiedenen Assistenzsysteme, an denen die Interaktion mit dem Menschen entwickelt und erprobt werden soll, sind hochflexible Manipulatoren und mobile Plattformen für Serviceanwendungen.

Das Projekt MORPHA ist auf zwei Szenarien ausgelegt:

- Die Funktion eines intelligenten Helfers in Produktionsprozessen.
- Die benutzerfreundliche Programmierung und der Einsatz einer Roboterhilfe im Bereich Pflege und Unterstützung im Haushalt.

Die zu lösenden Aufgaben in den Teilszenarien sind entweder äquivalent oder ergänzen einander. Die Eigenschaften der Systeme sind im konkreten Detail naturgemäß unterschiedlich, bezüglich des Systemkonzeptes weisen sie jedoch folgende Gemeinsamkeiten auf:

1. Ein Sensorsystem ist in der Lage, eine Szene zu erfassen und im Sinne einer Aufgabe zu deuten.
2. Ein Aktuatorssystem (z. B. Roboter-Arm) ist fähig, vom menschlichen Partner nutzbare mechanische „Leistungen“ zu erbringen.
3. Die „Kommunikationsbandbreite“ zwischen Mensch und Maschine ist groß, sie enthält visuelle, gestische und sprachliche Elemente.
4. Die Kommunikation dient der Handlungsführung durch den Menschen und der schnellen Belehrung des maschinellen Partners mit dem Ziel, möglichst viele Teilaufgaben dem technischen System zuzuordnen.
5. Die Belehrung enthält – über den heutigen Stand hinaus – das Element der Generalisierung des erworbenen Wissens.

Derartige Systeme sind gegenwärtig nicht verfügbar, aber die Realisierung erscheint dem Konsortium möglich. In Japan wird im Vergleich hierzu intensiv an humanoiden Robotersystemen gearbeitet, die neben



den oben genannten Funktionen auch noch eine menschenähnliche Gestalt aufweisen. Ein Beispiel hierzu stellen die humanoiden Roboter von HONDA dar.

Gegenüber dem momentanen Kenntnisstand enthält das Projekt wichtige Neu- und Weiterentwicklungen, die den wissenschaftlichen Kern des Projektes charakterisieren. Dazu gehören die folgenden Aufgaben:

1. Entwicklung einer aufgabenabhängigen dynamischen Szenenanalyse im visuellen Bereich.
2. Realisierung der dynamischen Steuerung eines antropomorphen Arms.
3. Entwicklung einer multimodalen Belehrungsstrategie, die aus einem oder wenigen Beispielen eine aufgabenabhängige Generalisierung erlaubt.
4. Die strukturabhängige Codierung von Gestik und Sprache in unterschiedlichen Situationen.
5. Entwicklung einer Kommunikationsstruktur, die die Kommunikationselemente aufgabenabhängig für Teile des Systems auf unterschiedlichem Abstraktionsniveau adäquat kodiert.
6. Realisierung einer „Beobachterstruktur“ im System, die die Selbstkalibrierung der Funktionsüberwachung erlaubt.
7. Verbesserung manipulativer Fähigkeiten des Menschen bei hohen Präzisionsanforderungen.

Das skizzierte System repräsentiert somit eine Struktur, auf der Intelligenz einer Maschine erprobt werden kann. Sie enthält die Möglichkeit zur Deduktion und Induktion und die Fähigkeit, einfache Probleme mehrfach zu dekomponieren. Ergänzt um die Fähigkeit der optimierenden Auswahl von aufgabenabhängigen Lösungen unter Randbedingungen erfüllt sie die Bedingungen, die an basales „intelligentes“ Verhalten gestellt werden müssen, nämlich unter variablen Randbedingungen autonom ein günstiges Verhalten zu organisieren. Diese Aufgabe ist zunächst nicht Gegenstand des Vorhabens, aber eine Option für eine Weiterentwicklung. Sofern eine Applikation Elemente dieser Eigenschaft fordert, sind allerdings Entwicklungen zu erwägen.

2 Wissenschaftliche und technische Arbeitsziele

Ein wesentliches Teilziel von MORPHA besteht in der Arbeitsteilung zwischen einer autonom oder teilautonom agierenden Maschine und einem Menschen und der dadurch bedingten Kooperation und Interaktion. Diese Kooperation und Interaktion manifestiert sich nicht nur im Dialog zwischen Mensch und Maschine, sondern auch in der autonomen oder teilautonomen Ausübung von Kräften durch die Maschine auf den gemeinsamen Arbeitsraum oder gar auf den Menschen. Der Mensch ist also nicht nur Adressat von Information, sondern möglicherweise auch das Ziel physikalischer Kräfte. Dieser Aspekt verleiht der Mensch-

Technik-Interaktion eine eigene Qualität. Insbesondere involviert die Interaktion zwischen einem Mensch und einer Maschine, die in der Lage ist, sich selbstständig zu bewegen und ihre bzw. seine Umgebung physikalisch zu verändern, nicht nur Wahrnehmung und Kommunikation, sondern auch die Planung und Koordination sowohl von wechselseitigen als auch von gemeinsamen Bewegungen und Handlungen.

Im folgenden werden die zentralen wissenschaftlichen Fragestellungen skizziert, die die Interaktion und das Zusammenwirken von Mensch und Maschine in Form eines autonomen bzw. teilautonomen Roboterassistenten aufwerfen.

2.1 Zwei Szenarien für eine Kooperation und Interaktion zwischen Mensch und intelligentem Roboterassistenten

Das arbeitsteilige Zusammenwirken zwischen Mensch und Maschine und die dabei auftretenden Fragestellungen hinsichtlich Kommunikations-, Interaktions- und Koordinationsmechanismen sollen anhand zweier Szenarien untersucht werden.

2.1.2 Interaktives Assistenzsystem in der Fertigung

Eine neue Qualität in der Verbesserung von Produktionsprozessen hinsichtlich Produktivitätssteigerung und Humanisierung von Arbeitsplätzen kann durch mobile Assistenz-Systeme (*Produktionsassistenten*) erzielt werden, die Aufgaben in Interaktion mit dem Menschen erledigen, d. h. den Menschen nicht ersetzen, sondern ihn unterstützen. Der Mensch übernimmt Kommandierungs-, Überwachungs- und Belehrungsfunktionen. Er wird in Fällen, in denen die Maschine nicht weiter weiß, zur Führung und weiteren Belehrung eingreifen, und ist Partner im arbeitsteiligen Fertigungsprozess.

In einem künftigen Produktionsszenario wird der Produktionsassistent den Menschen bei Handlager-, Transport- und Inspektionsaufgaben in einer typischen komplexen Fertigungsumgebung mit Werkzeugmaschinen, Förderbändern, Lagern, usw. unterstützen. Eine typische Aufgabe hier ist der Griff in die Kiste für unsortierte Teile und deren Transport zu einer Werkzeugmaschine, zu einem Montagearbeitsplatz oder zu einem Inspektionsplatz.

Um eine derartige Aufgabe in der sich oft ändernden Fabrikumgebung, bei variablen Positionen von verschiedenen Transportkisten, bei Werkstücken mit unterschiedlicher Gestalt und Gewicht in beliebigen unsortierten Lagen in der Transportkiste und für unterschiedliche Werkzeugmaschinen bzw. Zielobjekte bewerkstelligen zu können, ist ein Höchstmaß an Flexibilität erforderlich. Diese Flexibilität kann nur durch die *Belehrung der Maschine in Interaktion mit dem Menschen* erzielt werden, indem der Mensch

- dem Produktionsassistenten die Fertigungsumgebung durch Herumführen und Benennung ausgezeichneter Plätze zeigt, und die Maschine damit ein Modell der Umgebung als Basis für die freie, zielgerichtete Navigation für Transportaufgaben lernt,
- dem Produktionsassistenten Objekte wie Transportkisten, Werkstücke und Werkzeugmaschinen zeigt und benennt, und die Maschine damit eine Repräsentation dieser Objekte lernt,
- dem Produktionsassistenten Bewegungen im sensorischen Kontext, z. B. zum Andocken an Transportkisten und zum Greifen von Teilen vormacht, und die Maschine damit sensomotorische Fähigkeiten (Skills) lernt,
- komplexe Operationsfolgen vormacht, und die Maschine damit Handlungspläne erlernt,
- der Maschine das Lernen der Kooperation beibringt, damit die Maschine die Intentionen des Menschen erkennen bzw. schätzen kann und diese in ihre Planungen und Handlungen mit einbezieht.

Diese interaktive, intuitive Belehrung der Maschine durch Zeigen und Vormachen für Funktionen wie Mobilität und Manipulation bildet die Basis für intelligentes Verhalten des Produktionsassistenten. Diese Belehrung muss sowohl vor dem Betrieb als auch während des Betriebs (inkrementelles Lernen) möglich sein. Die Lösungsansätze dieser Belehrungen können hier durchaus unterschiedlich sein.

Zeigen von Objekten kann erfolgen

- auf der Basis der Sensorinformation, die die Maschine bereits hat (z. B. vorverarbeitete Bilder auf dem Bildschirm mittels Maus),
- mittels Laser-Pointer auf dem realen Objekt mit Erkennung, sowie
- durch Gestik-Erkennung (Zeigen mit Finger oder Zeigestock auf das reale Objekt).

Vormachen von Bewegungen und Operationsfolgen kann erfolgen durch

- einfache Steuerung der Maschine mit Tastatur, Maus, Joystick,
- direkten physischen Kontakt, d. h. Anfassen und kraftgekoppelte Führung der mobilen Plattform, eines Armes und eines Greifers,
- indirekten physischen Kontakt mittels kraftreflektierenden Eingabegeräten, sowie
- visuelle Beobachtung, Analyse, Interpretation (Gestik-Erkennung) und Imitation menschlicher Bewegungen.

Die technisch-wissenschaftliche Herausforderung besteht hier in der Entwicklung von Verfahren, die ein robustes Verhalten in einer Fertigungsumgebung zeigen (betrifft 3D-bildgebende Sensorik/Erkennung) und den zeitlichen Aufwand der Belehrung auf ein Mindestmaß reduzieren (betrifft Lernverfahren, One-Shot-Learning).

Mensch und Maschine teilen sich dynamisch den Arbeitsraum, der Mensch kommandiert und überwacht

die Maschine und greift ein, wenn die Maschine „nicht weiter weiß“, d. h. für die aktuelle Situation keine erfolgreiche Aktion gelernt hat. Hierzu muss der Produktionsassistent menschenangepasstes, situationsabhängiges Verhalten zeigen wie

- Ausweichen auf Sicherheitsdistanz

Das Annähern eines Menschen führt (kontextabhängig) zum Zurückweichen der Maschine (unter Berücksichtigung der Vermeidung von Kollisionen mit anderen Objekten in der Fertigungsumgebung), z. B. gibt eine mobile Plattform Weg frei für den Menschen, der an eine Werkzeugmaschine will, oder der Roboterarm weicht zurück, wenn der Mensch ein Werkstück greifen will.

Funktionen: Sichere Erkennung des Menschen, Analyse seiner Bewegungen, Schätzung seiner Intentionen.

- Annähern und Folgen

Der Produktionsassistent nähert sich auf Kommando dem Menschen, um ihm z. B. ein Werkstück zu reichen oder er folgt dem Menschen, um ihm z. B. ein Werkstück hinterher zu tragen.

Funktionen: Sichere Erkennung des Menschen, Analyse seiner Bewegungen, Schätzung seiner Intentionen.

- Sichere und zielstrebige Bewegung unter Menschen/Menschengruppen

Zügige Bewegung einer mobilen Plattform auch unter Menschengruppen in einer Fabrik bei sicherer Kollisionsvermeidung.

Funktionen: Sichere Erkennung des Menschen, Erkennung von Menschengruppen, ggf. leicht offensives Verhalten zur Erzielung zügiger Bewegungen.

- Anfassen und Führen

Anfassen und Führen von mobiler Plattform oder Manipulator, sowie Führung koordinierter Plattform-/Armbewegungen, z. B. Führen des Produktionsassistenten zur Transportkiste, Führen des Arms zu einem Werkstück, Greifen.

Funktionen: Bewegungskoordination mit kraftgekoppeltem Führen, Nachgiebigkeitsregelung, Softrobotik, künstliche Haut.

- Interaktives Greifen

Ein vollautonomes Greifen beliebiger Werkstücke ist oft nicht machbar (z. B. für unsortierte Teile). Zielsetzung ist ein „Intelligentes Hebewerkzeug“ mit interaktiven Funktionen wie *Zeigen von Werkstücken* (Mensch kann zu greifende, unsortierte Werkstücke auswählen und der Maschine zeigen), *Zeigen von Greifpunkten* (Mensch kann der Maschine erfolgversprechende Greifpunkte zeigen) und *Greifbewegungen vormachen*.

Funktionen: Visuelle Kommandierung.

- Gemeinsame Handhabung/Gemeinsamer Transport von Objekten

Produktionsassistent als Kraftverstärker: Tragen eines Werkstücks durch mobilen Manipulator, Führen des



Werkstücks durch den Menschen oder Reichen und Übergabe von Werkstücken von/zu Mensch/Produktionsassistent.

Funktionen: Bewegungskoordination mit kraftgekoppelem Führen, Nachgiebigkeits- bzw. Nullkraft-Regelung.

2.1.2 Interaktion mit einem Roboterassistent im Haus- oder Heimbereich

Ein herausragendes Aktionsfeld der nächsten Jahre und Jahrzehnte wird die Umsetzung des Grundsatzes „häusliche Pflege vor stationärer Pflege“ sein, wie sie bereits im Rahmen des Pflegegesetzes angedacht wurde. Viele Faktoren sprechen gerade im häuslichen Bereich Unterstützungs- und Pflegebedürftiger für den Einsatz intelligenter technischer anthropomorpher Assistenzsysteme:

- der Wunsch nach Unabhängigkeit und Selbständigkeit
- gesundheitliche Probleme und reduziertes Selbstvertrauen
- zahlreiche Einpersonenhaushalte
- Aufwertung des Pflegeberufs durch Konzentration z. B. auf pflegerische, beratende und mobilisierende Tätigkeiten.

Technische Systeme bieten Unterstützung im Ablauf des täglichen Lebens sowie Anleitung zur Eigeninitiative. Hieraus ergeben sich für einen Assistent im Haus- oder Heimbereich folgende Funktionen:

Kommunikation und soziale Integration

- Kommunikation mit medizinischen und öffentlichen Einrichtungen (Telemedizin, Ärzte, Behörden, etc.),
- automatischer Notruf,
- persönliche Kontakte,
- Medienmanagement (Bild-Telefon, Fernseher, Musikanlagen, interaktive Medien etc.),
- Stimme als natürliche und intuitive Bedienschnittstelle,
- Multimedia Touch-Screen als zusätzliche Schnittstelle.

Haustechnik-Management (Infrastruktur)

- Steuerung der häuslichen Infrastruktur wie Heizung, Klimaanlage, Licht, Fenster, Haustür, Alarmanlage etc.

Persönliche Versorgung

- Bereitstellen und Servieren von Nahrungsmitteln, warmen Mahlzeiten und Getränken,
- Ausführen einfacher Aufgaben im Haushalt – wie Blumengießen, Wegräumen von Gegenständen, etc.

Handhabungshilfen/Holen und Tragen

- Bringen von Gegenständen wie Bücher, Fernbedienung, Arznei, etc.
- Unterstützung beim Greifen, Heben und Halten von Gegenständen und Geräten – wie Mobilitätsunterstützung

Führen und Stützen

- Hilfe beim Aufstehen aus dem Bett oder vom Stuhl, intelligente Steh- und Gehhilfe, z. B. Stützen auf dem Weg zum Badezimmer

Management privater organisatorischer Belange

- Day-Time-Manager (Tagesablauf, Medikamenteneinnahme, Agenda usw.).

Haushaltsaufgaben

- Zubereiten und Servieren (z. B. Mikrowelle, Herd),
- Servieren von Getränken,
- Einfache Reinigungsaufgaben etc.

Persönliche Sicherheit

- Überwachung der persönlichen Sicherheit,
- Überwachung der Vitalfunktionen (Puls, Atmung, Blutdruck, Körpertemperatur, etc.),
- Überwachung des mentalen Zustandes (Verhalten, Aktivitäten, Reaktionsvermögen, etc.),
- Gesundheitsfürsorge (Informationsbereitstellung, Erteilung von Ratschlägen, Motivationsgebung),
- Erkennung von kritischen/fehlenden Lebenszeichen oder anormalen Tagesabläufen,
- Alarmfunktionen in Form von automatischen Rufsystemen, um Nachbarn, lokale Einrichtungen und/oder Behörden im Notfall benachrichtigen zu können (Überprüfung, Weckrufe, Notrufe),
- Erkennung von möglichen Gefahren (Rauchentwicklung, Wasser, Gas, Einbruch).

Dieser Assistent im Haus- oder Heimbereich wird überwiegend in bestehenden Umgebungen mit geringen technischen Modifikationen eingesetzt und soll von ungeschulten, eventuell sogar behinderten Personen bedient oder benutzt werden können. Dabei steht der unmittelbare Kontakt zum Menschen sowie die Forderung nach situationsgerechter Reaktion und Lernfähigkeit des Systems im Mittelpunkt.

Visionen gehen davon aus, solche Systeme als Massenprodukte in unserem täglichen Umfeld (Haushalt) zu nutzen. Dieses System mit multimedialer Schnittstelle, Handhabungsarm und Greifer erfüllt alle Anforderungen an ein technologisch und wirtschaftlich anspruchsvolles Massenprodukt.

Ähnlich wie beim Produktionsassistent ist ein Höchstmaß an Flexibilität der Ausführung unterschiedlichster Aufgaben in teilweise unbekannter Umgebung bei einem Höchstmaß an Bedienkomfort und Sicherheit gefordert. Die sich durch dieses Szenario ergebenden Anforderungen an Funktionalität und Leistungsdaten führen auf die zu bewältigenden und darzustellenden F&E-Aufgaben.

2.2 Belehrung und Adaptivität

Effektive Assistenz erfordert Eigenintelligenz der Maschine. Diese ist nur in beschränktem Maße über vordefinierte Funktionalitäten erreichbar. Wesentlich ist daher die Fähigkeit des Assistenzsystems, auf al-

len Ebenen belehrbar und lernfähig zu sein. Dies umfaßt das Programmieren von Einzelbewegungen, die Anpassung von vordefinierten, generischen Fertigkeiten (Skills) z. B. durch visuelle Kommandierung und schließlich das Belehren von kompletten Handlungsfolgen (Makroskills) zur Ausführung einer Aufgabe.

Im Unterschied zu typischen Lern- und Optimierungsaufgaben im Bereich der Datenanalyse und Prozesssteuerung, die mit statistischen Methoden oder neuronalen Netzen auf der Basis von statistischen Schätzungen bewältigt werden können, ist im Bereich der Belehrung von Manipulationsaufgaben die Nutzung solcher Methoden in der Regel völlig unpraktikabel. Daher sind Verfahren zu entwickeln, die auf der Grundlage von Einzelbeispielen und einfachen Gütekriterien innerhalb ihres beschränkten Aufgabenbereichs weitgehend selbstbelehrend agieren können.

Belehren und Lernen auf verschiedenen Ebenen:

- Programmieren von Bewegungsabläufen durch Vormachen (über kraftgekoppeltes Führen, visuelles Führen, kraftreflektierende Eingabegeräte, Beobachtung)
- visuelle Kommandierung (z. B. durch Referenzierung von Objekten in Bezug auf generische Skills)
- Lehren und Lernen von sensomotorischen Skills (z. B. Greifen)
- Lernen von generischen Handlungen und Handlungsabläufen (Makroskills)

Lernmethodik:

- Ableiten/Erlernen von Gütekriterien für Kommunikationsstruktur/Wissenskodierung
- Integration von Lernverfahren (erklärungs-basierte und induktive Verfahren)
- Unschärfe- und Inkonsistenzbehandlung

Der direkte physische Kontakt stellt die kritischste Form der Interaktion zwischen Mensch und Maschine dar. Bewegungen der Maschine, die in unmittelbarer Nähe des Menschen stattfinden, müssen „weich“ bzw. „nachgiebig“ sein und dürfen abwehrende Kräfte des Menschen nicht übersteigen (*compliance, Softrobotik*). Der Roboterassistent muss beispielsweise bei einer vom Menschen nicht intendierten Annäherung „weggedrückt“ werden können. Eine intuitive und einfache Belehrung und Programmierung der Maschine verlangt nach möglichst anthropomorphen Bewegungsabläufen bei Greifen und Manipulation. Verfahren, die ein solches anthropomorphes Greifen und Manipulieren erlauben, sind erforderlich.

Auch solche Bewegungen von Mensch und Maschine, die keinen direkten physischen Kontakt involvieren, müssen koordiniert und aufeinander abgestimmt werden. Diese Koordination kann vom Kontext abhängig unterschiedliche Formen annehmen. Während die Koordination in der Regel in einer Ausweichoperation besteht, kann es in einem anderen Kontext durchaus wünschenswert sein, dass sich die Maschine dem Menschen annähert oder ihm gar folgt. Im extremen Fall muss die Maschine ihre Bewegung mit mehreren oder gar vielen Menschen (Menschengruppen) koordinieren. Dies erfordert entsprechende echtzeitfähige Wahrnehmungs- und Planungsverfahren.

Die interaktive Handlungsplanung und -ausführung ist die komplexeste Form des physischen Zusammenwirkens zwischen Mensch und Maschine. Dies erfordert, dass beide Agenten aus ihren jeweiligen Wahrnehmungen Rückschlüsse auf die Intentionen und Pläne ihres Gegenüber ziehen können und dass beide Agenten ihr Handeln entweder durch Erklärung und Darstellung ihrer Systemzustände transparent machen. Ersteres ist eng verknüpft mit dem Querschnittsthema „Szenen- und Kontextanalyse und Interpretation“. Letzteres verlangt beispielsweise eine geeignete Visualisierung oder Erklärung von Systemzuständen und -abläufen. Echtzeitfähige Planungsverfahren, die eine Rückkopplung von komplexen Benutzerreaktionen erlauben, sind zu entwickeln.

3 Das Konsortium

Das Konsortium besteht aus 16 Partnern aus Industrie und Forschung. Das Forschungsvorhaben wird geleitet durch das mittelständische Unternehmen EAI-DELTA GmbH, das eine führende Rolle im Bereich Planung und ergonomische Gestaltung von Arbeitssystemen bzw. der Entwicklung geeigneter Planungs- und Simulationswerkzeuge inne hat.



Dr. Klaus Lay ist Geschäftsführer der EAI-DELTA GmbH mit Sitz in Fellbach.
Adresse: EAI-Delta Industrie Informatik GmbH,
Schaflandstraße 2, D-70736 Fellbach
E-Mail: K.Lay@eai-delta.de