Berichte des Forschungsschwerpunkts Ambient Intelligence

Nr. 1

Szenario Human Centered Manufacturing (Man-u-Faktur 2012)

Dipl.-Ing. Jürgen Greifeneder
Dipl.-Ing. Alexander Bödcher
Dipl.-Inf. Markus Trapp
Dipl.-Ing. Oliver Gabel
Dipl.-Inf. Mario Trapp

Szenario Human Centered Manufacturing

– Kurzfassung –

Unter Ambient Intelligence (AmI) wird die Integration verschiedener Technologien zu einer den Menschen umgebenden, (nahezu) unsichtbaren Gesamtheit verstanden. Diese Intelligente Umgebung wird möglich durch die Miniaturisierung hochintegrierter Bauteile (Sensoren, Aktuatoren und Rechnern), deren zunehmende Intelligenz und vor allem deren lokale und globale zunehmend drahtlose Vernetzung.

Unter dem Titel Man-u-Faktur 2012 (man and factoring in 2012) wurde an der Technischen Universität Kaiserslautern im Rahmen des Forschungsschwerpunkts Ambient Intelligence ein Szenario entwickelt, das ein beeindruckendes Gesamtbild einer Technik, die den Menschen in den Mittelpunkt rückt, beschreibt. Man-u-Faktur 2012 steht dabei für ein Weiterdrehen des Rads der Industrialisierung von der heute üblichen variantenreichen, technologiezentrierten Massenfertigung hin zu einer kundenindividuellen, mitarbeiterzentrierten Maßfertigung. Im Speziellen wird hierunter der Aufbau massiv verteiler kunden- aber auch mitarbeiterfreundlicher Produktionsanlagen verstanden, die sich im hochdynamischen Umfeld entsprechend der jeweiligen Gegebenheiten anzupassen wissen. Der Mensch ist überall dort präsent, wo flexibles Arbeiten oder flexible Entscheidungen im Vordergrund stehen.

In diesem Bericht wird der Einfluss von Ambient Intelligence beispielhaft auf die Vision einer Fahrradproduktion in der Man-u-Faktur 2012 angewandt. Aus diesem Szenario werden anschließend sowohl die zu entwickelnden Schlüsseltechnologien als auch die Einflüsse auf Wirtschaft und Gesellschaft abgeleitet.

Scenario Human Centered Manufacturing

– Abstract –

Ambient Intelligence (AmI) is the vision of a Society where the emphasis is on greater user-friendliness, more efficient services support, user-empowerment, and support for human interactions. People are surrounded by intelligent intuitive interfaces that are embedded in all kinds of objects and an environment that is capable of recognising and responding to the presence of different individuals in a seamless, unobtrusive and often invisible way.

An interdisciplinary team from The University of Kaiserslautern (research cluster Ambient Intelligence) developed the scenario Man-u-Faktur 2012, which draws up an awe-inspiring picture of future technology having integrated man into complex production chains. Man-u-Faktur 2012 (man and factoring in 2012) is the idea of bringing man back into the factories by still walking on the trail of industrialization, heading towards a customer oriented production. In fact, that will be the begin of massively distributed customer and worker friendly plants, which will be able to adapt to (nearly) every situation within a highly dynamical process. There will be a huge product range produced in one factory. Respect towards energy and other environmental problems will play an important role. Yet, man should be the center of all actions. He will be present in particular where we need flexible decisions as well as flexible work.

In this report the influence of Ambient Intelligence is focused on the vision of a bicycle production in the Man-u-Faktur 2012. From this scenario the necessary key technologies as well as the impacts on society and economy are derived.

1. Einleitung

Der zunehmende Grad der lokalen aber auch globalen drahtlosen Vernetzung, die zunehmende Miniaturisierung hochintegrierter Bauteile, aber auch der hohe Verbreitungsgrad elektronischer Geräte liefert die Basis für Ambient Intelligence (AmI). Hierbei werden die verschiedensten Technologien zu einer den Menschen umgebenden nahezu unsichtbaren Einheit integriert.

Es ist davon auszugehen, dass die Umsetzung von AmI weitreichende Konsequenzen für alle Bereiche des täglichen Lebens haben wird. An der Technischen Universität Kaiserslautern wurde deshalb der interdisziplinäre Forschungsschwerpunk Ambient Intelligence gegründet. Ziel des Schwerpunktes ist es, die technischen und methodischen Grundlagen im Bereich AmI voranzutreiben und die Anwendbarkeit in ausgewählten Szenarien zu demonstrieren.
Der vorliegende Bericht stellt eines der ersten Ergebnisse dieser Bemühungen dar. Im Rahmen einer von Herrn Greifeneder geleiteten interdisziplinären Arbeitsgruppe wurde ein Szenario entwickelt, dass den Einfluss von AmI auf die Fertigung von Gütern beschreibt. Unter dem Titel Man-u-Faktur 2012 entstand dabei ein beeindruckendes Gesamtbild einer Technik, die den Menschen in den Mittelpunkt rückt.

Man-u-Faktur 2012 steht für ein Weiterdrehen des Rads der Industrialisierung von der heute üblichen variantenreichen, technologiezentrierten Massenfertigung hin zu einer kundenindividuellen, mitarbeiterzentrierten Maßfertigung. Im Speziellen wird hierunter der Aufbau massiv verteilter, kunden- aber auch mitarbeiterfreundlicher Produktionsanlagen verstanden, die sich im hochdynamischen Umfeld entsprechend der jeweiligen Gegebenheiten anzupassen wissen. Hierfür wird es notwendig sein, in einem weiten Feld von Anwendungen neue Wege zu beschreiten.

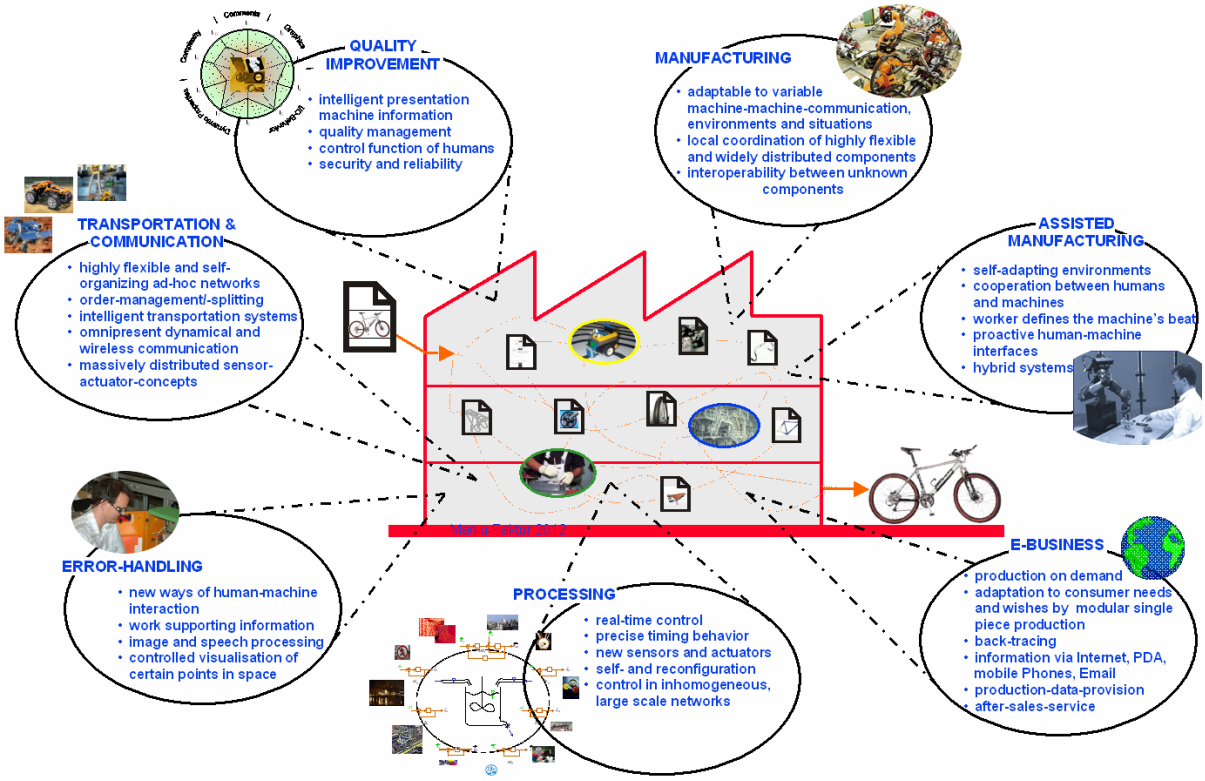
Eingehende, individualisierte Aufträge müssen zunächst derart in Teilaufträge unterteilt werden, dass diese (weitestgehend) unabhängig von einander produziert werden können. Dies erfordert neue Konzepte der Transport- aber auch der Maschinenbelegungstechnik einerseits, als auch universelle Ansätze für die Fertigungsanlagen selbst. Neue Automatisierungslösungen, die in Abhängigkeit von Informationsverfügbarkeit, Komplexität und Situation dynamisch rekonfigurabel sind, werden hierfür ebenso erforderlich sein, wie Konzepte zur Bewältigung der anfallenden Kommunikations- und Regelungsaufgaben über weit verteilte Netzwerke. Insgesamt soll jedoch der Mensch im Mittelpunkt allen Strebens stehen. Er ist es, dessen Arbeitsumfeld so adaptiv aber auch angenehm als möglich gestaltet werden soll. Er ist es, dem durch eine Vielzahl von elektronischen, optischen und audiographischen Hilfsmitteln die Arbeit so passend auf die Person als möglich ausgelegt werden soll.

Ist der Mensch aus der heutigen Fabrik schon fast verdrängt, spielt er in der Man-u-Faktur 2012 die zentrale Rolle. Nicht die Maschine ist es, die den Takt angibt, sondern das Individuum. Der Mensch ist überall dort präsent, wo flexibles Arbeiten oder flexible Entscheidungen im Vordergrund stehen. Die Technik soll dem Menschen assistieren. Nicht mehr lange Transportbänder sind es, die die Man-u-Faktur 2012 prägen, sondern hoch dynamische, sich ständig umorganisierende Produktionsinseln variabler Anzahl. Eine Herausforderung an den Ingenieur zur Gestaltung der Zukunft.

Im folgenden Kapitel wird der Einfluss von Ambient Intelligence beispielhaft an der Vision einer Fahrradproduktion in der Man-u-Faktur 2012 aufgezeigt. Aufgrund dieses Szenarios werden in Kapitel 3 kurz die damit verbundenen sozialen und ökonomischen Implikationen beleuchtet und anschließend (Kapitel 4) die hierfür zu entwickelnden Schlüsseltechnologien abgeleitet.

2. AmI-Industrie Szenario „Man-u-Faktur 2012“

2.1 Kundenorientierte Fahrradproduktion

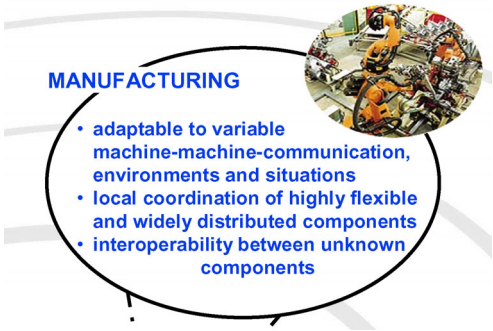


2.2 E-Business (1)

Sommer 2012, Herr Wagner betritt am Nachmittag gegen 14:30 Uhr einen Fahrradladen in der Ulmer Straße um sich ein sportliches Tourenrad zu kaufen. Der Verkäufer zeigt ihm einige Demonstrationsräder im Geschäft und führt Herrn Wagner dann zum Simulator, den er entsprechend den von Herrn Wagner geäußerten Wünschen vorkonfiguriert. Menügeführt kann Herr Wagner, der inzwischen im Simulator Platz genommen hat, alle Details seines zukünftigen Fahrrades einstellen. Neben einer groben Preisklasse wählt er eine Farbe und die grobe Rahmenbauform aus. Gleichzeitig werden im Simulator der Körperbau und die Bewegungsabläufe beim Fahrrad fahren einerseits, als auch Gewicht und verschiedene Kräfte und Momente automatisch erfasst bzw. vermessen. Das spätere Fahrrad wird so ergonomisch optimal an Herrn Wagners Bedürfnisse angepasst. Auf dem Bildschirm des Simulators erscheinen ausgewählte Bauteile, die das System als optimal eingestuft hat und die allen bisherigen Vorgaben entsprechen. Herr Wagner gibt nun weitere Präferenzen an. Da er einerseits gern holprige Waldwege fährt, andererseits aber auch schnell auf asphaltierten Straßen unterwegs sein möchte, wählt der Simulator eine exakt auf seine Bedürfnisse abgestimmte Kombination von Federelementen und Querverstrebungen, mittelbreite Felgen und ein sehr breites Übersetzungsspektrum. Der Rahmen soll aus Aluminiumquarzoxid hergestellt werden und der Gepäckträger Lasten bis zu 25 kg vertragen. Aus dem Persönlichkeitsprofil wird ermittelt, dass Herr Wagner Linkshänder ist und somit ein speziell instrumentierter Lenker benötigt wird. Als Farbe wird eine olivgrüne Speziallackierung gewählt, die einerseits Herrn Wagners Geschmack entspricht und eine Trendfarbe des Jahres ist. Sie soll andererseits aber auch extrem kratzfest und geländetauglich sein. Nebenher korrespondiert der in Herrn Wagners Uhr eingebaute Ergometer mit dem Simulator und teilt diesem mit, das

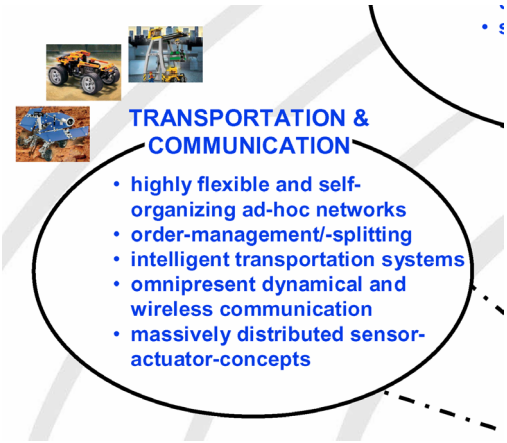
Herr Wagners Blutdruck die 160 mm Hg nicht erreichen sollte. Das Fahrrad wird daraufhin mit der entsprechenden Technik ausgerüstet. Nach der Auswahl letzter Kleinigkeiten wird der komplette Auftrag an die 200 km entfernte Fabrik gesandt, um eine möglichst zeitnahe Auslieferung zu ermöglichen und unnötige Transporte zu vermeiden. Dort wird in den nächsten Stunden ein Fahrrad gebaut werden, dass einerseits Herrn Wagners individuellen Wünschen entspricht und andererseits automatisch auf seine ergonomische Bedürfnisse eingestellt ist. Herr Wagner kann von nun an mit seiner Bestellnummer den aktuellen Fortschritt bei der Produktion seines Fahrrads verfolgen und wird automatisch über wichtige Meilensteine (Auftragsbeginn, Endmontage, Auslieferung, etc.) informiert.

2.3 Manufacturing



In der Fahrrad-Fabrik angekommen, wird Herrn Wagners Auftrag zunächst in mehrere Teilaufträge zerlegt. Diese durchlaufen von nun an eigenständig und mit der Fähigkeit zum verteilten Computing ausgestattet die von ihnen benötigten Fertigungsstätten. Während es sich bei den ausgewählten Felgen um Kleinserienteile handelt, deren Verfügbarkeit lediglich überprüft werden muss, müssen Rahmen und Gabel, Sattel und Lenker sowie Gepäckträger und Schaltsystem speziell für Herrn Wagner gefertigt werden. Jedem Produktionsauftrag wird ein Rohwerkstück zugeordnet. Im Falle des Sattels ist dies ein Plastikkörper, der in die spätere Sattelform gezogen werden soll und zudem einige Nuten und Bohrungen benötigt. Nachdem das Sattelrohteil in seine Form gezogen wurde, fragt der zugehörige Produktionsauftrag bei zwei verschiedenen Maschinen an, die entweder Löcher bohren oder Nuten fräsen können. Da das Bohrwerkzeug gerade einen größeren Auftrag bearbeitet, begibt sich der Sattelauftrag zunächst zum Nuten fräsen lassen, bevor er in die Warteschlange der Bohrmaschine fährt.

Größere Teile, wie z.B. der Rahmen werden zwischen den Arbeitsschritten von autonomen Transportsystemen befördert. Diese haben universelle Aufnahmevorrichtungen, um einen großen Teil der zu transportierenden Werkstücke abzudecken und können sich nahezu frei in der Produktionsumgebung bewegen. Auf Anfrage des jeweiligen Produktionsauftrages werden die kürzesten Transportwege berechnet und ein geeignetes Transportfahrzeug ausgewählt. Dieses navigiert autonom und unter der Berücksichtigung von Hindernissen auf dem schnellstmöglichen Weg zur nächsten Arbeitsstation. Ist ein optimales Transportfahrzeug momentan nicht verfügbar, so werden automatisch sub-optimale Möglichkeiten untersucht, das Werkstück dennoch zügig zu transportieren (z.B. Verwendung mehrerer kleiner statt eines großen Transporters).

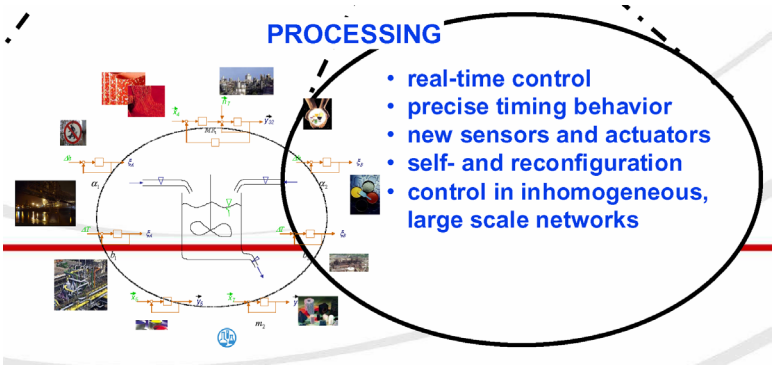


Während das Rahmenrohteil zur Lackierstation -- die die spezielle Farbe aufbringen soll -- fährt, wird ihm der Ausfall eines, für die Mischung der gewünschten Farbe wichtigen Anlagenteils in der benachbarten Lackiererei mitgeteilt. Der Rahmenauftrag fragt daraufhin bei seinen „Kollegen“ an, ob jemand über ein Rohteil verfügt, das mit den in der Lackiererei verfügbaren Mitteln verarbeitet werden könnte und den gleichen Zwischenstand haben wird, wie es das gerade vom anfragenden Auftrag betreute Rohteil bereits hat. Da dies der Fall ist, tauschen die beiden Rahmenaufträge an dieser Stelle ihre Roh-

teile aus, was zur Folge hat, dass unnötige Stillstandzeiten (von Anlage und Rohmaterialen) vermieden werden. Dieser Vorgang wird nun solange wiederholt, bis Herr Wagners Rahmenrohteil entweder lackiert werden kann, oder sich kein geeigneter Tauschpartner mehr findet und das Rohteil insofern darauf warten muss, bis die Maschine wieder funktioniert. Verlässlichkeit und hohe Verfügbarkeit der Anlage sind somit garantiert.

Da es im Bereich der Felgenproduktion momentan leider gewisse Engpässe gibt, wird von der Möglichkeit Gebrauch gemacht, über den vorhandenen virtuellen Fabrikverbund zusätzliche Kapazitäten zu alokieren. Der ermittelten Maschine in der Nachbarstadt werden dabei über eine Siliziumfaserleitung die erforderlichen Algorithmen übermittelt, wobei sowohl die Übertragungs- als auch die Produktionssicherheit und -zuverlässigkeit zu jedem Zeitpunkt durch spezielle Algorithmen zur dynamischen Integration und Konfiguration neuer Anlagenteile gewahrt sind.

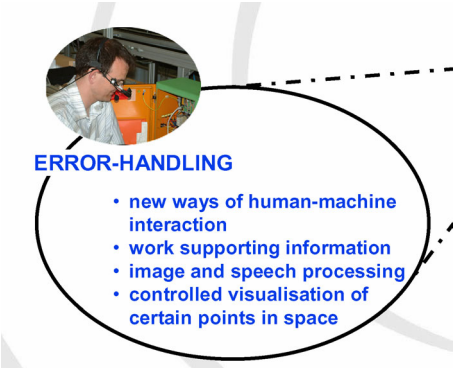
2.4 Process Industry



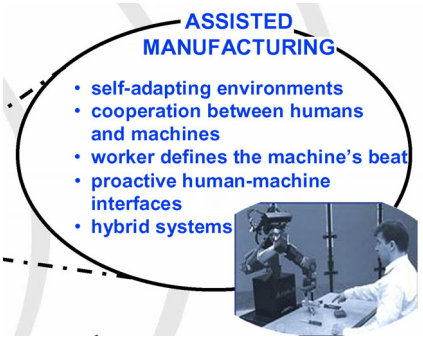
In der Mischanlage für die Farben wird die Menge einer Zutat primär über die Zeit geregelt. Außerdem wird das Gewicht im Behälter gemessen. Als weitere Möglichkeit stehen Durchflusssensoren zur Verfügung. Gleichzeitig sind die Behälter mit Füllstandssensoren nach dem Ultraschallprinzip ausgestattet. Fällt nun die Zeit-basierte Regelung aus, so kann der Füllstand auch über die einzelnen Durchflusssensoren oder mittels Ultraschall bestimmt werden. Sobald ein intelligenter Sensor erkennt, dass der Füllstand eines Mischbehälters deutlich unter einen Normalwert fällt informiert er den lokalen Prozessteuerungsagenten darüber, welcher weitere Messwerte von anderen verteilten Sensoren anfordert und verarbeitet, um so auf mögliche Fehlfunktionen schließen, bzw. die geeigneten Maßnahmen einleiten zu können. Kann ein ausfallender Sensor nicht durch einen gleichwertigen ersetzt werden, rekonfiguriert sich die Anlage dahingehend selbständig, dass die Produktion auch mit Hilfe von indirekten Messergebnissen fortgesetzt werden kann.

Bei der Speziallackierung wird anstelle einer flüssigen Lackkomponente eine Wachs-Metallgrundierung verwendet, bei der die Durchflusssensoren verfälschte Ergebnisse liefern. Auch die Zeitmessung liefert verfälschte Werte, wobei eine Umkonfiguration (die in diesem Fall nur für Herrn Wagners Fahrradlack benötigt würde) zu aufwendig wäre. Unter Verwendung des Ultraschallsensors kann jedoch die Füllmenge und damit mittels Gewichtsanalyse auch die Zusammensetzung ermittelt werden. Der Regleragent erkennt, dass eine Umschaltung auf einen anspruchsvolleren Reglermodus sinnvoll ist und leitet die hierfür notwendigen Schritte ein. Nebenher überprüft ein Umweltagent ständig, ob der derzeit von der Anlage gefahrene Prozess in Bezug auf die momentanen Energieeinkaufs- und Entsorgungspreise sinnvoll ist, oder ob eine andere Variante bevorzugt werden sollte. Diese Varianten werden in jeder Situation dynamisch neu ermittelt, da es aufgrund der äußerst vielfältigen Produktpalette nicht möglich ist, alle theoretisch denkbaren Situationen vorab durchzurechnen. Dies gilt insbesondere auch für die Fertigungsplanung selbst.

2.5 Maintenance



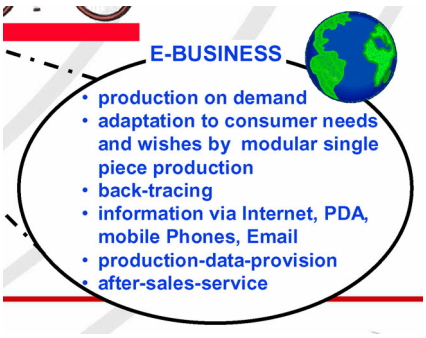
Parallel zu alledem leitet ein trouble-shooting-Agent aus den Messwerten der verschiedenen Sensoren ab, dass sich ein kritischer Zustand der Anlage anbahnen könnte. Er informiert den zuständigen Überwachungsagenten in der Leitzentrale, der daraufhin in einer Wissensdatenbank nach vergleichbaren Fällen und möglichen Lösungs-Möglichkeiten sucht. Außerdem aktiviert er sicherheitshalber den Störungsagenten, damit dieser im Hintergrund bereits Notfallmaßnahmen zusammenstellen kann. Dann informiert er pflichtgemäß den diensthabenden Mitarbeiter über das Problem und die ersten Analysen, welche darauf schließen lassen, dass es sich um ein defektes Zulaufventil handelt. Auf einer speziellen interaktiven Wand erscheint ein Avatar, der den Leitwarten-Ingenieur über den Störfall informiert und den Ort der Störung als dreidimensionales Abbild der Anlage einblendet. Per Gestiksteuerung kann der Mitarbeiter bestimmte Aktionen auslösen, wie z.B. das Bild rotieren oder den genauen Ort der Störung hervorzuheben. Während er dies tut, werden ihm darüber hinaus verschiedene Fehlerlösungsstrategien eingeblendet. Der Mitarbeiter entscheidet, einen Kollegen aus der Instandhaltungsabteilung zu informieren und ermittelt mittels eines speziellen Ortungssystems, dass sich derzeit zwei geeignete Mitarbeiter in der Nähe der Störungsstelle befinden. Das Workpad eines der beiden Mitarbeiter ist auf Empfang gestellt, was bedeutet, dass er zurzeit keine dringenden Aufgaben ausführt. Über Echtzeit Video Messaging informiert der Leitwarten-Ingenieur ihn nun über das Problem. Darüber hinaus werden ihm umgehend alle wichtigen Informationen auf sein Workpad und einen nahe gelegenen Bildschirm eingeblendet. Ein Indoor-Positioning-System leitet den Instandhalter mit Hilfe eines See-Through-Displays zum betroffenen Anlagenteil. Alle eintreffenden das gestörte Anlagenteil betreffenden Informationen werden ihm währenddessen durch das allseits verfügbare drahtlose Kommunikationsnetzwerk direkt zur Ansicht gestellt. Nach wenigen Minuten steht der Mitarbeiter vor dem Anlagenteil, der das schadhafte Ventil enthält. Zum Betreten dieses Anlagenteils müssen verschiedene Sicherheitsmechanismen entriegelt werden. Da die Anlage im Störbetrieb ist und der Sender im Werksausweis des Technikers anzeigt, dass er befugt ist, die Reparaturarbeiten zu erledigen, schaltet sich der betroffene Anlagenteil in einen Zustand, der das Öffnen von Türen und Deckeln erlaubt. Während der Reparatur führt der Techniker verschiedene Arbeitschritte durch, bei denen er durch leicht verständliche Audio- und Videoelemente unterstützt wird. Eine in seinem Helm integrierte Kamera erfasst ständig die Anlage und führt einen ebenfalls im Helm integrierten Laserpointer jeweils an die Position, an welcher der Techniker z.B. eine Schraube lösen oder ein Kabel befestigen muss. Auf diese Art und Weise wird dem Techniker nicht nur das Lesen komplizierter Pläne erspart, sondern auch gleich eine Rückkopplung an den Techniker erstellt, ob alle Arbeitsschritte korrekt erfolgt sind. Beim schwierigsten Teil der Reparatur tritt der Techniker zusätzlich mit einem Mechaniker des Anlagenbaus in Verbindung, der die Reparaturen interaktiv unterstützt. Hierbei werden dem Anlagenbauer Bilder aus der Kamera geliefert. Mittels eines Stiftes kann er nun den Laserpointer des Technikers vor Ort steuern, oder ihm detaillierte verbale Anweisungen zukommen lassen. Nach der Erledigung aller Reparaturen informiert der Instandhaltungsmitarbeiter den Kollegen in der Leitwarte darüber, dass die Anlage wieder hochgefahren werden kann. Da der entsprechende Mitarbeiter gerade nicht auf seinem Platz ist, wird die Nachricht von einem Leitwarten-Agenten entgegengenommen, der die Anlage daraufhin in einem Sicherheitsmodus hochfährt, welcher noch nicht der vollen Kapazität entspricht. Sobald der Ingenieur wieder auf seinem Platz ist, bestätigt er die Anfahrt der Anlage, welche nun in den Volllastbetrieb gehen kann.



2.6 Manual Manufacturing

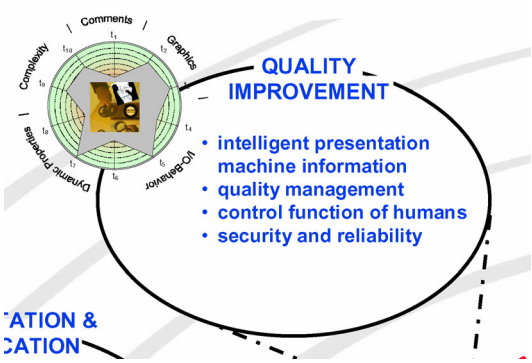
Nach den Reparaturen werden wieder alle Teilaufträge von Herrn Wagners Fahrrad bearbeitet. Der Sattel ist mittlerweile mit speziell produzierten Federn versehen und muss nur noch zum Bespannen. Aufgrund der von Herrn Wagner gewünschten Wildlederanfertigung wird das Sattelrohteil hierfür an einen der Handarbeitsplätze in der Sattlerei gefahren.
Dieser Platz ist bereits mit allen für diesen Auftrag nötigen Werkzeugen in der von Herrn Berger – dem Sattler – bevorzugten Art und Weise und mit dem passenden Überzug bestückt worden. Somit ist alles bereit damit Herr Berger – sobald er den gerade eingegangen Anruf seiner jüngsten Tochter beendet hat – sich unverzüglich um Herrn Wagners Auftrag kümmern kann. Parallel hierzu erscheinen an der Wand Detailzeichnungen des gewünschten Sattels, auf die Herr Berger bei Bedarf zurückgreifen kann. Das Licht im Raum ist optimal auf den Arbeitsplatz angepasst und die Temperatur auf Herrn Bergers Gewohnheiten abgestimmt. An der Wand, neben den projizierten Detailzeichnungen finden sich ein paar von Herrn Bergers Urlaubsphotos und in einer Ecke ein kleines Pult mit Getränken. Licht-, Temperatur- und Klimaverhältnisse werden dabei aus der Arbeitsaufgabe, den persönlichen Einstellungen und Daten aus dem BioCheck, dem persönlichen Wohlfühlgerät jedes Mitarbeiters ermittelt. Obwohl Herr Berger heute früher Schluss machen wollte, entscheidet er sich dazu, Herrn Wagners Sattel doch noch fertig zu stellen, da ihm die Arbeit heute besonders gefallen hat.

Nachdem alle Teilaufträge fertig gestellt sind, muss das Fahrrad montiert werden. Dies erfolgt teilautomatisch auf verschiedenen parallelisierten Montageplätzen. Besonders aufwendig gestaltet sich hierbei die Verkabelung des Schalt- und Bremssystems, da aufgrund der Individualisierung keine vorgefertigten Längen oder Halterungen verwendet werden können. Auch hier wird daher auf Handarbeit gesetzt, wobei der Mitarbeiter seine Arbeitsgeschwindigkeit selbst bestimmen und Prioritäten für von ihm bevorzugte Arbeitsaufgaben eingeben kann. Die Arbeitsplätze selbst sind – wie in der Sattlerei – genau auf den jeweiligen Mitarbeiter abgestimmt und können von ihm auch entsprechend ausgeschmückt werden. Da die Arbeitszeiten der Mitarbeiter absolut flexibel sind, entstehen ständig neue Konfigurationen im Bereich der Verfügbarkeit. Herr Wagners Fahrradrohteil frägt insofern bei verschiedenen derzeit verfügbaren Stationen an und sucht aufgrund der Rückmeldungen den derzeit am Besten geeignetsten Montageplatz aus.



2.7 E-Business (2)

Nach der Montage wird Herr Wagners Fahrrad zur Endabnahme transportiert, wo sie entsprechend ihres Einsatzzweckes getestet werden. So wird Herrn Wagners Fahrrad kurz auf holprigen Strecken und auf einer schnellen Fahrt mit schnellem Bremsen getestet. Nach erfolgreichem Test gelangen die Fahrräder zur Auslieferung.
Die letzten Meldungen erhalten Herr Wagner und die Verkaufsabteilung der Fahrradfabrik. Kurze Zeit später wird Herrn Wagner im Büro per Email über die Zustellung seines Fahrrads an seiner Heimatadresse informiert. Gleichzeitig erfolgt die automatische Abbuchung des Fahrradpreises, da seine Tochter das Fahrrad als einwandfrei angenommen hat. In der Fahrradfabrik wird zeitgleich die Auslieferung und der Geldeingang gemeldet und der Geschäftsprozess beendet.



2.8 Quality Improvement

Während der Produktion der Fahrräder wurden ständig alle Daten an die verantwortlichen Personen übermittelt. So wurden auch Herrn Wagners Prozessdaten vom Auftragseingang an maschinen-, gesamtauftrags- und teilauftragsspezifisch an die jeweiligen Verantwortlichen der Bereiche Lagerverwaltung, Lackiererei, Montage, etc. weitergeleitet. Die Übertragung der Daten erfolgt hierbei mittels eines Paket-vermittelnden Verfahrens, welches auch zur Regelung entfernter Anlagenteile eingesetzt wird. Werden aufgrund übermittelter Daten Unstimmigkeiten festgestellt, können jederzeit automatisiert neue Regelalgorithmen in das System eingespielt werden oder bestehende Algorithmen verändert werden, um den Prozess immer weiter zu verbessern. So wurde z.B. bei der Fertigung von Herrn Wagners Bremsen festgestellt, dass der Algorithmus, der das ursprüngliche Rohteil – ähnlich wie beim Rahmen geschehen -- einem anderen Auftrag zugeordnet hat, nicht optimal war und die neuerliche Fertigung den Auftrag um kurze Zeit verzögert hat.

2.9 Teilnehmer der Arbeitsgruppe

- Dipl.-Ing. Jürgen Greifeneder, AG Frey, greifeneder@eit.uni-kl.de
- Dipl.-Ing. Alexander Bödcher, AG Zühlke, boedcher@mv.uni-kl.de
- Dipl.-Inf. Markus Trapp, AG Rombach, mtrapp@informatik.uni-kl.de
- Dipl.-Ing. Oliver Gabel, AG Litz, gabel@eit.uni-kl.de
- Dipl.-Inf. Mario Trapp, AG Schürmann, trapp@informatik.uni-kl.de

Postanschrift aller Teilnehmer:

Technische Universität Kaiserslautern
Postfach 3049
67653 Kaiserslautern

3. Analyse

3.1 Soziale Implikationen

Mittels des Szenarios wurde gezeigt, dass soziale Aspekte bei Ambient Intelligence eine zentrale Rolle spielen. Einige der für die gesellschaftliche Akzeptanz notwendigen Charakteristiken lassen sich wie folgt benennen:

- AmI verbessert die Lebens- und Arbeitsbedingungen der Menschen, hilft ihnen Entscheidungen zu treffen und Wissensbasen aufzubauen
- AmI steht für Verlässlichkeit und Sicherheit
- AmI stellt die Schnittstelle der Technik zu Gesellschaft und kulturellen Errungenschaften dar.
- AmI erfordert aber auch lebenslanges Lernen und auf Langlebigkeit ausgelegte Denkansätze.
- AmI soll von jedem verstanden, beeinflussbar und kontrollierbar sein, auch wenn dies natürlich nur im Kleinen realisierbar ist.
- AmI ist für den Menschen da und nicht der Mensch für die Maschinen.

Es bleibt herauszustellen, dass AmI und insbesondere die hier dargestellten industriellen Abläufe insbesondere den Menschen als Drehscheibe sehen sollen, auch wenn die sich in AmI-Umgebungen befindlichen Objekte durchaus auch Maschinen, Computer, Gruppen, Bau- und Rohteile usw. sein können. Dabei steht und fällt das Projekt mit der Akzeptanz durch die beteiligten Personen, die jedoch – wenn AmI wie zuvor beschrieben umgesetzt wird – einen derart hohen Zugewinn an persönlichen Freiheiten erhalten werden, dass es kaum anzunehmen ist, dass sie sich auf Dauer einer solchen für sie äußerst positiven Entwicklung entziehen sollten. Die Geschwindigkeit der Umsetzung dürfte dabei einerseits die dem Benutzer bzgl. dem System vermittelte Sicherheit, Zuverlässigkeit und andererseits die Beeinflussbarkeit spielen. Schlussendlich soll der Arbeiter und Kunde nicht nur das Maß aller Dinge sein, sondern dies eben auch spüren können.

Dadurch wird AmI auch einen entscheidenden Beitrag zum individuellen Wohlbefinden liefern, da diverse gesundheitliche Risiken (Stress, Informationsüberhäufung, Überforderung, Zeitdruck usw.) weitestgehend vermieden oder zumindest in entscheidendem Umfang reduziert werden können. Durch die flexibler gestaltbaren Arbeitszeiten und die Kundenorientierung wird es möglich werden, die sozialen Aspekte des Lebens (Kinder, Familie, Freunde, Bekannte und Kollegen) wieder verstärkt in den Mittelpunkt zu rücken und die Arbeit(szeiten und Tätigkeiten) entsprechend zu gruppieren bzw. auszuwählen. Die Eigenschaft von AmI kleine Einheiten zu ermöglichen gibt dem einzelnen an der Fertigung beteiligten Arbeiter in der Folge eine deutlich größere Identifikationsmöglichkeit mit dem Produkt und der Fabrikation im Allgemeinen, als dies zum heutigen Zeitpunkt möglich ist. Indirekt bedeuten die kleinen Stückzahlen kombiniert mit der hohen Flexibilität aber auch, dass kleinere Fabrikationsanlagen möglich werden und somit die Grundlage für eine Nachbarschaft von Arbeit und Wohnen auch im Bereich der Produktion geschaffen wird. Dies gilt um so mehr, als durch umwelttechnische Verbesserungen einerseits und virtuelle Fabrikationsplanung andererseits die entsprechenden Rahmenbedingungen vorhanden sind.

3.2 Ökonomische Implikationen

Die enorme technologische Vielfalt, welche mit AmI einhergehen wird, stellt uns vor eine der größten Herausforderungen des industriellen Zeitalters schlechthin. Individuelle Produktion wird eine steigende Nachfrage mit sich bringen und Überschüsse aber auch Überkapazitäten abbauen helfen. Flexibel gestaltete Produktionsabläufe, Einzelstückfertigung und dynamische Rekonfiguration heißen hierbei die Stichworte, die die Fabrikstrukturen von morgen ebenso beeinflussen werden, wie eine auf den Arbeiter ausgerichtete Produktionsumgebung es tun wird. Der Kunde wird zum Auslöser. Des Kunden Wünsche die Richtschnur. Der Arbeiter wird zum freien Individuum und der Service am Menschen (Kunde, Arbeiter usw.) das alles verbindende Glied. Umweltaspekte werden durch die massiv dynamisch gestalteten Belegungspläne in einem deutlich höheren Maße Berücksichtigung finden können und somit die Wirtschaftsabläufe deutlich zu verändern wissen.

Ein großer Teil der hier skizzierten Techniken und Verfahren sind schon heute denkbar, angedacht oder gar vorhanden. Nur das Zusammenführen all dieser Möglichkeiten wird sich zu dem fusionieren lassen, was wir heute unter AmI verstehen. Grundvoraussetzung für eine flächendeckende Ausbreitung werden jedoch neben Akzeptanz und Verfügbarkeit auch Handlichkeit („Unsichtbarkeit“), Zugänglichkeit und niedrige Anschaffungs- und Unterhaltungspreise sein.

Neben den reinen Abnehmermärkten werden sich AmI-AmI-Kopplungen finden, die untereinander über weit verteilte Netzwerke Daten, Produkte und Güter auszutauschen wissen und so ihren Beitrag leisten werden zu einer breiten Aufstellung der AmI-Technologie. Aus dem heutigen Nischenmarkt AmI wird nicht zuletzt dadurch eine der größten Herausforderungen unserer Zeit werden – allseits verfügbare Intelligenz.

Die Kombination von sehr gut ausgebildeten Fachkräften und extrem variabler und zugleich komplexer Maschinen erfordert Rahmenbedingungen wie sie in so genannten Billiglohnländern nicht oder nur sehr eingeschränkt zur Verfügung stehen. Die Umsetzung von AmI kann damit entscheidend zur Schaffung bzw. Sicherung von Arbeitsplätzen beitragen. Darüber hinaus können die kurze und daher kundenfreundliche Produktionszeit, die dynamische Produktionsplanung und die soziale Verknüpfung von Fabrikation und Gesellschaft nur dann effizient funktionieren, wenn Fabrikation und Abnahmemarkt in einer räumlichen Nähe (maximal 400 km bis 500 km) zu finden sind. Letzteres trägt somit nicht nur zu einer harmonischeren Lebensweise sondern auch zu einer weiteren Reduktion der täglich anfallenden Umweltbelastungen (und einer Entlastung unserer Straßen) bei.

Durch die Abwendung von der Massen- hin zur Maßproduktion entfallen große Teile der Lagerung auf Seiten des Handels und somit auch die Notwendigkeit große Restpostenmengen weit unter Wert abgeben zu müssen. Die dabei frei werdenden Mittel werden in der Anfangsphase in die Umstellung selbst fließen, später jedoch in hohem Maße dem Kunden und somit der Gesamtwirtschaft an sich zu Gute kommen.

Trotz allem bleiben Fragen offen, da zum heutigen Tage noch nicht klar ist, wer an AmI besonders interessiert sein wird und wer es in welchem Maße einzusetzen und auch zu bezahlen bereit sein wird. Sicher scheint, dass wenn AmI Erfolg haben will, es für eine deutliche Steigerung der Produkt-, Arbeits- und Servicequalitäten ebenso stehen muss, wie für ein im Großen begriffenes nachhaltiges Wirtschaften, das alle Teile unserer Gesellschaft und ihres Planeten mit einzubeziehen in der Lage ist.

4. Schlüsseltechnologien für die Man-u-Faktur 2012

Übersicht

Auf Basis des Szenarios lassen sich die folgenden für die Fortentwicklung notwendigen Schlüsseltechnologien benennen:

1. Bild- und Sprachverarbeitung
2. Regelungssysteme zur Visualisierung bestimmter Punkte im Raum
3. Dynamische und nahtlose Kommunikationsstrukturen
4. Dynamische Regelsysteme, die sich in Abhängigkeit von Situation, Komplexität und Informationsverfügbarkeit entsprechend zu konfigurieren wissen.
5. Unauffällige Hardware zur optimalen Mensch-Maschine Interaktion
6. Dynamisch massiv verteilte Netzwerke
7. Dezentrale Koordination hochverteilter Produktionsabläufe
8. Zuverlässigkeit und Sicherheit
9. Adaptive Umgebungssteuerung

Bild- und Sprachverarbeitung

Benutzerschnittstellen können nur dann AmI-gerecht gestaltet werden, wenn die technischen Grundlagen der Bild- und Sprachverarbeitung auf ein hohes Niveau gebracht werden. Ein nicht zu unterschätzender Punkt stellt dabei die Sprachverarbeitung dar. Gespräche zwischen dem Mitarbeiter vor Ort und einem Experten an einem beliebig anderen Ort werden ebenso möglich sein, wie die Erkennung natürlich gesprochener Sprache und deren digitale Umsetzung inklusive einer möglichen Übersetzung in eine beliebige andere europäische Fremdsprache. Hierdurch wird es eine breite Kommunikation auch über Firmen- und Landesgrenzen hinweg ermöglicht werden.

Regelungssysteme zur Visualisierung bestimmter Punkte im Raum

Hierbei müssen Systeme vorhanden sein, welche ein Mapping zwischen in einer Datenbank abgelegten Prinzipbildern und dem aktuell aufgenommenen Bild z.B. eines Schaltschrankes zu bewerkstelligen wissen. Dies muss dabei in einer für den Arbeiter kaum merklichen Art und Weise geschehen, was erhöhte Anforderungen nicht nur an die Bildverarbeitung, sondern auch an die Übertragung selbst mit sich bringt. Für die Übertragung ist hierbei zu beachten, dass es sich in der Regel um mit Laufzeiten und Verlusten behaftete Übertragungskanäle handelt. Hier werden die entsprechenden Regelmethoden ebenso entwickelt werden müssen, wie die Option der gleichzeitigen Kommunikation über verschiedene Datenformate und Medien.
Damit wird es dann auch möglich sein, aufgrund eines Kamerabildes an einer Maschine, dem dort anwesenden Mitarbeiter mittels eines z.B. in seinem Helm angebrachten Lasers genau zu zeigen, wo ein momentan ausgewähltes Kabel anzuschließen ist, oder wo ein detektierter Fehler vermutet wird.

Dynamische und nahtlose Kommunikationsstrukturen

Die aufzubauenden Netze müssen in einer beliebigen Umgebung funktionieren, möglichst ohne selbige durch die Datenübertragung per se (wohl aber durch die damit übermittelte Information) zu beeinflussen. Dies erfordert neue Konzepte der Übertragungstechnik ebenso, wie eine weitgehende Integration von funk- und kabelgebunden Technologien jeglicher Art. Es wird hierfür erforderlich sein, Schnittstellen und Parallelstrukturen zu schaffen, die eine sichere und zugleich große Datenübertragungsrate zu jeden Zeitpunkt ermöglichen.

Dynamische Regelsysteme, die sich in Abhängigkeit von Situation, Komplexität und Informationsverfügbarkeit entsprechend zu konfigurieren wissen.

Um den Schritt von der variantenreichen Massenfertigung zur mitarbeiterzentrierten Maßfertigung gehen zu können, ist es erforderlich sämtliche Abläufe dynamisch zu planen. Statische Ablauf-, Regel- oder Belegungspläne werden damit der Vergangenheit angehören. Das System muss selbständig erkennen können, um welche Art von Situation es sich handelt, welchen Komplexitätgrad es ggf. zu bewältigen hat und ob es aufgrund dieser Kriterien und der momentanen Informationsverfügbarkeit in der Lage ist, zu agieren. Diese Beurteilung muss auf Basis einer benennbaren Größe erfolgen, welche im Rückschluss auch als Gütemaß für die maximale Qualität der übernommen Aufgabe Verwendung finden kann. Auf dieser Basis kann dann auch eine dezentral organisierte Auswahl zwischen mehreren zur Verfügung stehenden Teilsystemen ebenso erfolgen, wie eine Alternativenplanung – für den Fall, dass momentan kein geeignetes System vorhanden sein sollte – aussehen könnte.
Die besondere Herausforderung von dynamischen Regelsystemen liegt hierbei insbesondere darin, dass alle Verfahren skalierbar sein und mit Unsicherheit zurechtkommen müssen. Da die hohe Produktvielfalt eine vorherige Planung quasi unmöglich macht, müssen Methoden zur Verfügung gestellt werden, welche es ermöglichen, im Betrieb zu entscheiden, ob und ggf. welches Teilsystem (ein Maschine, ein Werkstück, ein Sensor, eine Anlage usw.) hinzugenommen werden kann bzw. was die Wegnahme eines Teilsystemes für das direkt übergeordnete System bedeuten wird.

Unauffällige Hardware zur optimalen Mensch-Maschine-Interaktion

Es wird erforderlich sein, die Hardware so klein und unauffällig wie möglich zu gestalten, da die Akzeptanz und Verwendbarkeit neuer Technologien mit der Einpassbarkeit in alte Schemata steht und fällt. Darüber hinaus müssen die Teile auf den jeweiligen Nutzer individuell eingestellt sein und dessen Bedürfnissen und Wünschen genügen. Nicht zu vergessen ist hierbei die Energieversorgung. Diese muss entweder über Batterien oder durch Selbsterzeugung sichergestellt werden, wobei es unumgänglich ist, den Energieverbrauch aller Komponenten drastisch zu senken. Sensoren und Aktuatoren müssen dabei in die Umgebung möglichst unsichtbar integriert sein und auf Anfragen und Situationsänderungen von Benutzer oder Umgebung dynamisch reagieren können. Die zu entwerfenden Systeme müssen intuitiv auf der Benutzer- und hoch effizient auf der Anbieterseite sein. Aufgrund der Komplexität von AmI und der damit zusammenhängenden gegenseitigen Verflechtungen ist die Unterscheidung zwischen Nutzer- und Anbieterseite in manchen Fällen gar nur noch eine Frage der momentanen Sichtweise. Auch dies ist eine der neu zu erkennenden Eigenschaften von AmI.
Die anzuwendende Technik soll dem Benutzer hierbei nicht nur möglichst wenig stören, sondern ihm in jeder Situation mit Rat und Tat zur Seite stehen und die Möglichkeit zur weitergehenden Vernetzung mit anderen Geräten und Technologien grundsätzlich bieten. Nur so kann eine sich selbst treibende Forschungsrichtung dauerhaft implementiert und unnötiger

Ärger vermieden werden. Es wird erforderlich sein, multimodale (i.S.v. Mehrbenutzer, Mehrkanal, multi purpose) und multilinguale Benutzerhardware ebenso zu entwickeln wie sich an den jeweiligen Benutzer adaptiv anpassende Schnittstellen gebraucht werden. Informationen müssen in Abhängigkeit von Situation, Umgebung, Benutzer und Komplexität unterschiedlich aus- und aufgewertet werden. Eine Beschränkung auf das Eine wird es nicht mehr geben. Sprach- und Formerkennung werden dem Menschen helfen, zu erkennen, Laser- und andere Pointertechnologien werden ihm helfen, zu finden, Datenbanken und multimediale Übertragungstechniken schließlich werden ihm grundlegende Informationen zur Verfügung stellen (bzw. mit dem jeweils notwendigen Wissen versorgen). Hardware, die sich in den normalen Lebensablauf fast unsichtbar einpasst und doch so vieles verändern wird, ist dabei eine der wichtigsten Grundlagen für AmI.

Dynamisch massiv verteilte Netzwerke

Spricht man von AmI so meint man i.a. eine sehr hohe Anzahl unterschiedlichst miteinander und durcheinander kommunizierender Einheiten (Agenten), wobei eine Vielzahl an Kommunikationskanäle und -protokollen zum Einsatz kommen. Die einzige wirklich einschränkende Bedingung stellt dabei die Forderung dar, dass das System dynamisch rekonfigurierbar sein muss und auch schnelle Änderungen in der Systemzusammensetzung verkraften muss. In diesem Zusammenhang werden zentrale Datenbanken und Kontrollinstrumente eine zunehmend geringere Rolle spielen und stattdessen die Dezentralität einen immer größeren weil flexibleren Raum einzunehmen wissen. Im Optimalfall sollte ein jedes beliebiges Gerät in das System integriert oder aus dem System entfernt werden können. Regelalgorithmen müssen so geschrieben werden, dass weder die Dynamik des Systems einerseits, noch die Dynamik der Übertragungsstrecken andererseits eine funktionsbeschneidende Rolle bekommen kann.

Dezentrale Koordination hochverteilter Produktionsabläufe

Nimmt man die Natur zum Vorbild, so wird schnell klar, dass dezentrale Organisationsformen zentralen deutlich überlegen sind. Dies gilt erst recht im modernen Zeitalter, in dem eine sehr große Zahl von parallelen Prozessen mit den unterschiedlichsten Aufträgen betraut sind und dennoch koordiniert werden müssen. Obwohl schon heute sehr gute Kommunikationswege zur Verfügung stehen, wird es unmöglich – oder nur unter großen Effizienzeinbusen möglich – sein, alle für eine zentrale Koordination notwendigen Daten zu übermitteln und zu verwalten.

Stattdessen muss jedes Subsystem mit einer ausreichend großen Eigenverantwortung – und den hierfür notwendigen Fähigkeiten – ausgestattet sein, um im Rahmen seiner Möglichkeiten autonom und zeitnah agieren zu können. Parallel hierzu wird jedes dieser Subsysteme eine große Zahl an Kontakten zu seinen Nachbarn und „Kollegen“ halten, um lokal betrachtet ein weitestgehendes Optimum anzufahren.

Das zu lösende Problem ergibt sich aus der Aufgabe diese Teilprozesse derart zu verknüpfen, dass sie bei maximaler lokaler Leistungsfähigkeit auch global möglichst optimal agieren und selbst weitverzweigteste Produktionsabläufe möglich sind. Hierbei spielen nicht nur Maschinenbelegungen, Transportaufgaben, Produktionsdauer, Ressourcenverbrauch und Abfallvermeidung eine große Rolle, sondern auch Arbeitszeiten, Qualität, Fertigungsabläufe u.s.w.

An dieser Stelle wird AmI zum Drahtseil zwischen Kontrolle und Kontrollierbarkeit. Wie viel Überwachung ist notwendig, wie viel Freiraum ist möglich, welchen Nutzen, welche Gefahren hat das eine, birgt das andere.

Zuverlässigkeit und Sicherheit

Zuverlässigkeit und Sicherheit sind die zentralen Säulen, die Vertrauen schaffen können und werden. Übertragungsprotokolle, Maschinen, Apparaturen, Regleralgorithmen usw., sie alle müssen getestet und formal auf Korrektheit, Sicherheit und Zuverlässigkeit geprüft sein. AmI-Systeme werden selbst entscheiden müssen, zu welchem Grad diese Kriterien im kommenden Zeitpunkt erfüllt sein werden bzw. welche Maßnahmen ergriffen werden müssen, um die vollständige Erfüllung aller Kriterien absolut zu erfüllen.
Dies ergibt sich dabei nicht nur aus der Notwendigkeit technischer Systemsicherheit, sondern auch aus der Tatsache, dass diese Systeme das gesellschaftliche Zusammenleben mehr prägen und verändern werden, als die meisten anderen Entwicklungen der letzten Jahrzehnte – nicht zu erwähnen, dass nur sichere Systeme Vertrauen und somit Akzeptanz schaffen können. Diese jedoch wird nur dann erlangbar sein, wenn dem Benutzer weit reichende Möglichkeiten zur Wahrung seiner Anonymität und Identität einerseits, als auch seiner Privatsphäre und beruflichen und gesellschaftlichen Verpflichtungen anderseits zu jedem Zeitpunkt eingeräumt und von ihm aktiv beeinflusst werden können.

Adaptive Umgebungssteuerung

Der Mitarbeiter soll eine für ihn angenehme Arbeitsumgebung vorfinden. Hierfür ist es erforderlich Einflussgrößen wie Helligkeit, Lichttönung, Wärme, Luftbewegungen und Luftfeuchte direkt und in Abhängigkeit der individuellen Wünsche zu verändern. Diese Anforderungen sind zeitlich variabel und hängen von einer Vielzahl von Parametern, wie z.B. der Arbeitsaufgabe, der Tageszeit oder der vorherigen Tätigkeit des Mitarbeiters ab.
Um eine Arbeitsumgebung optimal einzustellen, ist es nicht nur erforderlich die unterschiedlichen Einflussgrößen möglichst präzise und räumlich verteilt ausregeln zu können, sondern auch zu erfassen, wie es sich um die momentane Empfindung des Mitarbeiters verhält, ohne dass dieser dadurch gestört wird. Hierbei wird auch der Frage der Gewohnheit eine gewisse Funktion zukommen, da es leicht zu einem Interessenskonflikt kommen kann, falls der Mitarbeiter sich an Dinge gewöhnt hat, die nicht unbedingt gesundheitsförderlich sind.
Last but not least besteht die eigentliche Herausforderung darin, die individuellen Arbeitsumgebungen mit den Produktionsanforderungen der Maschinen, deren Idealkurven und mit allen anderen individuellen Arbeitsumgebungen so anzupassen, dass ein maximales Maß an Zufriedenheit bei den Mitarbeitern und eine möglichst hohe Produktivität erreicht werden können.

Kontakt

Dipl.-Ing. Jürgen Greifeneder
Technische Universität Kaiserslautern
Juniorprofessur Agentenbasierte Automatisierung
Postfach 3049
67653 Kaiserslautern
Tel.: +49 (0) 631/205-4461
Fax.: +49 (0) 631/205-4462
E-Mail: greifeneder@eit.uni-kl.de
URL: http://www.eit.uni-kl.de/frey/forschung/AmI/