

UBIQUITÄRES COMPUTING – VISION EINER VON INFORMATIONSTECHNOLOGIE DURCHDRUNGENEN WELT

TAB-BRIEF NR. 37 / JULI 2010

Das Ubiquitäre Computing hat seine Wurzeln in den wegweisenden Arbeiten von Mark Weiser, der bis zu seinem Tod 1999 als leitender Wissenschaftler am Xerox-Forschungszentrum im Silicon Valley tätig war. Er propagierte schon 1991 in einem visionären Artikel im »Scientific American« den allgegenwärtigen Computer, der unsichtbar und unaufdringlich den Menschen bei seinen Tätigkeiten unterstützt und ihn von lästigen Routineaufgaben weitestgehend befreit. Der Computer als sichtbares Gerät sollte nach Weisers Auffassung verschwinden, dessen informationsverarbeitende Funktionalität aber überall verfügbar sein. Heute scheinen wir auf dem Weg dahin schon weit vorangekommen zu sein.

Informationstechnik und Computer umgeben uns in immer mehr Bereichen des beruflichen und privaten Lebens – sie werden allgegenwärtig und haben das Potenzial, nach und nach alle Gegenstände des Alltags zu durchdringen. »Ubiquitäres Computing« (UbiComp) – wie diese Entwicklung genannt wird – kann damit auf einem neuen Niveau Daten in vielen gesellschaftlichen Bereichen erfassen – von der industriellen Produktion bis in den privaten Alltag. Technische Geräte, aber auch Alltagsgegenstände wie Bücher, Kleidung oder Möbel werden »intelligent«, indem sie unsichtbar mit Informationstechnologie zum Sammeln, Speichern, Verarbeiten und Kommunizieren von Daten ausgestattet werden. Zusätzlich zu ihrem ursprünglichen Zweck erhalten sie so eine erweiterte Funktionalität und damit eine neuartige Qualität.

Anwendungen des Ubiquitären Computings können dabei einen hohen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Nutzen stiften: Beim intelligenten Wohnen sollen der Komfort, die Energieeffizienz und die Sicherheit erhöht werden; intelligente Fahrzeuge sollen Verkehrswege sicherer machen; lernfähige persönliche Assistenzsysteme sollen die Arbeitsproduktivität im Büro steigern; im medizinischen Bereich sollen implantierbare Sensoren und Kleinstcomputer den Gesundheitszustand von Patienten überwachen.

TECHNISCHE UND ÖKONOMISCHE ENTWICKLUNGEN – BASIS FÜR UBIQUITÄRES COMPUTING

Die technologische Grundlage des Ubiquitären Computings ist die Zusammenführung einer Vielzahl von Technologien. Als typische Querschnittstechnologie nutzt das Ubiquitäre Computing die ganze Breite moderner Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT). Folgende Entwicklungen zeigen, dass aus technologischer Sicht (Machbarkeit) und unter Kostengesichtspunkten (Wirtschaftlichkeit) einer Verbreitung des Ubiquitären Computings in den nächsten Jahren kaum etwas im Wege steht:

➤ Preisverfall Hardware: Die treibende Kraft hinter dem stetigen technischen Fortschritt im Bereich des Ubiquitären Computings ist der langfristige Trend der Mikroelektronik, der durch das sogenannte »Moore'sche Gesetz« beschrieben wird, wonach sich die Verarbeitungsleistung von Mikroprozessoren etwa alle 18 Monate verdoppelt. Eine ähnlich hohe Effizienzsteigerung ist auch für andere Technologieparameter wie Kommunikationsbandbreite oder Speicherkapazität zu beobachten. Anders ausgedrückt fällt mit der Zeit bei gleicher Leistungsfähigkeit der Preis für mikroelektronisch realisierte Funktionalität radikal. Da erwartet wird, dass dieser Trend

weiter anhält, dürfte Computerleistung bald quasi im Überfluss vorhanden sein.

- Preisverfall Kommunikation: Die Kommunikationsleistung verdoppelt sich alle sechs Monate (»Gildersches Gesetz«). Neue Kommunikationstechnologien, -standards und -konzepte (z.B. spontane Vernetzung) bringen neue Anwendungspotenziale.
- Miniaturisierung Hardware: Neben der Leistungssteigerung wird Hardware immer weiter miniaturisiert, sodass sie fast unsichtbar in immer mehr alltägliche Gegenstände integriert werden kann.
- Verbesserte Energieversorgung: Bedingt durch zwei sich verstärkende Trends, dem geringeren Energieverbrauch von Chips ähnlicher Leistung und Funktionalität sowie der verbesserten Batterietechnik, wird die Energieversorgung immer besser.
- Sensorik: Sensoren ermöglichen die autonome Erkennung von unterschiedlichsten Parametern der Umgebung und sind damit vitaler Bestandteil vieler UbiComp-Lösungen. Moderne Sensoren können nicht nur auf Licht, Beschleunigung, Temperatur etc. reagieren, sondern auch Gase und Flüssigkeiten analysieren oder sogar gewisse Muster erkennen. Eine interessante Entwicklung in dieser Hinsicht stellen Funksensoren dar, die sich auch autonom aus ihrer Umgebung mit Energie versorgen und ihre Messwerte einige Meter weit melden können.
- Aktuatorik: Aktuatorik-elemente ermöglichen kleinste Bewegungen und Verformungen von intelligenten Gegenständen.
- Neue Materialien: Flexible Bildschirme und elektronisches Papier sind Beispiele für neue Materialien, welche die Entwicklung des UbiComp maßgeblich beeinflussen werden.

- > Innovative Benutzungsschnittstellen: Sie erlauben eine »natürliche« Interaktion (z.B. durch Spracheingabe oder körperliche Interaktion) und sind notwendig, um mit unsichtbaren, eingebetteten Informationssystemen interagieren zu können.
- > Automatische Kontexterfassung: Sie ermöglicht nicht nur die Registrierung äußerer Parameter (z.B. Standort), sondern zunehmend auch die Ermittlung emotionaler und physischer Zustände des Nutzers (z.B. die automatische Erkennung kritischer Situationen bei medizinischen Überwachungssystemen).

MÖGLICHE ANWENDUNGEN

Den ersten großen Schritt zur Realisierung von Ubiquitären Computing stellt momentan die (vorwiegend industrielle) Nutzung der Radio-Frequenz-Identifikation (RFID) dar – ein inzwischen bekanntes Beispiel für Lokalisierungstechniken, mit der sich Identitätsparameter aus der Distanz feststellen lassen. Vorreiter in der Anwendung von RFID sind momentan das Management der industriellen Liefer- oder Wertschöpfungskette sowie die Personenidentifikation und -authentisierung (z.B. im Reisepass oder bei Tickets). Zukünftige Anwendungen liegen wahrscheinlich auch im Bereich des Handels, des Gesundheitswesens und im Bereich Mobilität/Verkehr.

Logistikanwendungen zeigen, was Ubiquitäres Computing schon heute leisten kann: Bei der Lagerverwaltung und beim Lieferkettenmanagement können aufgrund des großen Warenvolumens bereits kleinste Optimierungen erhebliche Einsparungen mit sich bringen. So setzen Firmen wie Gillette bereits RFID-Etiketten ein, die auf Paletten, Kartons und schließlich einzelnen Produktverpackungen angebracht werden, um eine lückenlose Verfolgung der Warenströme über die

gesamte Lieferkette hinweg sicherzustellen. Mittels passender Lesegeräte an Hochregallagern und Laderampen können Zustand und Ort von Gütern weitgehend ohne menschliche Intervention direkt in betriebliche Informationssysteme übernommen werden. Für manche Güter lohnt es sich sogar, die oben erwähnten kommunikationsfähigen Miniatursensoren einzusetzen, um in kürzester Zeit über transportbedingte Schäden (z.B. durch eine Unterbrechung der Kühlkette) informiert zu werden und so in der Lage zu sein, rechtzeitig Ersatz zu verschicken, vielleicht sogar noch bevor die unbrauchbar gewordene Ware am Bestimmungsort eingetroffen ist.

Ein Beispiel für künftige Einsatzmöglichkeiten des Ubiquitären Computings ist die sich momentan schnell entwickelnde »Informatisierung« des Autos. Prototypen für Fahrerüberwachungssysteme erfassen z.B. Fahrbahnmarkierungen, um auf ein ungewolltes Verlassen der Spur (wegen Ermüdung) aufmerksam zu machen oder sogar automatisch zu bremsen. Autozulieferer arbeiten auch an Systemen, die etwa bei schlechter Sicht unterstützende Informationen direkt in die Frontscheibe einblenden. Mehr Sicherheit sollen auch adaptive aktive Fahrerassistenzsysteme bringen, die laufend und mit verschiedensten Sensoren das nähere und weitere Umfeld eines Fahrzeugs überwachen und mehr oder weniger direkt in die Fahraktionen eingreifen.

In Zukunft wird das Ubiquitäre Computing eine Vielzahl neuer Funktionalitäten ermöglichen:

- > Autonome Kooperation intelligenter Gegenstände: Beispielsweise kann der Zutritt zu gefährlichen Arbeitsbereichen beschränkt werden auf Personen, die eine bestimmte, elektronisch erfassbare Ausrüstung und Berechtigung mitführen.

- > Kommunikation durch Berührung: Der Zugriff auf Services kann durch Berühren mit einem intelligenten Endgerät erfolgen, z.B. um Produktinformationen abzurufen oder den Besitzer eines Objekts zu identifizieren.
- > Intelligente Umgebungen erlauben das Einbringen kommunikationsfähiger Sensoren in die physische Welt. Dadurch wird es möglich, Umweltzustände zu überwachen oder Informationen in die Umwelt einzubetten.
- > Leichtere Lokalisierung von Gegenständen und Personen: Nicht nur Postsendungen und Container, sondern auch Mietautos und umweltgefährdende Stoffe, Personengruppen oder Einzelindividuen können jederzeit lokalisiert werden.
- > Vielzahl neuer hybrider Produkte und Dienstleistungen denkbar: Bislang nicht nachvollziehbare Vorgänge werden mess- und steuerbar. Beispielsweise können Nutzungsdauer und -intensität von Gegenständen personenabhängig ermittelt werden und Grundlage für dynamische Mietpreismodelle oder Versicherungspolice werden. Die Nutzung von Gegenständen (von Kreditkarten bis Waffen) kann mit neuen technischen Möglichkeiten beschränkt werden, sodass sie nur in den Händen von autorisierten Personen funktionieren. Bei Maschinen oder auch kranken Personen können Probleme erkannt werden, bevor sie sichtbar werden.

Mittel- und langfristig dürften diverse Techniken des Ubiquitären Computings eine große wirtschaftliche Bedeutung erlangen und zu substanziellen Veränderungen in Geschäfts- und Arbeitsprozessen führen. Denn wenn industrielle Produkte durch eine fernabfragbare elektronische Identität sowie Sensoren zur Wahrnehmung ihres Umfelds erhalten oder gar durch eine integrierte Informationsverarbeitung

»intelligent« werden können, entstehen daraus nicht nur innovative Produkte, sondern auch zusätzliche Services und neue Geschäftsmodelle.

RISIKEN UND NEBENWIRKUNGEN

Neben den vielfältigen Chancen des Ubiquitären Computings zeichnen sich aber auch problematische Effekte ab. In einer informatisierten Welt werden ungleich mehr Daten gesammelt als heute, mit entsprechenden Konsequenzen in Bezug auf den Datenschutz. Dabei ist die Situation alles andere als einfach: Beispielsweise lassen sich mithilfe der gesammelten Daten umfangreiche Kunden- und Verhaltensprofile erstellen, auf deren Basis individualisierte und durchaus nützliche Dienstleistungen angeboten werden können. Andererseits ermöglichen sie auch dynamische und individuelle Preise, die man wahlweise als ökonomisch rational oder als diskriminierend und unmoralisch betrachten kann. Ob der Bürger dies als Nebenwirkung oder Risiko wahrnimmt, bleibt offen, eine schleichende Gewöhnung ist ebenfalls möglich.

Das Ubiquitäre Computing wirft nachdrücklich die Frage auf, was hierbei unter personenbezogenen Daten zu subsumieren ist und wie damit umgegangen werden soll. Intelligente Gegenstände und Umgebungen sind ja von ihrer Grundidee her allgegenwärtig und sollen Daten sammeln, um dem Nutzer jederzeit ihre Dienste anbieten zu können. Da dies typischerweise im Hintergrund geschieht, wird dieser nie genau wissen, ob er lokalisiert wird oder seine Handlungen erfasst werden. Insbesondere bei personenbezogenen Anwendungen, die – meist mit besten Intentionen – darauf abzielen, geistig verwirrte Patienten, entführte Kinder oder entlassene Strafgefangene zu lokalisieren, gilt es, die Trennlinie zwischen

Sicherheitsbedürfnis und Freiheitsrechten immer wieder neu festzulegen.

Schließlich können Netzwerke allgegenwärtiger, unsichtbar und unaufdringlich agierender Computer Einschränkungen der individuellen Handlungsautonomie bis hin zu Kontrollverlusten zur Folge haben, weil immer mehr Prozesse autonom ablaufen, die von den Nutzern nicht mehr im Detail nachvollziehbar sind. Besonders problematisch ist dies, wenn technische Systeme den Menschen in seiner Entscheidungsfreiheit und Kreativität einschränken.

BEOBACHTUNGS- UND HANDLUNGSOPTIONEN

Welche Beobachtungs- und Handlungsoptionen ergeben sich vor diesem Hintergrund für Wissenschaft, Wirtschaft und Politik?

Obwohl die RFID-Technologie schon ein hohes Maß an technischer Reife erreicht hat, bedürfen andere technische Aspekte des Ubiquitären Computings noch erheblicher Forschungs- und Entwicklungsarbeiten. Dies sind vor allem:

- > Methoden und Techniken für die Schaffung von sicheren Systemen mit vorhersagbarem Verhalten und guter Diagnostizierbarkeit von Fehlern,
- > Verfahren für eine verlässlichere Kontexterkenkung bei gleichzeitig guter Konfigurierbarkeit durch den Nutzer,
- > innovative Konzepte zur Bedienung von »unsichtbaren« Computern ohne traditionelle Ein- und Ausgabemedien.

Das Ubiquitäre Computing besitzt ein erhebliches wirtschaftliches Potenzial. Effizienz und damit Wettbewerbsfähigkeit können gesteigert werden. Eine Vielzahl von neuen Dienstleistungen

ist denkbar. Damit diese Potenziale tatsächlich realisiert werden können, muss eine Reihe von Voraussetzungen geschaffen werden:

- > internationale Frequenzharmonisierung und Standardisierung,
- > frühzeitiger Zugang zu UbiComp-Technologien für mittelständische Unternehmen,
- > Ausgleich der Daten- und Verbraucherschutzinteressen von Anwendern und Bürgern bzw. Kunden mit den wirtschaftlichen Interessen der Systembetreiber durch Initiierung und Moderation eines Diskurses unter Beteiligung aller Betroffenen
- > Modifizierung der Entsorgungs- und Wiederverwertungsprozesse sowie Entwicklung umweltverträglicherer Lösungen bei einem Masseneinsatz von RFID.

Jenseits der wirtschaftlichen Auswirkungen gibt es eine ganze Reihe von möglichen Auswirkungen des UbiComps, die im Rahmen eines wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Dialogs abgewogen werden müssen.

Die wohl augenfälligste Wirkung des Ubiquitären Computings ist die auf die Privatsphäre bzw. informationelle Selbstbestimmung. Beide erfahren im Lichte der Allgegenwärtigkeit von Daten und Datenverarbeitung eine Neudefinition. Deshalb bieten sich folgende Aktivitäten an:

- > Anpassung des Datenschutzrechts an die Möglichkeiten des Ubiquitären Computings zur Überwachung und zur Gewinnung personenbezogener Daten selbst aus bisher als unkritisch eingestuften Datenbeständen,
- > Schaffung eines Arbeitnehmerdatenschutzgesetzes,
- > gesellschaftlicher Diskurs über die Entstehung und Nutzung von Datenspuren im Ubiquitären Computing,

- › systematische Beobachtung und Bewertung von neuen Anwendungen und deren Wirkung auf die informationelle Selbstbestimmung des Einzelnen.

Insgesamt ist die gesellschaftliche Verträglichkeit des Ubiquitären Computings am besten anhand konkreter Beispiele zu diskutieren. Zugangsfragen und Teilhabechancen sind dabei ebenso wichtig wie Fragen zu Systemabhängigkeit und Entziehbarkeit, Kontrollverlust, Überwachung oder verhaltensnormierende Wirkungen. Zwei konkrete Ansatzmöglichkeiten hierzu

sind die frühzeitige Berücksichtigung von Nutzerinteressen im Entwicklungsprozess durch ethnografische Studien und »living labs« sowie die Schaffung echter Wahlmöglichkeiten durch eine Kennzeichnung von UbiComp-Systemen und ein Opt-in-Modell, bei dem die Nutzung bestimmter Funktionen explizit bestätigt werden muss.

HINWEIS ZU VERÖFFENTLICHUNGEN

TAB-Zukunftsreport »Ubiquitäres Computing«, TAB-Arbeitsbericht Nr. 131

Ubiquitäres Computing: Das »Internet der Dinge« – Grundlagen, Anwendungen, Folgen (Studien des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag, Bd. 31, edition sigma)

KONTAKT

Dr. Michael Friedewald
0721/6809-146
michael.friedewald@isi.fraunhofer.de