

Sensorbasierte Benutzerschnittstellen

Nora Zelhofer, Albrecht Schmidt

Hauptseminar Medieninformatik
Ludwig-Maximilian-Universität München
Nora.zelhofer@web.de, albrecht.schmidt@informatik.uni-muenchen.de

Kurzfassung. Sensoren sind in Haushaltsgeräten, in der Gebäudesicherung und in zahlreichen weiteren Anwendungen des täglichen Lebens zu finden. Sensorbasierte Benutzerschnittstellen sind Schnittstellen zwischen Mensch und Maschine, die Sensoren verwenden. Die Sensoren nehmen Veränderungen in der Umgebung wahr und schicken die ermittelten Signale zur Verarbeitung weiter. Sensorbasierte Benutzerschnittstellen dienen zur Vereinfachung von alltäglichen Situationen. Die Benutzung sensorbasierter Gegenstände reicht von der Personenidentifikation in Firmen bis zur Bergung von Lawinopfern. Diese Arbeit soll einen Überblick über die Eigenschaften von Sensoren und deren Einsatzgebiete liefern. Weiterhin wird anhand von vier Beispielanwendungen aus Forschungsprojekten der Einsatz von Sensoren für Benutzerschnittstellen erörtert. Die Arbeit schließt mit einer Diskussion und Zusammenfassung des Themas.

1 Einleitung

Die Menschen sind in ihren Fähigkeiten begrenzt, doch sie können ihre biologischen Sinne für spezielle Aufgaben technisch ergänzen. Mit Sensoren gibt der Mensch auch seinen Maschinen Augen, Ohren und mehr. Dieses Fenster zur Welt ist bei Maschinen der Sensor.

Allein im Alltag begegnen wir Sensoren zu jeder Zeit. Der erste Kontakt mit Sensoren kann z.B. beim Frühstück sein, wenn wir eine Kaffeemaschine mit Temperatursensoren betätigen oder auf der intelligenten Herdplatte etwas zubereiten, auf der nicht einmal die Milch überkocht. Auf dem Weg in die Arbeit mit dem Auto wirken im Hintergrund eine Vielzahl an Sensoren, die wir explizit gar nicht mehr wahrnehmen. Diese verrichten ihre Dienste beispielsweise im Airbag, im Katalysator, beim Motormanagement und in vielen anderen Modulen. Gemessene Größen sind hierbei unter anderem Druck, Gaskonzentration und Beschleunigung. Am Abend, wenn wir den Wetterbericht hören, bekommen wir die Prognosen über das zukünftige Wetter zwar von einem Meteorologen vorgetragen, diese Vorhersage wird jedoch aus Daten, die von Sensoren gemessen werden, errechnet. Diese Daten sind vor Allem Luftdruck, Luftfeuchtigkeit und Lufttemperatur.

„Sensor“ kommt von dem lateinischen Wort „sensus“, ist aber selbst lateinisiert und kann als „Fühler“ übersetzt werden. Ein Sensor erfasst neben chemischen oder

physikalischen Eigenschaften wie Temperatur, Feuchtigkeit, Druck, Beschleunigung, auch die stoffliche Beschaffenheit seiner Umgebung. Die von ihm erfassten Werte oder Zustände werden in der zugehörigen Applikation verarbeitet.[16] Im Allgemeinen werden Sensoren nicht mehr als reine Messwertaufnehmer gesehen, sondern schon als Kombination aus Mess- und Verarbeitungseinheit.

Heutzutage gibt es eine Vielzahl an Sensoren, wie z.B.:

- Beschleunigungssensoren
- Drucksensoren
- Optische Sensoren
- Berührungssensoren

Schon jetzt sind viele Geräte mit Sensoren ausgestattet. Z.B. benutzen GPS-Geräte Lokalisierungssensoren, um die eigene Position zu ermitteln oder jemanden zu navigieren. Ein sind die integrierten Regensensoren im Auto. Diese schalten den Scheibenwischer automatisch ein, falls sie Regentropfen erkennen.

Weitverbreitet sind Sensoren, die Personen identifizieren, z.B. über die Messung des Fingerabdrucks. Die biometrische Erkennung über den Fingerabdruck ist eine billige und weit verbreitete Methode. Zur Erkennung des Fingerbildes wird dieser vorab mit einem Sensor aufgenommen. Für dieses Verfahren ist die Verwendung mehrerer Sensoren möglich: optische, thermische oder kapazitive Sensoren.

Optische Sensoren nehmen das Bild des Fingers mit Hilfe einer Kamera auf. Thermische Sensoren, welche aus einer Matrix von Einzelsensoren bestehen, ermitteln das Wärmebild des Fingers als Datensatz zur Weiterverarbeitung. Kapazitive Sensoren bestehen aus mehreren Kondensatoren. Hierbei werden durch das Auflegen des Fingers auf das Ablesegerät unterschiedliche Kapazitäten bei den einzelnen Kondensatoren gemessen. Werden diese dann ausgewertet, erhält man das Abbild des Fingers.

Das gewonnene Abbild wird mit dem eingespeicherten Bild des Fingers verglichen. Besteht eine Übereinstimmung der beiden Bilder, so wird z.B. eine Tür geöffnet.

Heutzutage werden meist die optischen Sensoren benutzt. Problematisch bei dieser Methode ist jedoch die leichte Fälschbarkeit des Abbilds, welche über den Fingerabdruckscanner erstellt wird. Am sichersten gegenüber Täuschung ist die kaum verbreitete thermische Methode. Hier reicht ein zweidimensionales Abbild eines Fingers nicht aus, um sich etwa Zugang zu einem Raum zu beschaffen. Am leichtesten sind die kapazitiven Sensoren zu überlisten, da diese durch einfache Graphitabdrucke eines Fingers zu täuschen sind.[11]

Es stellt sich also heraus, dass Fingerabdrucksysteme bei Zugangssicherung keine wirkliche Kontrolle bieten. In Kombination mit anderen biometrischen Erkennungsverfahren, wie beispielsweise mit der Netzhauterkennung, sind diese Verfahren jedoch wirkungsvoll einzusetzen.

Der Fortschritt in der Sensorik ermöglicht auch das Messen der Emotionen oder des psychischen Zustands eines Menschen. Mit dieser Erkennung kann die Mensch-Maschine-Kommunikation mehr auf menschliche Bedürfnisse eingestellt werden. Solche Emotionserkennungen sind etwa für Designer von Computerspielen interessant.[23]

2 Sensorklassifikation

Heutzutage gibt es eine große Vielzahl an Sensoren, welche in der Technik verwendet werden. Fortschritte in der Sensortechnologie wie z.B. geringer Energieverbrauch oder kostengünstige Produktion ermöglichen verschiedene Integrationen von Sensoren in Geräten und Vorrichtungen.[3] Es gibt nicht nur eine Vielzahl an Anwendungsmöglichkeiten, sondern auch an Sensoren. Die Frage ist nur, welcher Sensor für die jeweilige Anwendung geeignet ist. Die Sensoren können aus logischer und physikalischer Sichtweise unterteilt werden.[4] Dieser vorgeschlagener Ansatz wird in den folgenden Abschnitten näher erläutert.

2.1 Unterteilung der Sensoren aus logischer Sicht

Sensoren werden nach der Art der zu messenden Daten und nicht nach ihrer speziellen Beschaffenheit unterteilt. Somit werden sechs Dimensionen zur Umgebungserkennung unterschieden.[4]

Die erste Dimension ist die Benutzer-Identität. Identität besitzt eine allgemeine Definition, welche von Differenzierung von Objekten bis zur eigentlichen Identifikation reicht. Diese Dimension wird heute schon benutzt, um beispielsweise Dienstleistungen ohne eigentliche Benutzereingaben zu personalisieren oder an den Benutzer anzupassen. Hierbei kann z.B. die Suche nach Produkten in einem Supermarkt mit Hilfe eines PDAs erleichtert werden, indem der Weg zu dem gesuchten Produkt auf dem PDA-Bildschirm angezeigt wird.

Die zweite Dimension ist die Ortung, bzw. Lokalisierung. Anwendungen aus dem Gebiet der Verteilten Systeme verwenden hauptsächlich Lokalisierungsinformationen, um Objekte finden zu können. Diese Informationen enthalten sowohl 3D Koordinaten wie auch Ortsbeschreibungen.

Die dritte Dimension, die Aktivität, beschreibt die Tätigkeiten des Benutzers. Die Sensoren können die Tätigkeit des Benutzers erfassen, wie z.B. einfache Bewegungsmuster, oder auch die Arbeit präzise beschreiben, die gerade ausgeführt wird.

Die Objektbenutzung ist die vierte Dimension. Sensoren messen in dieser Dimension die Relationen von Benutzern zu Objekten. Außerdem können sie feststellen, wie der Gegenstand benutzt wird und ob er getragen wird.

In der fünften Dimension geht es um die Gemütsbewegung und biologische Zeichen der Benutzer. Sensoren messen das innere Befinden der Benutzer, wie z.B. Zorn, Freude oder Trauer. Forschungen zu diesem Gebiet befinden sich noch in der Anfangsphase. Erste Ergebnisse sind beim Messen von Herzschlag und Hautleitfähigkeit erzielt worden, um die Vorlieben des Benutzers zu ermitteln.

Die sechste Dimension ist die menschliche Interaktion. Hier erfassen Sensoren zwischenmenschliche Beziehungen. Solche Beziehungen können das einfache Zuhören oder Zuschauen sein, oder auch eine Wechselbeziehung, wie sei bei Diskussionen vorkommen.

2.2 Unterteilung der Sensoren aus physikalischer Sicht

Die Platzierung eines Sensors erfordert genaue Überlegungen. Zum Beispiel kann ein Verkehrsstau aus gewisser Entfernung mittels einer Kamera erkannt werden. Eine andere Möglichkeit zur frühzeitigen Stauererkennung wäre mit Sensoren, die in jedem Auto integriert sind. Somit liefern sie Informationen über den Abstand zum Auto, das vor einem fährt und über dessen Geschwindigkeit. Beide Varianten sind für das Lösen des Problems relevant, haben aber unterschiedliche Nebeneffekte. Die Kamera muss einmal montiert werden und ist dann für jedes Auto anwendbar, aber nur für einen Einsatzort. Jedoch findet die Kamera auch andere Einsatzmöglichkeiten, wie beispielsweise als Hilfe für die Polizei zur Suche von Kriminellen. Die lokale Einrichtung an jedem Auto erfordert die individuelle Montage, jedoch kann der Benutzer aber frei entscheiden, ob er am System mitwirken möchte, oder nicht. Außerdem ist diese Einrichtung am Auto nicht an einen Ort gebunden, sondern kann überall eingesetzt werden.[4]

Es gibt vier verschiedene Kategorien der Sensorplatzierung. Sensoren, die stationär installiert sind, wie z.B. im Boden oder in Wänden, wo Änderungen der Platzierung nur mit Aufwand geschehen, werden als umgebungsgebunden kategorisiert. Sensoren, die am Menschen angebracht sind, können nur dann benutzt werden, wenn sie aktiv getragen werden. Diese Art von Platzierung ist nicht an den Ort gebunden. An Gegenständen befestigte Sensoren hingegen können umgebungsgebunden sein, wenn sie z.B. an einem Stuhl fixiert sind oder können Orts unabhängig sein, wenn sie an einem Schlüssel montiert sind, und dieser vom Mensch mitgenommen wird. Dieser Unterschied hängt von dem Gegenstand ab, an dem der Sensor befestigt wird.

2.3 Zusammenfassung

Die Einteilung der Sensoren ist sehr wichtig für Entwickler und Designer. Fasst man die im vorherigen Abschnitt vorgestellten Unterteilungen zusammen, nämlich die Aufteilung aus logischer wie auch aus physikalischer Sicht, ergibt sich folgende Tabelle, angepasst aus [4].

Tabelle 1. Übersicht über die Sensoren, die zu verschiedenen Zwecken benutzt werden.

Platzierung	Umgebungsgebunden	Objektgebunden	Menschgebunden	Zusammenwirkung
Identität	Biometrische Erkennung	Träge Sensoren	Audio, träge Sensoren	Lokalisierungssysteme
Objektbenutzung	Audio, Vision	Träge Sensoren	Audio, träge Sensoren	Lokalisierungssysteme
Ortung	Ladezellen, Audio	GPS	GPS	Lokalisierungssysteme
Emotion	Vision, Audio	Berührung	Träge Sensoren, Temperatur	_____
Aktivität	SmartBoard, Vision	_____	Träge Sensoren, GPS	_____
Interaktion	Audio, Video	_____	Träge Sensoren	_____

Bezüglich [4], ist aus der Tabelle zu erkennen, dass zur Personenidentifikation die biometrischen Sensoren, wie Fingerabdruck oder Netzhauterkennung gut geeignet sind. Andere Methoden, welche auf Audio- oder Sehvermögen beruhen, liefern Ergebnisse mit geringerer Qualität. Träge Sensoren, welche auf Gegenständen oder auf Menschen platziert sind, werden verwendet, um Bewegungen zu ermitteln. Um Information über die Position im Freien zu erfassen, wird GPS verwendet.

Es ist weiterhin zu erkennen, dass umgebungsgebundene Sensoren die besten Ergebnisse zur Identitätserkennung liefern.

Sensoren, welche direkt am Menschen angebracht sind, messen vor Allem Gemütsbewegungen, Emotionen und Aktivitäten.

3 Technik

Sensoren werden nach verschiedenen Kategorien, wie schon im vorherigen Kapitel beschrieben, ausgewählt. Zu den jeweiligen Kategorien gibt es verschiedene Sensoren, welche unterschiedliche Funktionen haben. Diese unterschiedlichen Sensoren sollen in diesem Abschnitt vorgestellt werden.

3.1 Optische Sensoren

Licht- oder optische Sensoren (Photodioden, Farbsensoren, UV-Sensoren, usw.) liefern Informationen über die Lichtintensität, die Dichte, die Reflektion, die Farbtemperatur anhand der Wellenlängen und über die Art des Lichts, ob es Sonnenlicht oder künstliches Licht ist. Lichtsensoren sind sehr kostengünstig aufgrund der geringen Fertigungskosten und dem niedrigen Energieverbrauch.

Eingesetzt werden optischen Sensoren etwa bei Lichtschranken. Hierbei werden Unterbrechungen der Leuchtquelle auf dem Sensor registriert und für weitere Verarbeitungen in elektrische Signale umgewandelt.[1]

3.2 Lokalisierungssensoren

Viele gegenwärtige Anwendungen benötigen Informationen über Position, Lage und Nähe von Benutzern oder von Geräten. Auch die Relation zu der Umgebung ist ein wichtiger Faktor. Im Freien wird das GPS (Global Positioning System) verwendet, um Positionen zu bestimmen. Dieses System wird von Satelliten unterstützt, um den genauen Standort zu erfassen.[10] Innerhalb von Gebäuden werden Lokalisierungssensoren in der Umgebung eingebaut, wie beispielsweise das Active Badge System. Bei diesem System trägt jeder Mitwirkende ein Kennzeichen, womit er sofort lokalisiert werden kann, um z.B. ein Telefongespräch gleich in das richtige Zimmer weiterzuleiten. Näheres zum Active Badge System kann unter [9] nachgelesen werden.

3.3 Berührungssensoren

Berührungssensoren (englisch: touch-sensors) sind in verschiedenen Varianten vorhanden, wie z.B. induktive oder kapazitive Versionen.[15]

Weit verbreitet ist die kapazitive Technologie. Abbildung 1 zeigt die Funktionsweise eines kapazitiven Berührungssensors. Solch ein Sensor besteht aus zwei laminierten Glasschichten, welche von einer gemusterten, metallhaltigen aber transparenten Oxidbeschichtung getrennt werden. Ein elektrostatisches Feld wird an der Oberfläche des Sensors erzeugt. Sobald ein Finger oder ein anderes leitfähiges Medium die Oberfläche berührt, wird das elektrostatische Feld verändert und ein Ereignis registriert. Solche Berührungssensoren werden z.B. an den Türen der S-Bahn oder der Tram eingesetzt, welche die Türen öffnen, sobald eine Person die markierte Fläche berührt. Berührungssensoren können den Energieverbrauch erheblich reduzieren, da sie nur aktiv werden, wenn sie direkt berührt werden.

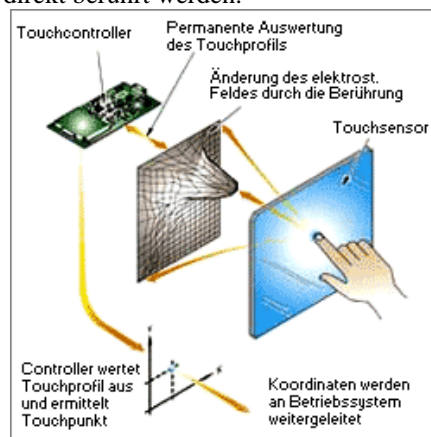


Abb.1: Dieses Bild zeigt die Funktionsweise eines kapazitiven Berührungssensors. Quelle [15]

3.4 Temperatursensoren

Temperatursensoren messen Temperatur und Temperaturänderungen. Dazu wird der fallende bzw. steigende Widerstand im Halbleiter ermittelt. Hierbei ändert sich der Widerstand des Halbleiters in Abhängigkeit von der Temperatur. Es gibt zwei Arten von Temperatursensoren: Thermistoren und Posistoren. Die Unterscheidung geschieht mittels dem Temperaturkoeffizienten, der bei Thermistoren negativ ist, bei Posistoren jedoch positiv. Somit haben Thermistoren einen fallenden Widerstand bei steigender Temperatur, die Posistoren einen steigenden Widerstand bei steigender Temperatur. Mit Thermistoren misst man die Temperatur eines Lebewesens oder der Umgebung. Weitere Anwendungen zur Temperaturmessung mit Thermistoren finden sich in der Haushaltselektronik, in der Heiz- und Klimatechnik und im Auto. Posistoren hingegen dienen als Sicherung bei der Überschreitung vorwählbarer Temperatur-

ren. Einsatzgebiete sind bei der Mess- und Regeltechnik zur Temperaturmessung und als Grenztemperaturfühler beim Motor.[22]

3.5 Schallsensoren

Der Schallsensor ist ein akustischer Sensor, welcher Schwingungen oder Wellen in elektrische Signale umwandelt. In der Regel gehören zur messtechnischen Anwendung ein Sender und ein Empfänger. Schallsensoren werden jedoch nur beim Empfangen gebraucht. Er wird hauptsächlich bei Anwendungen verwendet, welche im Ultraschallbereich arbeiten, also im Frequenzbereich von etwa 40 kHz. Der vom Mensch hörbare Frequenzbereich liegt im Intervall von 15 Hz bis 20 kHz. Diese Wellen sind mit einfachen Mikrofonen messbar. Ultraschallmessungen erfolgen durch die Auswertung der Laufzeitunterschiede zwischen hin- und rückläufiger Welle. Hierbei gilt es jedoch zu beachten, dass Schallwellen von harten Materialien wie Stahl oder Beton reflektiert werden und sich nur in materiellen Medien ausbreiten können.

Im hörbaren Bereich des Menschen werden Schallwandler zur Überwachung von Räumen verwendet, wie z.B. ein Babyphon. Ultraschallsensoren jedoch werden benutzt, um die Dicke undurchdringlicher Medien, wie etwa Stahlplatten, zu bestimmen, sowie Abstände zu messen, wie z.B. bei Einparksystemen beim Auto. Auch zur Bestimmung der Meerestiefe werden Ultraschallwandler, nämlich das Echolot, verwendet.[22]

3.6 Optosensoren

Optosensoren ermöglichen der Technik das „Sehen“. Solch ein Sensor ist auch eine Kamera, welche die Umgebung ablichtet oder filmt und diese Informationen weiterleitet.

Sensoren zur Lichterkennung sind Photodioden und Phototransistoren. Sollen Gegenstände von einem Sensor erfasst werden, setzt man selbstauslösende Festkörpersensoren ein. Ein anderes, oft verwendetes Prinzip ist das Charged Coupled Device (CCD). Als Maß für den Lichteinfall auf dem Sensor dient die Anzahl der freien Elektronen. Um die gespeicherten Informationen auszulesen, werden die Elektronen periodisch abgegeben. Dieses Prinzip wird beim Scan-Vorgang verwendet.

3.7 Infrarot-Sensoren

Infrarot-Sensoren messen Strahlungen im μm -Bereich. Die Elektronik des Sensors besteht aus einem Photoelement, der die Spannungsänderung misst und diese dann in ein Schaltsignal umwandelt. IR-Sensoren werden zur Kontrolle von temperaturabhängigen Prozessen, wie z.B. in der Nahrungsmittelindustrie, eingesetzt, um die Wärmestrahlung zu messen. Sie reagieren nur auf bestimmte Wellenlängen und sind somit wenig störanfällig. Infrarot-Sensoren sind auch in Form einer Infrarot-Kamera verfügbar.[22]

3.8 Drucksensoren

Drucksensoren enthalten einen Siliziumchip mit runder oder quadratischer Druckmembran. Sobald auf die Membran ein Druck ausgeübt wird, verformt sie sich entsprechend der Dehnung. Diese Veränderungen zeigen sich in Widerstandsänderungen, die messbar sind. Die gelieferten Ergebnisse werden in elektrische Signale umgewandelt. Wegen des geringen Gewichts der Membran sind Drucksensoren Lage unabhängig. Einsatzgebiete von Drucksensoren sind sehr weitreichend. Sie werden in der Kfz-Elektronik eingesetzt, bei Kühl- und Klimaanlage, bei Getränkeabfüllmaschinen und vielem mehr. Aufgrund ihrer kleinen Größe, den geringen Fertigungskosten und ihrer hohen Genauigkeit sind die Drucksensoren auch in der Medizintechnik einsetzbar z.B. in Beatmungsgeräten oder Blutdruckmessgeräten.[22]

3.9 Beschleunigungssensoren

Beschleunigungssensoren messen die positive und negative Beschleunigung. Beschleunigungsmessungen werden vor allem in den Bereichen der Mechanik und Technik verwendet, um Schaltungen auszulösen oder um Gesten zu erfassen.

Diese Sensoren erfassen Biegung, Positionsveränderung und Deformation des Objekts. Die Beschleunigungskraft lässt sich aufgrund der Auswirkungen auf die Objekte ablesen. Anwendungen, die mit Beschleunigungssensoren arbeiten, dienen entweder der Qualitätssicherung oder der Sicherheit von Personen. Ein Paradebeispiel ist die Airbag-Auslösung bei einem Unfall. Abgesehen von dem Auslösen des Airbags gibt es weitere Anwendungen im Fahrzeug, wie z.B. das Antiblockiersystem. Eine andere Einsatzmöglichkeit von Beschleunigungssensoren ist beim Versand zu finden. Hier können Stöße und somit unsachgemäßer Umgang mit den Paketen gemessen werden. Weitere Anwendungsgebiete sind bei Alarmanlagen, Erdbebenvorhersagen, Vibrationsmessungen an Gebäuden und Maschinen.[1], [22]

3.10 Bewegungsmelder

Ein Bewegungsmelder ist auch ein Sensor, welcher die Bewegungen von Menschen und Tieren in nächster Umgebung messen kann. Diese Art von Sensor wird hauptsächlich zum Ein- oder Ausschalten von Beleuchtungen oder zum Auslösen eines Alarms verwendet. Bewegungsmelder, welche als Lichtschalter eingesetzt werden, enthalten einen Dämmerungsschalter, der die Beleuchtung nur bei Dunkelheit einschalten lässt. Bewegt sich ein Objekt vor dem Melder, so wird das Licht für eine eingestellte Zeitspanne eingeschaltet. Bewegungsmelder, welche als Alarmanlage tätig sind, enthalten keinen Dämmerungsschalter, da sie immer eine Bewegung melden sollen. Wird die Alarmanlage eingeschaltet, löst sie bei jeglicher Bewegung einen Alarm aus.[22]

3.11 Biosensoren

Viele Geräte sind auf Personen bezogen. Biosensoren messen Hautleitfähigkeit, Blutdruck, Atmung und Muskelspannung. Solche Informationen sind bei Anwendungen im sportlichen wie auch im medizinischen Bereich sehr wichtig. Beispielsweise können implantierte Biosensoren bei Diabetern den Zuckerspiegel messen und bei Bedarf Insulin abgeben. In naher Zukunft wird mit Hilfe von Biosensoren auch das Erkennen des Gemütszustandes einer Person messbar sein.[1]

Es gibt noch viele weitere Arten von Sensoren, deren Auflistung hier zu weit führen würde. Ich habe diese Arbeit deshalb auf die Sensoren beschränkt, die am meisten verwendet werden.

3.12 Beschränkungen bei der Datenerfassung

Wirtschaftliche und technische Beschränkungen müssen beim Entwickeln von Geräten, welche Zusammenhänge erkennen sollen, betrachtet werden. Technische Einschränkungen entstehen aufgrund des Typs des Geräts, wirtschaftliche Einsparungen resultieren aus den Kosten eines Geräts.

Die Tragbarkeit und Benutzbarkeit eines Geräts soll nicht auf Kosten der Sensortechnologie verringert werden. Die Größe, das Gewicht und die physikalische Robustheit von Sensoren genauso wie die Integration des Sensors im Gerät sind von großer Bedeutung.

Auch der Energieverbrauch spielt bei batteriebetriebenen Geräten, wie z.B. Handys oder PDAs, eine große Rolle.

Um Geräte, die Zusammenhänge erkennen sollen, erfolgversprechend zu bauen, müssen sie sicher und verlässlich sein. Dabei muss das Preis-Leistungs-Verhältnis stimmen. Die zusätzlich eingebauten Sensoren sollen den Geräten nicht zu hohe Kosten und einen zu großen Energieverbrauch schaffen, nur um Zusammenhänge zu erfassen.

Trotz den neu integrierten Sensoren müssen die Geräte bescheiden bleiben, die äußere Erscheinung sollte sich nicht auffällig verändern, um bei Benutzern eine höhere Akzeptanz zu erzielen. Viele Benutzer sind intelligenten Geräten gegenüber skeptisch, denn sie sind um ihre Privatsphäre und um den Datenschutz besorgt.[4]

4 Beispielanwendungen

Schon jetzt arbeiten Forscher an neuen ergonomischen Schnittstellen zwischen Computer und Mensch. In Zukunft sollen normale Tastaturen und Mäuse als Eingabegeräte durch neuere Technologien ersetzt oder erweitert werden.[7] Im Folgenden werden Beispiele vorgestellt, die das Leben des Einzelnen erleichtern sollen, hinsichtlich des Computers oder sogar des Autos.

4.1 GestureWrist

Die Gesture Wrist (Gesten-Armbanduhr) ist von Jun Rekimoto, dem Direktor der Interaction Laboratory vom Sony Computer Science Laboratory in Tokio, entwickelt worden.[6] Sie ist erstmals in Zürich auf dem 5. Annual Wearable Computing Symposium vorgestellt worden.

Die Gesture Wrist ist eine Hightech-Uhr, welche dem Benutzer eine Fernsteuerung über tragbare Computer verleiht. In Abbildung 2 ist ein Prototyp der Uhr, die Gesten erkennt, abgebildet. Diese Armbanduhr, welche normal am Handgelenk zu tragen ist, enthält im Armband Sensoren. Die Sensoren erkennen Armbewegungen des Trägers und ob sich die Hand öffnet oder schließt. Die gemessenen Informationen werden an einen tragbaren Computer übermittelt, welcher unmittelbar am Benutzer ist und dessen Bildschirm vielleicht über eine spezielle Brille sichtbar wird. Dieser tragbare Computer kann dann mit dem eigentlichen PC kommunizieren. Somit kann der Benutzer, statt eine PC-Maus zu verwenden, den Mauszeiger auf einem Bildschirm durch vergleichbare Bewegungen mit dem Arm steuern, Icons mittels Öffnen oder Schließen der Hand anklicken.[6], [17]

Die Einzigartigkeit im Design der Gesture Wrist ist die Messung des Handgelenkumfangs, um die unterschiedlichen Handbewegungen zu erfassen.

Diese Messung geschieht mit zwei Elektroden, die einander gegenüber am Armband befestigt sind. Somit erkennt die zwei Elektroden die Stellung der Hand und erfassen, ob die Hand geöffnet oder geschlossen ist. Nur wenn sich der Umfang der Hand ändert, weil sich Muskeln anspannen oder Sehnen strecken, wenn ein Finger gezeigt oder eine Faust geballt wird, werden Messungen erzielt, ansonsten werden keine Daten übertragen.

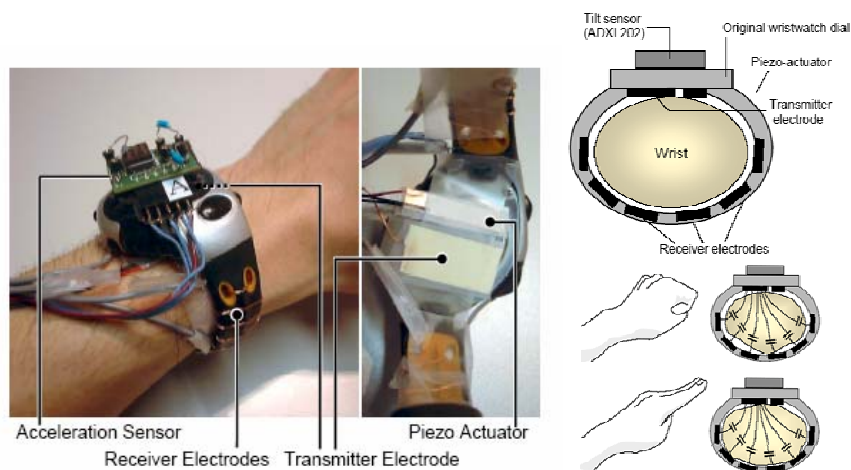


Abb.2: Gesten-Armband als Ersatz für PC-Maus und Messen der Armbewegungen mit Elektroden. Quelle [6]

Weiterhin benutzt die Gesten-Uhr einen Beschleunigungssensor, der direkt neben dem Uhrgehäuse auf dem Armband befestigt ist, um die Richtung und Geschwindigkeit der Armbewegung zu messen.

Zurzeit kann der vorgestellte Prototyp nur einfache Gesten erkennen. Rekimotos System ist noch stark verbesserungsfähig, denn es kann bis jetzt nur identifizieren, ob die Finger ausgestreckt sind und reagiert nur auf einzelne Armbewegungen.

Jedoch ist Rekimoto überzeugt, dass ein feinfühliges System aus Elektroden auch weitere Handbewegungen erkennen könnte.

4.2 ORL Active Floor

Der ORL Active Floor ist ein intelligenter Boden, der von der Olivetty und Oracle Research Laboratory entwickelt wurde.[8] Der Active Floor, der in Abbildung 3 mit zugehöriger Kraftmesszelle abgebildet ist, misst die sich zeitlich verändernde Gewichtsverteilung in einer Umgebung.

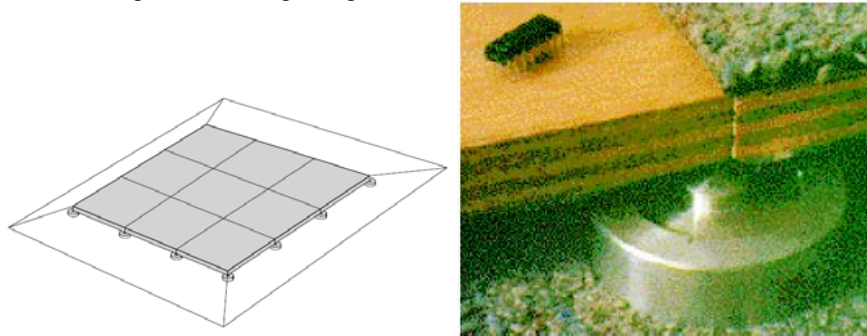


Abb.3: Der intelligente Boden (links) mit zugehöriger Kraftmesszelle (rechts). Quelle [8]

Dieser intelligente Boden ist gegenüber der Gewichtsänderung empfindlich. Die erhaltenen Daten können an das Lokalisierungssystem eines intelligenten Büros weitergeleitet werden. Der Active Floor ist ein quadratisches Raster aus herkömmlichen Teppichfliesen. Diese Teppichfliesen sind mit einer 18 mm dicken Sperrholzplatte und einer 3 mm dicken Stahlplatte verstärkt. Weiterhin sind an jeder Ecke Kraftmesszellen (englisch: load-sensors) angebracht, welche die totale senkrechte Kraft messen. Die verwendeten Kraftmesszellen können einen Gewichtsunterschied von bis zu 50 Gramm bestimmen.

Im Gegensatz zu bestehenden Lokalisierungssystemen, wie etwa das Active Badge System, identifiziert der Active Floor kein Objekt. Es wird lediglich gemessen, dass sich die Gewichtsverteilung auf dem intelligenten Boden verändert hat. Soll dennoch eine Identifizierung stattfinden, so muss nur eine Änderung der Interpretation der Sensordaten erfolgen.

Vorteil dieses Systems ist, dass Objekte und Personen sehr oft in Kontakt mit dem Boden kommen, außer sie sind an der Wand oder Decke befestigt. Weiterhin können Aussagen über die Geschehnisse in der Umgebung gemacht werden.

Der Active Floor erkennt auch, ob ein Utensil beispielshalber vom Tisch entfernt wurde. Diese Möglichkeit der Datenerkennung ist vielleicht in Museen einsetzbar. Weiterhin kann der Active Floor auch als Personenerkennung dienen. Bis jetzt wurde die Identität einer Person anhand der Iris, der Sprache oder des Fingerbildes bestimmt. Mit dem Active Floor kann aufgrund der Schrittfolge die Person erkannt werden.

Eine aus dem Rahmen fallende Eigenschaft des Active Floor ist das Messen des gesamten Gewichts aller Gegenstände in einem Raum. Wenn beispielsweise drei Personen einen Raum betreten, zeigt der Active Floor eine Zunahme an Gewicht gemäß der Gewichtsumme der drei Individuen, einschließlich den Gegenständen, welche sie an sich tragen. Während eine Person sich bewegt, ändert sich auch die Belastung auf dem Boden, jedoch bleibt das Zentrum der Masse auf der gleiche Höhe, woraus sich das Gewicht der Person erschließen lässt.

Zusammenfassend ist der Active Floor ein Messsystem, welches keine expliziten Tags braucht und welches Objekte in einem klar definierten Raum erkennen kann.

Es gibt viele Anwendungsmöglichkeiten für einen intelligenten Boden. Als Integration in intelligenten Räumen einer Wohnung kann es das Öffnen von Türen, das An- und Ausschalten von Licht und Heizung regulieren oder melden, wenn eine Person gestürzt ist und am Boden liegen bleibt. Mit einem intelligenten Boden in öffentlichen Räumen wie Flughäfen oder Krankenhäuser können Personen ausfindig gemacht werden. Bei Sicherheitssystemen kann der Active Floor eine Erweiterung zu Erkennungssystemen mit Tags sein. Wenn z.B. eine Person, per Tag-Identifikation in einen Raum tritt, wird dieser auch per Gewichtsänderung erkannt. Somit kann aufgrund der Änderung der Belastung des Bodens erfasst werden, ob sich die Person zu nah an laufende Maschinen nähert oder ein Gegenstand aufgrund der hohen Gewichtsänderung aus dem Raum entfernt wurde.

Eine andere Alternative zum Active Floor ist ein intelligenter Teppich.[21] Er enthält bis zu 25 Sensoren und Mikrochips pro Quadratmeter, welche auf der Teppichunterseite miteinander vernetzt sind. Die Chips sind als Alarmsystem einsetzbar und unterstützen die Klima- und Leitsystemtechnik in Gebäuden. Drucksensoren registrieren Personen, die sich auf dem Teppich aufhalten und wohin sie gehen. So kann etwa ein Alarm ausgelöst werden, wenn ein Einbrecher durch das Fenster in eine Wohnung steigt.

Eine Zentrale erfährt die Information über die Anzahl und Position der Personen, die sich auf dem Teppich befinden. Entsprechend können Sensoren die Position eines Brandes präzise bestimmen.

4.3 Sensoreinsatz bei der Bergung von Lawinopfern

Aufgrund der steigenden Opferzahlen, die durch ausgelöste Lawinen entstehen, entwickelten Forscher ein System zur Bergung und Lokalisierung der Opfer.[5] Statistiken zeigen, dass dreiviertel aller Lawinopfer an Erstickung sterben. Eine erfolgreiche Bergung der Opfer muss innerhalb der ersten fünfzehn Minuten geschehen. Heutzutage gibt es schon Ortungsgeräte, die von den Aktivisten selbst getragen werden.

Diese Geräte liefern Informationen über die Richtung und Entfernung des Unfalls. Mit deren Hilfe können schon erste Suche und Rettungsmaßnahmen gestartet werden.

Leider reichen diese zwei Information über die Richtung und Entfernung der verschütteten Opfer nicht immer aus, um sie zu retten. Erweitert man diese bestehenden Ortungsgeräte mit Sensoren, so kann zusätzlich noch über den emotionalen Zustand, über Lebenszeichendaten und über die Bewegungsmuster oder über die Orientierung der Opfer im Schnee informiert werden. Mit diesen zusätzlichen Mitteilungen können die Menschen schneller und sicherer geborgen werden.

Um die Überlebenschancen von Lawinopfern zu erhöhen, indem sie schneller geborgen werden, hilft der Einsatz von Sensoren, welche in der Kleidung der Opfer integriert sind. In Abbildung 4 wird ein Prototyp mit den zugehörigen Sensoren gezeigt.



Abb.4: Prototyp mit Beschleunigungssensor und Biosensor. Quelle [5]

Eingesetzte Sensoren sind Beschleunigungssensoren und Biosensoren. Beschleunigungssensoren liefern Informationen über die Orientierung. Diese wird über die Richtung der Schwerkraft ermittelt. Somit können Verletzungen während des Ausgrabens vermieden werden. Mit Biosensoren werden Puls, Bewusstsein und Atmungsaktivität gemessen. Aufgrund dieser Informationen können sich die Sanitäter auf die Behandlung vorbereiten, denn jeder Zustand erfordert andere Herangehensweisen. Zudem erfahren die Sanitäter im Krankenhaus oder im Krankenwagen, wie viele von ihnen gebraucht werden, denn eine Wiederbelebung z.B. beansprucht zwei Helfer.

Die getragenen Ortungsgeräte von den verschütteten Personen müssen dann von den Bergungs-Leuten gefunden werden. Eine Möglichkeit ist per Audio-Unterstützung, so dass das „Finde-Gerät“ lauter piept, je näher es an die Lawinop-

fern kommt. Ein anderer Weg wäre per visueller Unterstützung, so dass Pfeile die Richtung visualisieren und auch Abstände zu dem Opfer gezeigt werden.

Folglich bekommen die Helfer und Retter durch den Einsatz an Sensoren wichtige Informationen geliefert, mit deren Hilfe sie lebensrettende Schritte einleiten können.

4.4 Das „sehende Auto“

Sensoren spielen auch eine große Rolle in der Automobilelektronik. Schon heute sind Sensoren in Autos integriert, wie etwa ABS, ESP und Airbag. Das „sehende Auto“ kann man einerseits als Entwicklung zum Autopilot sehen, andererseits als Hilfe, die Verletzungsgefahr bei Unfällen zu mindern.[12], [14]

Beim Ersteren soll das Auto mittels Sensoren das Umfeld wahrnehmen und interpretieren. Somit kann es auf Geschehnisse und Hindernisse reagieren, um das Fahren sicherer und komfortabler zu machen. Ziel dieser Entwicklung ist, die Schwere von Unfällen zu reduzieren und die Anzahl der Unfälle, die aufgrund der Unaufmerksamkeit des Fahrers geschehen, zu reduzieren.

Beim zweiten Ansatz sollen Airbags mit Hilfe von Sensoren der Situation entsprechend reagieren und Passagiere schützen, falls es doch zum Unfall kommt. In den Autositzen sind Sensormatten eingelassen, welche das Gewicht und die Gewichtsverteilung messen. Folglich erkennt das Auto, ob ein Kind, ein leicht- oder schwergewichtiger Erwachsener oder ein Gegenstand sich auf dem Sitz befindet. Weiterhin sollen Digitalkameras den Innenraum eines Autos überwachen, damit die Positionen der Passagiere erfasst werden können. Wenn eine Person beispielsweise während eines Zusammenstoßes nach vorne gebeugt ist, so bläst sich der Airbag langsamer auf, damit Verletzungen durch den Luftsack vermieden werden.

5 Chancen und Grenzen

Prozessoren und kleinste Sensoren werden aufgrund der Miniaturisierung der Computertechnologie in absehbarer Zukunft in Alltagsgegenstände verstärkt integriert werden. Die traditionellen Eingabegeräte wie Tastatur und Maus werden verschwinden und die Kommunikation zu Computern wird über unsere Kleidung, Armbanduhr oder Möbel erfolgen.[2], [19]

Sensoren bieten der heutigen Gesellschaft sowohl Chancen als auch Grenzen. Die Chancen liegen etwa darin, Computerspiele realistischer, Computereingaben effektiver und einfacher zu machen und Alltagsgegenstände wie Geschirrspüler, Kühlschränke, usw. individueller und schlauer zu gestalten.

Auch das Leben des Einzelnen kann sicherer werden, denn bei einem Verkehrsunfall können sie z.B. per GPS schnell geortet und gerettet werden.

Ein anderer Aspekt wäre, wenn in Zukunft bei künstlichen Gelenken, wie etwa Hüft- oder Kniegelenken, Mikro-Sensoren integriert sind, die eine Infektion bemerken, die Bakterien bestimmen und diese mittels geeignetem Antibiotikum bekämpfen.

Kritiker argumentieren jedoch, dass die Kosten einer solchen Operation finanziell nicht zu tragen sind.[13]

Auch wenn die sensorbasierten Benutzerschnittstellen Fortschritt und Effizienz versprechen, so haben sie dennoch einen negativen Effekt, und zwar rechtlicher und ethischer Art.

Das Problem des „gläsernen Kunden“ wird durch die Benutzung von Sensoren vergrößert, da die Informationen vor Dritten nicht sicher sind. Wenn Sensoren in der Kleidung integriert sind, senden sie Daten, ohne dass der Träger dies mitbekommt. Diese Daten können anderweitig ohne das Einverständnis des Trägers weiterverwendet werden.[18]

Somit haben sensorbasierte Benutzerschnittstellen weit reichende Folgen für die Bereiche Sicherheit und Datenschutz, denn eine Überwachung der einzelnen Personen ist ohne Anstrengung möglich. Informationen von Sensoren, welche dauerhaft angelegt werden, können von unberechtigten Dritten gelesen werden und für andere Zwecke missbraucht werden. Emotionserkennung kann etwa in einer Firma benutzt werden, um die Motivation der Angestellten zu überprüfen. Basierend auf diesen Informationen kann ein Angestellter entlassen oder befördert werden.

Der Schutz der Privatsphäre des Einzelnen ist gefährdet, wenn sensorbasierte Benutzerschnittstellen immer aktiv sind und regelmäßig Daten versenden, um dem Benutzer jederzeit zu Diensten stehen zu können. Somit ist die Balance von Freiheit und Sicherheit sehr gefährdet, denn die qualitativen und quantitativen Möglichkeiten der Überwachung werden ausgeweitet zu einer dauerhaften und heimlichen Kontrolle.

6 Schlussfolgerung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Einsatz von Sensoren positive wie auch negative Konsequenzen haben kann. In der Umwelt eingesetzte Sensoren können ökologische Effekte besser kontrollieren, aber die Überwachungsmöglichkeit der Menschen könnte schwerwiegende Effekte nach sich ziehen, wie etwa Einschränkungen in der Privatsphäre.

Der anhaltende Trend des Fortschritts in der Mikroelektronik führt dazu, dass elektronische Komponenten noch bemerkenswert leistungsfähiger, kleiner und billiger werden. Demzufolge werden sensorbasierte Benutzerschnittstellen in absehbarer Zukunft eine große Rolle in unserem alltäglichen Leben spielen. Sie erleichtern die Kommunikation zwischen Mensch und Maschine und machen unser Leben sicherer, nicht nur durch den Einsatz in Automobilen, sondern auch in Kleidungen zur Lokalisierung.

Doch auch in der Medizin werden Sensoren vermehrt eingesetzt. So sollen Atmungsgeräte intelligenter werden oder die Abstoßung von transplantierten Organen schneller erkannt werden. Auch die Behandlung von chronisch kranken Patienten kann verbessert werden, wenn Sensoren kontinuierlich Daten an den behandelnden Arzt senden. Weiter kann auch das Verhalten von autistischen Kindern erforscht werden, wenn Sensoren in das tägliche Leben eines Kindes integriert sind.[13]

Bei der Verwendung von Sensoren spielt nicht nur die Anwendung eine große Rolle, auch die Effizienz und Wirtschaftlichkeit sind wichtige Faktoren. Manche

industriellen Branchen wie etwa der Maschinen- oder Automobilbau sind ohne Sensorik nicht mehr denkbar. So werden Sensoren zur Massenware und sichern Arbeitsplätze in der Sensorherstellungstechnik. Technischer Fortschritt, steigende Wirkungsgrade, geringere Emissionen, bessere Ressourcen- und Umweltschonungen können durch den Einsatz von Sensoren ermöglicht werden.

Aber Sensoren sind auch Gegenstand und Mittel der Forschung, denn jeder Sensor basiert auf einem naturwissenschaftlichen Effekt und nutzt den funktionellen Zusammenhang zweier oder mehrerer Größen.

Viele weitere Anwendungsmöglichkeiten intelligenter und kommunizierender Gegenstände sind denkbar. Grundsätzlich beruhen die Grenzen ihres Einsatzes weniger auf technischen Gesichtspunkten, sondern sind eher ökonomischer, rechtlicher und moralischer Art. Denn wer bestimmt, was die Alltagsgegenstände wem verraten und was sie sich merken dürfen? Auch wenn solch intelligente Produkte für den Endverbraucher noch weitgehend undenkbar sind, dürfte langfristig die Techniken der Verteilten Systeme eine große wirtschaftliche Bedeutung bekommen, da folglich innovative Produkte und neuartige Dienstleistungen möglich werden.

Referenzen

1. A. Schmidt and K. V. Laerhoven, "How to build smart appliances," IEEE Personal Communications, August 2001
2. A. Schmidt, M. Strohbach, K. Van Laerhoven, and H.W. Gellersen, "Ubiquitous Interaction - Using Surfaces in Everyday Environments as Pointing Devices," 7th ERCIM Workshop "User Interfaces For All", 23 - 25 October, 2002
3. B. Yoshimi, "On Sensor Frameworks for Pervasive Systems" Workshop on Software Engineering for Wearable and Pervasive, Computing SEWPC00 at the 22nd Int. Conference on Software Engineering ICSE 2000.
4. F. Michahelles, B. Schiele, "Sensing Opportunities for Physical Interaction." Workshop on Physical Interaction (PI03) at Mobile HCI, Udine, Italy, 2003.
5. F. Michahelles, P. Matter, A. Schmidt, B. Schiele., "Applying Wearable Sensors to Avalanche Rescue: First Experiences with a Novel Avalanche Beacon". Computer & Graphics, Vol. 27, No. 6, 2003
6. J. Rekimoto, "GestureWrist and GesturePad: Wearable Interaction Devices," Fifth International Symposium on Wearable Computers, 2001
7. LE. Holmquist, R. Maz, and S. Ljungblad. "Designing Tomorrow's Smart Products - Experience with the Smart-Its Platform." In DUX, San Francisco, 2003
8. M. Addlesee et al., "The ORL Active Floor," IEEE Personal Communications, vol. 4, no. 5, pp. 35-41, October 1997
9. R. Want et al., "The Active Badge Location System," ACM Trans. Information Systems, vol. 10, no. 1, Jan. 1992, pp. 91-102.

Internetadressen, aufgerufen im Zeitraum November, Dezember 2004:

10. http://de.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System
11. <http://www.bromba.com/faq/fqfaqd.htm>
12. http://www.eit.uni-kl.de/fb_et/news/vortrag_01_07_04.htm
13. <http://www.heise.de/tp/r4/artikel/5/5501/1.html>
14. http://www.iitb.fraunhofer.de/servlet/is/1620/Sehendes_Auto.mpg

15. http://www.infotronik.at/touchscreen.php?id=7&category=touchscreen_komp
16. <http://www.lexikon-definition.de/Sensor.html>
17. <http://www.newscientist.com/article.ns?id=dn1398>
18. <http://www.privacy-security.ch/interface/2004/pdf/Buellesbach.pdf>
19. <http://www.vs.inf.ethz.ch/publ/papers/ethbulletin03.pdf>
20. <http://www.weltderphysik.de/forschung/experimente/sonstiges/sensoren/>
21. <http://www.zdnet.de/z/news/0,39023863,2134237,00.htm>
22. <http://www.fbp.mfh-iserlohn.de/Labore/ELON/ex296.pdf>

Referenz auf Artikel aus dem Seminar UI-Update 1.0

23. D. Kern, Gefühlsorientierte Benutzerschnittstellen, Seminar UI-Update 1.0, Ludwig-Maximilians-Universität München, Feb. 2005
<http://www.hcilab.org/events/ui-update1.0/>