



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Seminararbeit Anwendungen 1

Arazm Hosienny

Wearable Computing: Ein neues Paradigma in
Computersystemen und ihren Applikationen

Arazm Hosieny

Wearable Computing: Ein neues Paradigma in
Computersystemen und ihren Applikationen

Seminararbeit im Rahmen der Veranstaltung Anwendungen 1
im Studiengang Master of Science Informatik
am Department Informatik
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Prüfer: Prof. Dr. Kai von Luck

Abgegeben am 25. Juli 2008

*Meinem ungeborenen Kind,
meiner Frau
und meinem Vater*

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	5
1 Einführung	6
2 Stand der Forschung der existierenden Projekte	8
2.0.1 Head Mounted Display: Spannende Projekte über elektronische Brillen	10
2.1 Intelligente Kleidungsstücke, die sich kaum von herkömmlicher Kleidung unterscheiden	12
2.1.1 SmartShirt	14
3 Gedanken des Menschen mittels Neural Impulse Actuator lesen	15
3.1 Einsatzgebiet des NIA und technische Details	15
3.1.1 Sensoren des NIA und Systemvoraussetzungen	16
4 Fazit und Ausblick	17
Literaturverzeichnis	19

Abbildungsverzeichnis

2.1	Die wesentlichen Stellen an denen tragbare Objekte angebracht werden können: (A) Hals- und Nackenbereich (B) Schulter (C) Handgelenk (D) Ellenbogen (E) Bauch (F) Hüfte (G) Knie (H) Fußgelenk	9
2.2	Steve Manns Entwicklungen von Anfang der Achtziger Jahre. Abb.(a bis c) zeigen Helmdisplays inklusive Antennen. Abb. (d) ist ein „EyeTap“ Display . .	11
2.3	Head Mounted Display von IBM mit dem Wearable Thinkpad	11
2.4	(a) Musikjacke (b) Textile Tastatur, die in die Jacke eingenäht ist	13
2.5	„Seven Mile Boots“	13
2.6	„SmartShirt“	14
3.1	„Neural Impulse Actuator“	16

1 Einführung

Die Vielseitigkeit und Konvergenz verschiedener Technologien machen es möglich, auf eine völlig neue Art und Weise Informationen zu verarbeiten und zu nutzen. Dank der Fortschritte in der Elektrotechnik werden Mikroprozessoren mit hoher Performance, aber geringem Strom- und Speicherverbrauch erzeugt. Jahrzehnte Forschungen in der Informatik haben zur Produktion von hands-free Computing, Gestenerkennungssystemen und Spracherkennungssystemen beigetragen. Fast schwerelose Mini-Displays in Kombination mit der Technologie der mobilen Kommunikation zeigen Anwendern neue Wege, untereinander überall und zu jeder Zeit Informationen auszutauschen. Die Mobilität und Vielfältigkeit der unsichtbaren Geräte nehmen eine neue Dimension an. Der Mensch möchte den Computer nicht wahrnehmen, trotzdem seine Vorteile nutzen.

Eine Lösung für nicht wahrnehmbare Geräte bietet hier der Einsatz von Wearable Computern. Sie können, wie der Name schon verrät, am Körper unauffällig getragen werden. Die Realität des Benutzers wird erweitert, weil die Geräte am Körper täglich getragen werden und eine Menge kontextbezogenen Daten sammeln. Im Jahr 1998 wurden sie von Steve Mann wie folgt abgegrenzt: „The wearable computer runs continuously, and is always ready to interact with the user. Unlike a hand-held device, laptop computer or PDA, it does not need to be opened up and turned on prior to use“ [Mann 2008]. Die Hardware wird immer kleiner und leistungsfähiger. Vor einigen Jahren waren die Geräte unhandlich und schwer. Mit dem neuen Paradigma Wearable Computing können moderne „Wearables“ heute problemlos in Alltagsgegenstände wie Brillen, Schmuck, Kleidung und Uhren integriert werden. Akkulaufzeiten von zehn Stunden und mehr sind bereits Realität. Aus heutiger Sicht ist lediglich zu ergänzen, dass Wearables auch in der Lage sein sollten permanent mit ihrer physikalischen Umgebung zu interagieren und lokations- bzw. situationsspezifisches Verhalten auszuprägen. Demnach erkennen „Wearables“ ihre eigene Umgebung und passen sich ihr an. Zudem erkennen sie das Verhalten des Benutzers und reagieren dementsprechend. Richtet der Benutzer die Augen gerade auf den Monitor, während er sich vom Fernseher abwendet, müssen die relevanten Informationen auf dem Monitor visualisiert werden und nicht auf dem Fernsehen. Ist der Benutzer auf seinem Telefon nicht erreichbar, bekommt er eine Benachrichtigung per E-Mail, SMS oder Fax. Ursprünglich waren „Wearables“ für militärische Zwecke gedacht, sie haben jedoch die Hürde zum „Otto Normalverbraucher“ geschafft. Ziel dieser Arbeit ist es, die Vorzüge der bereits auf dem Markt befindlichen „Wearables“ für den Einsatz eines Neural Impulse Actuator (NIA) herauszufinden. Der NIA, auch als Brain Mouse bekannt,

vereint das Nerven-Impuls-Erkennungssystem (Neural Impulse) mit integrierten Blickbewegungserkennungssystem (Eye Tracker) und Gestenerkennungssystem. Die Gedanken des Menschen liefern Impulse, diese in Kombination mit Blickbewegungserkennung und Gestenerkennung soll die Umgebung an die Bedürfnisse des Menschen anpassen. Können wir bald die Gedanken des Menschen lesen?

Zum Aufbau: Abschnitt 2 stellt die Anforderungen an „Wearables“ dar und durchleuchtet einige aktuellen Forschungsprojekte. Abschnitt 3 evaluiert den Stand der Forschung auf dem Gebiet des „Neural Impulse Actuator“. Abschnitt 4 fasst die Ergebnisse zusammen und gibt einen Ausblick auf anstehende Arbeiten, Abschnitt 5 enthält die Referenzen.

2 Stand der Forschung der existierenden Projekte

Im Bereich „Wearable Computing“ sind sehr viele renommierte Unternehmen an verschiedenen Projekten tätig, die das selbe Ziel anstreben. Sie wollen ihre Produkte für den Otto Normalverbraucher anbieten. Das Interesse der Kunden ist groß. Dabei werden gewisse Anforderungen seitens der Verbraucher und Entwickler an die tragbaren Geräte gestellt. In diesem Kapitel werden einige wenige Produkte vorgestellt, die von renommierten Unternehmen entwickelt wurden. Sie genügen durch ihre besonderen Anfertigungen und Bauform diesen Anforderungen. Bevor diese Produkte vorgestellt werden, müssen in diesem Zusammenhang einige Begriffe geklärt werden. Die grundlegenden Anforderungen werden in folgende Bereiche gegliedert:

Performance

Die Geräte müssen in angemessener Zeit Daten verarbeiten können.

Ergonomie

Trotz komplexen Funktionsumfangs müssen die Geräte für den Benutzer leicht bedienbar bleiben, am besten ohne zusätzliche Schulungen.

Beweglichkeit Die intelligenten Geräte werden möglicherweise an Stellen des Körpers angebracht, die die Flexibilität der Geräte voraussetzen (z.B. Gelenke). Bewegliche Stellen sollen sich mitbewegen.

Gewicht

Eine essenzielle Voraussetzung für tragbare Computer ist die Leichtigkeit. Der Benutzer darf das Gewicht nicht bemerken. Die Geräte müssen so integriert werden, dass sie als Beispiel bei einer Hose in die Knöpfe oder Nähte angebracht werden.

Hitzeentwicklung

Im laufenden Betrieb erzeugen die Geräte Hitze. Die Hitze darf dem Benutzer nicht unangenehm sein.

Form

Die Form darf den Benutzer und die Funktionalität nicht einschränken (z.B. kantig, rund und spitz).

Die Abbildung 2.1 zeigt Stellen des Körpers, an denen es besonders schwierig wird tragbare Geräte anzubringen. Daher ist bei der Produktion die Form und Beweglichkeit solcher Geräte in erster Linie zu beachten.

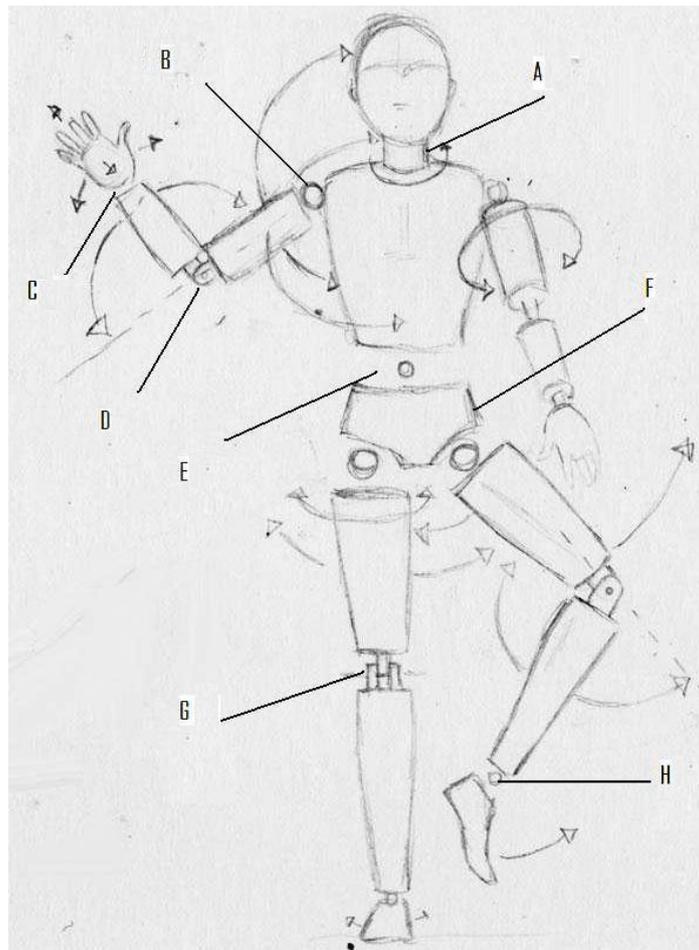


Abbildung 2.1: Die wesentlichen Stellen an denen tragbare Objekte angebracht werden können: (A) Hals- und Nackenbereich (B) Schulter (C) Handgelenk (D) Ellenbogen (E) Bauch (F) Hüfte (G) Knie (H) Fußgelenk

[animexx.de 2008]

Bisher sind einige Begriffe gefallen, die mit „Wearable Computing“ in Bezug stehen. Augenblicklich werden weitere Schlagwörter verwendet, die sich auf die oben definierten Anforderungen stützen und mit „Wearables“ eins gemeinsam haben. Sie sind ebenfalls Gegenstand der aktuellen Forschung der renommierten Unternehmen (IBM, Microsoft Research, ...) und schaffen die Basis für „Wearables“. Dazu gehören die nachfolgenden Termini:

Ubiquitous Computing

Zuerst ist dieser Begriff 1988 im Aufsatz von Mark Weiser verwendet wurden. Seine Fantasie, die heute zur Realität geworden ist, sah folgendermaßen aus: Der PC wird als Gerät verschwinden beziehungsweise durch „intelligente Gegenstände“ ersetzt werden. Gegenstände sollen Menschen unmerklich bei ihren Tätigkeiten unterstützen, ohne dass die Aufmerksamkeit der Menschen auf sie gerichtet ist. Computer sollen an den Rand unserer Aufmerksamkeit rücken. Anstatt abzulenken sollen sie Menschen umfassend unterstützen. Menschen haben immer Kleidung getragen und werden es weiterhin tun. Wenn die Geräte in Kleidungen integriert werden, sollten sind nicht störend und belastend sein [Weiser 2008].

Pervasive Computing

Mit pervasive aus dem Englischen, ist durchdringend gemeint und Pervasive Computing bezeichnet die allesdurchdringende Vernetzung des Alltags mit intelligenten Objekten, die miteinander interagieren.

Invisible Computing

Datenverarbeitende Geräte verschwinden in Alltagsgegenständen. Der Standard-Personal-Computer ist als solches nicht mehr erkennbar. Seine Funktionalität wird in Gebrauchsgegenständen eingebaut.

Calm Computing

Von „Wearable Computern“, wird erwartet, dass die Geräte nicht lärmend sind. Wenn sie am Körper getragen werden, dürfen sie keine Geräusche von sich geben. Gerade bei NIA ist es signifikant geräuschlos zu sein, um den Benutzer nicht auf andere Gedanken zu bringen und somit nicht verfälschte Daten zu liefern.

Sentient Computing

Eine spezielle Ausprägung von Ubiquitous Computing entspricht dem Sentient Computing. Sensoren nehmen ihre Umwelt wahr und reagieren demgemäß. Am Beispiel von NIA sollen die Emotionen des Benutzers erkannt und der Umwelt repräsentiert werden.

2.0.1 Head Mounted Display: Spannende Projekte über elektronische Brillen

Head Mounted Displays (HMD) machen eine visuelle Ausgabe unmittelbar vor den Augen des Anwenders. Sie werden wie eine Brille am Kopf getragen. Meist werden Brillen um eine elektronische Vorrichtung erweitert oder als eigenes Gerät entwickelt. Das Besondere an diesen Brillen ist ihr Objekterkennungssystem. Sie können beispielsweise Personen und Orte wiedererkennen und dem Träger die dazu gehörigen Daten anzeigen. Zu Beginn der

achtziger Jahre entwickelte Steve Mann im MIT Media Lab die ersten HMDs. Diese waren sehr grob und groß gebaut.



Abbildung 2.2: Steve Manns Entwicklungen von Anfang der Achtziger Jahre. Abb.(a bis c) zeigen Helmdisplays inklusive Antennen. Abb. (d) ist ein „EyeTap“ Display [Reasearch 2008]

IBM hat einen tragbaren Mini-PC mit voll funktionsfähiger „ThinkPad“-Logik entwickelt, der verglichen mit dem ThinkPad 560X 73,6 Prozent kleiner ist. Er bringt neben einem im Gürtel getragenen PC und einer in der Hand zu haltenden Steuereinheit ein minimales Head Mounted Display 2.3 als Ausgabegerät mit sich [Wilcox 2008].



Abbildung 2.3: Head Mounted Display von IBM mit dem Wearable Thinkpad [Wilcox 2008]

Dem Träger können ohne Sichtbehinderung virtuelle Bilder des Computerbildschirms visualisiert werden. Die Bauform und Funktionen entsprechen den bereits erwähnten Anforderungen an „Wearables“. Zudem gleicht seine äußere Form einem Headset. Ein Merkmal, das sofort erkennbar ist. Eine weitere Besonderheit von diesem Gerät ist, dass das Auge nicht

ermüdet, da das Auge minimale Strecken zurücklegen wird, um den gesamten Bildschirm zu überblicken. Da der NIA am Kopf getragen wird, wäre es denkbar die Vorteile der ergonomischen Form und das Gewicht in Richtung des HMD von IBM zu entwickeln. So kann es auch über längere Zeitspannen getragen werden, ohne die Anwender stark zu belasten. Denkbar wäre den NIA für behinderte Menschen zu entwickeln. Für sie spielt die Ergonomie und das Gewicht eine wichtige Rolle.

2.1 Intelligente Kleidungsstücke, die sich kaum von herkömmlicher Kleidung unterscheiden

Wie zuvor erwähnt, ist die Industrie in verschiedenen interessanten Forschungsprojekten involviert. Sie braucht weiterhin enorme Unterstützung von Universitäten. Die professionell arbeitenden Wissenschaftler der Hochschule für Angewandte Wissenschaften haben die Kooperation der verschiedenen Fakultäten angeordnet. Im Sommer 2008 soll die renommierte Internationale Sommerakademie (Pentiment) für Kunst und Gestaltung der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, ein attraktives Projekt interdisziplinär zwischen den Informatikern, Elektrotechnikern und den Modedesignern anbieten. Dabei geht es um die Gestaltung intelligenter Kleidung.

Die herkömmliche Hardware ist mittlerweile sehr klein und portabel, dennoch sehr robust. Sie wird durch langlebiges, flexibles und zudem sogar waschbares leitfähiges Gewebe und adäquate Ummantelungen von festen Komponenten ersetzt. Computerhardware wird unauffällig in verschiedenen Arten wie Reißverschluss, Haken, oder Knöpfe integriert. Die Kleidungen unterscheiden sich kaum von herkömmlichen Kleidungen. Ausgaben werden beispielsweise in Form von leuchtenden Fäden oder Knöpfe ermöglicht. Sie sind an die Bewegung des Menschen angepasst und wirken für den Träger nicht störend. Typischerweise sind Unterwäsche, Schuhe, Krawatten und Jacken gängige Äußerungsformen intelligenter Kleidung.

Einige Innovationen in Richtung intelligenter Textilien sind bereits entwickelt wurden. Die Zahl der Forschungsarbeiten zur Entwicklung intelligenter Textilien sind sprunghaft angestiegen. Die Industrie und Forschung arbeiten daran die Entwicklung rasant voranzutreiben. In Zukunft müssen Kleidungen viel mehr können als gut aussehen und vor Umwelteinflüssen schützen. Jacken mit eingebauter Klimaanlage, Beleuchtung und Navigationsgerät sind nicht Zukunftsmusik. Im MIT Media Lab wurde mit leitfähiger Fasern eine Musikjacke 2.4 mit integriertem mp3-Player entwickelt. In einem weiteren Projekt wurden Stiefel entwickelt, die den Träger in Chaträumen einloggen 2.5.



Abbildung 2.4: (a) Musikjacke (b) Textile Tastatur, die in die Jacke eingenäht ist
[Bonsor 2008]



Abbildung 2.5: „Seven Mile Boots“
[Pichlmair 2008]

2.1.1 SmartShirt

Wie die Entwicklung gezeigt hat, es jedoch zuvor nicht vorstellbar war, wird von der Firma SenaTex das von den Forschern der USA Georgia Institute of Technology's School of Textile and Fiber Engineering in Atlanta entwickelte „SmartShirt“ auf dem Markt angeboten 2.6. Dieses besteht aus konduktivem Gewebe, einer Mischung aus Seiden- und Kupferfasern. Das Gewebe heißt „Silk Organza“. Das Hemd ist in der Lage, die Körpertemperatur, Herzfrequenz und Atmung des Trägers zu messen und im Notfall den Arzt mittels drahtloser Übertragung (Bluetooth, W-LAN) auf PDAs, Handys oder PCs zu informieren. Diese Technologie eignet sich für die Überwachung des Gesundheitszustandes von Feuerwehrmännern, Astronauten, Soldaten, Leistungssportlern sowie chronisch Kranken oder Kleinkindern. Zudem bietet das „SmartShirt“ eine äußerst komfortable, behinderungsfreie und unsichtbare Überwachung, da sich das Hemd absolut von herkömmlichen nicht unterscheidet.



Abbildung 2.6: „SmartShirt“
[Sensatex 2008]

3 Gedanken des Menschen mittels Neural Impulse Actuator lesen

In dem vorigen Kapitel sind einige aufschlussreiche Projekte über „Wearables“ vorgestellt wurden. Dieses Kapitel beschreibt grundlegende Konzepte und das Einsatzgebiet von Neural Impulse Actuator. An dieser Stelle werden für den weiteren Verlauf Überlegungen angestellt, wie diese Innovationen miteinander kombiniert das Wohlbefinden des Menschen gewährleisten, indem die Umgebung auf Impulse, die im Gehirn des Menschen ausgelöst werden reagiert. Insbesondere sollen dabei hilfsbedürftige Menschen unterstützt werden, die weder sprechen noch sich bewegen können. Eine weltbewegende Neuheit wäre die Funktionalität des Neural Impulse Actuator integriert in intelligente Kleidung mit einer Softwarelösung, die Gedanken des Menschen zu lesen.

Ein sehr bekanntes Beispiel aus der Medizin und der Informatik ist die Implantation von Elektroden in menschlichem Gehirn. Wissenschaftler der Universität Boston haben bei dem Patienten Eric Ramsay, der bei einem Autounfall seine Sprachfähigkeit verloren hat, im Bereich des Gehirns, der für die Kontrolle der Sprache zuständig ist Elektroden angebracht. Das Forscherteam hat Impulse in diesem entscheidenden Bereich aufgezeichnet. Die Signale werden für die Erstellung einer Sprachsoftware eingesetzt [Müller 2008].

3.1 Einsatzgebiet des NIA und technische Details

Der NIA 3.1 ist von der US-amerikanischen Hersteller von RAM- und Flash-Speichern entwickelt worden. Erst im Jahre 2007 hat die Firma das Produkt auf der CEBIT vorgestellt. Damit ist OCZ die erste Firma, die eine Steuerung des PC'S nur mit Software und dem menschlichen Gehirn ermöglicht [Painless 2008]. Zum Lieferumfang des NIA gehört ein schlankes Metalgehäuse mit einem USB 2.0 Anschluss und ein elastisches Kopfband mit Sensoren.

Der NIA ist das erste kommerzielle Brain-Computer Interface für Spieler. Eine Software zur Konfiguration wird mitgeliefert. Mit der Software werden die Signale des Gehirns in spezielle Computersignale umgesetzt, die mit jeder Software genutzt werden können. Um die Stirn gebunden und mit der richtigen Konfiguration kann jedes Spiel ohne Tastaturbefehle kontrolliert werden. Er liest die natürlichen Biosignalen des Körpers und übersetzt sie in

Befehle, die verwendet werden können, um PC-Spiele zu steuern. Der NIA ist in der Lage, drei Arten von Biosignale zu ermitteln, die durch das Gehirn, Gesichtsmuskeln und Augenmuskeln über ein spezielles Stirnband erzeugt werden. Der Benutzer kann diese Signale an jeden möglichen Tastenanschlag unter Verwendung der Konfigurations-Software binden. OCZ behauptet, dass NIA ein neues Niveau der Vertiefung in Spiel und Spaß zulässt, was mit traditionellen Tasteneingabegeräten nicht möglich war, ganz zu schweigen von dem offensichtlichen Vorteil der Gehirnschnittstelle.



Abbildung 3.1: „Neural Impulse Actuator“
[OCZ 2008]

3.1.1 Sensoren des NIA und Systemvoraussetzungen

Der NIA arbeitet, indem er die natürlichen elektro-chemische Signale (Biosignale) im Körper ermittelt. Er verwendet drei Sensoren, die zur Frontseite des Stirnbandes angebracht sind. Die Signale werden in Form von elektrischen Impulse wie eine Spannungs-, Strom- oder Feldstärke, durch biologisch chemische Reaktionen verursacht. Der NIA ermittelt diese Impulse. Mit Hilfe einiger festgelegter Grundregeln der Signalanalyse werden diese Eingangssignale in verschiedene Frequenzbestandteile vereinfacht, die dann einzelnen Computerbefehlen zugewiesen werden können. Für die Betriebnahme benötigt der NIA das Betriebssystem Windows XP oder Vista, eine CPU mit 1GHz, 512MB Arbeitsspeicher und USB-Anschluss (2.0).

4 Fazit und Ausblick

Die Miniaturisierung der Halbleitertechnik und die Fortschritte in der drahtlosen Nachrichtenübertragung erlauben die Entwicklung von neuartigen Kleinstcomputern, die in Kleidung oder Schuhe der Benutzer integriert werden. Wenngleich sich die ersten dieser sogenannten „Wearable Computern“ noch im Prototyp-Stadium befinden, zeichnen sich bereits heute zahlreiche Anwendungen ab.

Möglichkeiten des einundzwanzigsten Jahrhunderts erlauben, höhere Rechenleistung auf kleinerem Raum flache, leichte Anzeigen mit niedriger Leistungsaufnahme, neue Schnittstellen zum Benutzer wegen der kleineren Abmessungen mehr Bandbreite pro Kubikmeter. Daraus ergeben sich weitere Paradigmen der Postmodernen Gesellschaft. Fasst man nun die zuvor gemachten Aussagen zusammen, kommt man zu folgenden Ergebnissen:

Im „Wearable Computing“ werden die Funktionalitäten und Aufgaben auf viele kleine Computer verteilt. Entscheidungen werden nicht mehr von einem zentralen Computer gefällt, sondern dezentral.

Computer haben in der Vision des Ubiquitous Computing eine streng abgegrenzte Funktionalität. Die eingesetzte Hard- und Software wird genau auf die gewünschte Funktionalität abgestimmt. Dies steht in einem starken Gegensatz zu dem Einsatz heutiger PCs.

Intelligente Gegenstände sollen miteinander interagieren, was eine Konnektivität zwischen den Dingen voraussetzt. Neben der Netzwerkinfrastruktur, die auf Glasfaserkabel, IrDA, Bluetooth, UMTS etc. basiert, sind Protokolle notwendig, damit die zum Teil sehr heterogenen Dinge untereinander kommunizieren können. Mit XML scheint ein Standard gefunden worden zu sein, der der Forderung nach plattformunabhängiger Repräsentation von Informationen gerecht wird. Die Einführung des IPv6 löst das Adressierungsproblem. Der großzügig gewählte Adressbereich des IPv6 erlaubt.

Ziel dieser Arbeit war die Machbarkeit zu prüfen, ob der NIA in Kleidung integriert, anhand von Impulsen des menschlichen Gehirns die Umgebung steuert bzw. die Umgebung sich dem Verhalten des Menschen durch Gestenerkennung und Mimikerkennung anpasst. Im Verlauf dieser Ausarbeitung haben wir gesehen, dass Mini-Computern in Kleidungen integriert werden können. Auch die außergewöhnlichen Leistungen des NIA haben wir kennengelernt. Der NIA ist einfach konfigurierbar, setzt keine überdimensionierte Rechenleistung

voraus. Verglichen mit dem Projekt der Universität Boston aus Kapitel 3 ist die Anbringung von NIA am Körper des Menschen nicht kompliziert.

In Folge dessen sind alle Voraussetzungen für die Entwicklung einer Anwendung geschaffen, die Eingangssignale des NIA zur Steuerung und Interaktion der Umgebung nutzt. Dabei muss ein Optimierungskonzept für den NIA entwickelt werden, sodass er ohne Probleme in die Kleidung eingebaut werden kann und die Anforderungen aus Kapitel 2 erfüllt.

Literaturverzeichnis

Abowd 2001

ABOWD, Gregory D.: *UbiComp 2001: Ubiquitous Computing*. Springer, 2001. – ISBN B000QCS6XK

animexx.de 2008

ANIMEXX.DE: *Menschlicher Körper*. http://animexx.onlinewelten.com/wiki/index.php/Der_menschliche_Koerper_-_so_etwas_wie_ein_Anatomie-Tutoria. Version: Juli 2008

Bonsor 2008

BONSOR, Kevin: *Musical Jacket Project*. <http://computer.howstuffworks.com/computer-clothing.htm/printable>. Version: Juli 2008

Gerling 2008

GERLING, Mirco: *Masterarbeit: Indoor-Navigationsunterstützung durch Wearable Computing für Such- und Rettungsmissionen unter eingeschränkten Sichtverhältnissen*. <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicom/arbeiten/master/gerling.pdf>. Version: Juli 2008

Kranz 2008

KRANZ, Matthias: *Sensors, Microcontrollers and Ubiquitous Computing with a Wearable Computing Intermission*. <http://www.hcilab.org/documents/sensorsmicrocontrollersandubiquitouscomputingwithawearablecomputingintermission.pdf>. Version: Juli 2008

Mann 2008

MANN, Steve: *Definition of Wearable Computer*. <http://wearcam.org/wearcompdef.html>. Version: Juli 2008

Martin 2008

MARTIN, Tom: *2006 s Wearable Computing Advances and Fashions*. <http://csdl2.computer.org/comp/mags/pc/2007/01/b1014.pdf>. Version: Juli 2008

Müller 2008

MÜLLER, Dietmar: *Computer liest Gedanken eines Stummen*. <http://www.silicon.de/hardware/server-desktops/0,39038998,39185693,00/computer+liest+gedanken+eines+stummen.htm>.
Version: Juli 2008

Niewisch 2008

NIEWISCH, Dipl.-Red. S.: *Wearable Computer für die Montageanleitungen der Zukunft*. http://www.pdv-software.com/service/veroeffentlichungen/2002-2_wearable.pdf. Version: Juli 2008

OCZ 2008

OCZ: *nia - Neural Impulse Actuator*. http://www.ocztechnology.com/products/ocz_peripherals/nia-neural_impulse_actuator.
Version: Juli 2008

Painless 2008

PAINLESS: *OCZ schließt Entwicklung des Neural Impulse Actuator ab*. <http://www.hardware-infobase.de/modules.php?name=News&file=article&sid=1441>. Version: Juli 2008

Pichlmair 2008

PICHLMAIR, Martin: *Seven Mile Boots*. <http://randomseed.org/sevenmileboots/>. Version: Juli 2008

Reasearch 2008

REASEARCH, IBM: *Wearable Computer*. <http://www.vorlesungen.uos.de/informatik/ifc2000-01/empolis.pdf>. Version: Juli 2008

Sensatex 2008

SENSATEX: *SMARTSHIRT SYSTEM*. <http://www.sensatex.com/smartshirt.html>. Version: Juli 2008

Weiser 2008

WEISER, Mark: *The Computer for the 21st Century*. <http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/SciAmDraft3.html>. Version: Juli 2008

Wilcox 2008

WILCOX, Joe: *More details emerge on IBM's wearable PC*. http://architecture.mit.edu/house_n/web/resources/articles/wearables/ABCNEWS_com%20%20More%20details%20emerge%20on%20IBM%27s%20wearable%20PC.htm. Version: Juli 2008