



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Seminararbeit

Dennis Hollatz

Managing Information –
Infrastrukturen für Ambient Intelligence

Dennis Hollatz
Managing Information –
Infrastrukturen für Ambient Intelligence

Seminararbeit zur Veranstaltung Anwendungen II
im Studiengang Informatik (Master of Science)
am Studiendepartment Informatik
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Prüfer : Prof. Dr. rer. nat. Kai von Luck

Abgegeben am 12. März 2008

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	4
1 Einführung	5
1.1 Zielsetzung und Motivation	5
1.2 Gliederung	5
2 Ambient Intelligence	6
2.1 Anforderungen	6
2.1.1 Personal Information Environments	7
2.1.2 Kernpunkte von Ambient Intelligence	8
2.1.3 Ebenen von Ambient Intelligence	9
2.2 Ziele	10
2.3 Architekturvarianten	11
3 Kommunikationsinfrastrukturen	12
3.1 EventHeap	12
3.2 DynAMITE	13
3.3 Oxygen	15
3.4 Jadex	16
3.5 Weitere Ansätze	16
4 Resümee	17
4.1 Zusammenfassung	17
4.2 Ausblick	17
Literaturverzeichnis	18

Abbildungsverzeichnis

2.1	Personal Information Environment – Mindmap	7
2.2	Ebenen von <i>Ambient Intelligence</i>	10
3.1	iROS Komponenten	12
3.2	Grundprinzipien von Tuplespaces	13
3.3	DynAMITE – Logo	13
3.4	DynAMITE – Demo-Applikation	14
3.5	Überblick Oxygen	15

1 Einführung

1.1 Zielsetzung und Motivation

Die in [Dreyer \(2008\)](#) formulierte Vision einer intelligenten Wohnumgebung erfordert eine verlässliche und stabile Architektur, die die Interaktion der partizipierenden Geräte unterstützt. In [Hollatz \(2007\)](#) wurden bereits passende Infrastrukturen für interaktive Räume vorgestellt.

In dieser Arbeit soll dieser Gedanke nun auf Infrastrukturen für *Ambient Intelligence* erweitert werden. Die hier gesammelten theoretischen Erkenntnisse sollen sowohl in [Hollatz \(2008b\)](#), als auch in [Hollatz \(2008a\)](#) mit einfließen und so als Basis für die angestrebte Master-Arbeit dienen.

Ziel der vorliegenden Arbeit soll sein, einen Überblick des Themas *Ambient Intelligence* und bereits existierender Infrastrukturlösungen zu geben und so den Einstieg in die anschließende Master-Arbeit zu erleichtern.

1.2 Gliederung

Die Arbeit gliedert sich vier Kapitel. Das vorliegende [Kapitel 1](#) gibt einen kurzen Überblick über die Motivation, Zielsetzung und den Aufbau der Arbeit.

Das [Kapitel 2](#) dieser Arbeit befasst sich mit der Definition von *Ambient Intelligence*. Es werden hier die Grundlagen dieser Idee vermittelt. Dabei wird auch auf das in [Pierce und Nichols \(2007\)](#) beschriebene Konzept der *Personal Information Environments* eingegangen.

In [Kapitel 3](#) werden in Bezug zur *Ambient Intelligence* stehende Frameworks vorgestellt und eine kurze Einordnung dieser gegeben. Ziel ist es hierbei einen Strukturierten Überblick der Möglichkeiten zu geben.

Das letzte [Kapitel 4](#) gibt eine Bewertung der vorgestellten Ideen und Konzepte und wagt einen Ausblick auf weiterführende Arbeiten.

2 Ambient Intelligence

Die Idee der *Ambient Intelligence* beschreibt eine Umgebung, in der wir von einer Vielzahl intelligenter Geräte umgeben sind, mit ihnen interagieren und uns dessen kaum bewusst sind. [Philips Research \(2008\)](#) stellt dabei einige Ideen einer *Ambient Intelligence* zusammen. *Ambient Intelligence* erweitert und konkretisiert dabei die Gedanken, die Mark Weiser in seinem Artikel „The computer for the twenty-first century“ in [Weiser \(1991\)](#) bereits Anfang der 1990er-Jahre formulierte.

Ein weiterer wichtiger Aspekt der *Ambient Intelligence* ist die *Context Awareness*, wodurch erreicht wird, dass das *Ambient Intelligence*-System entsprechend aktuellem Kontext reagiert. Die Umgebung kann sich zum Beispiel unterschiedlich verhalten, wenn sich eine andere Person im Raum befindet, bzw. die Person eine Behinderung hat.

Weiterhin sollte ein *Ambient Intelligence*-System intelligent auf Anfragen antworten, bestenfalls multimodal, so dass immer der Kommunikationskanal verwendet wird, der für den Nutzer am besten ist. Die System muss unaufdringlich sein, die Benutzung unkompliziert und ohne Vorwissen zu bewältigen sein. Für weiterführende Informationen zu *Ambient Intelligence* siehe [ISTAG \(2003\)](#).

2.1 Anforderungen

In diesem Abschnitt werden die Anforderungen an *Ambient Intelligence*-Systeme erläutert. Es soll dazu zunächst ein von [Pierce und Nichols](#) als *Personal Information Environment* genanntes Konzept vorgestellt werden, das es verschiedensten Geräten erlaubt, untereinander zu kommunizieren.

Im anschließenden Abschnitt wird das Vorgestellte Konzept auf Anforderungen für *Ambient Intelligence* erweitert und einige Kernpunkte dieser Idee erläutert.

2.1.1 Personal Information Environments

Ein *Ambient Intelligence*-System soll folgende Anforderungen erfüllen. Die [Abbildung 2.1](#) zeigt eine Mindmap der Idee einer *Personal Information Environment*. Es werden hier die einzelnen Einflüsse auf die Umgebung durch die jeweiligen Äste repräsentiert.

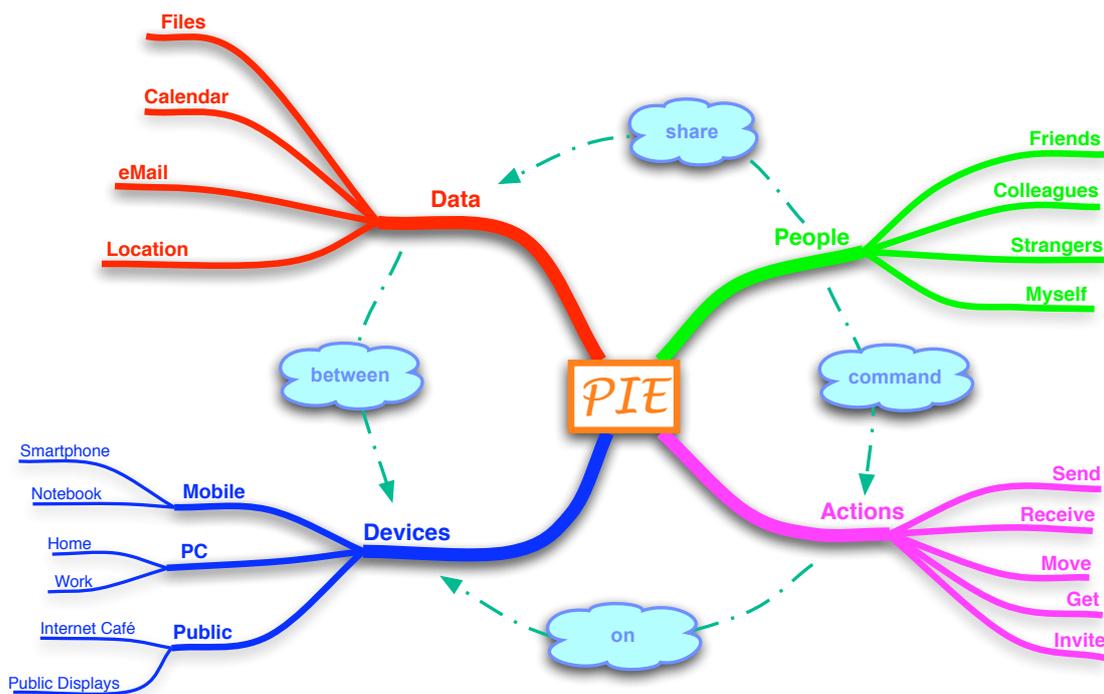


Abbildung 2.1: Personal Information Environment – Mindmap

Die Kernpunkte einer *Personal Information Environment* werden in den Punkten *Zugriff auf eigene Geräte*, *Zugriff auf fremde Geräte*, *Datei- und Informationsverteilung* und *Sicherheit* zusammengefasst:

Zugriff auf meine Geräte. In einer vollständig vernetzten Welt benötigt man einfachen Zugriff auf seine Geräte. Dieser soll entsprechend den Gedanken des *Ubiquitous Computing* verborgen im Hintergrund geschehen. In [Pierce und Nichols \(2007\)](#) wird eine Umgebung als *Personal Information Environment* beschrieben, in der alle Geräte eines Benutzers miteinander kommunizieren und Daten austauschen können. Die Lautsprecher eines Raums können so z. B. verwendet werden um ein Telefonat zu führen.

Zugriff auf andere Geräte. Der Zugriff auf fremde Geräte gestaltet sich ähnlich, wie der Zugriff auf eigene Geräte. Dieser Fall ist wichtig, wenn beispielsweise Fotos von einem Handy auf einem großen Fernsehbildschirm dargestellt werden sollen.

Möglichkeit Dateien und Informationen zu verteilen. Die Möglichkeit, Ressourcen anderer Geräte zu nutzen soll auch in der Möglichkeit bestehen, auf die Dateien dieser Geräte zuzugreifen. Es wäre somit möglich, beispielsweise in der Küche auf die private Musiksammlung zuzugreifen und die Musik dort wiederzugeben.

Sicherheit. Ein System, das einen nahtlosen Zugriff sowohl auf Geräte, als auch auf Dateien ermöglicht, benötigt ein flexibles Sicherheitssystem. Es soll verhindern, dass unbefugte Zugriff auf sensible Daten und Funktionen des Systems erlangen können und es ermöglichen, dass ich je nach Vertrauenstand anderen den Zutritt zum System erlauben kann.

2.1.2 Kernpunkte von Ambient Intelligence

Die im vorhergehenden Abschnitt vorgestellten Punkte geben bereits einen leichten Eindruck einer *Ambient Intelligence*, wenngleich sie dieses Themengebiet nur streifen.

[Alcañiz und Rey](#) beschreiben in [Alcañiz und Rey \(2005\)](#) die technologischen Herausforderungen von *Ambient Intelligence*. Diese gliedert sich in zwei Bereiche: *Ubiquitous computing and communication* und *Intelligent User Interfaces*.

Für den Bereich *Ubiquitous computing and communication* werden hier die folgenden technischen Punkte angesprochen:

Benutzerschnittstelle. Jede Art von Gerät soll eine intuitive Benutzerschnittstelle bieten, die dem Benutzer eine natürliche Form der Interaktion ermöglicht.

Günstige Geräte. Da jeder Benutzer Zugriff auf eine Vielzahl von Geräten hat, die miteinander interagieren ist es erforderlich, dass jedes einzelne Gerät günstig in der Anschaffung ist. Da die Geräte jeweils einem speziellen Zweck erfüllen, sind hohe Hardwareanforderungen, wie sie heute an PCs gestellt werden, nicht mehr erforderlich.

Hohe Bandbreite. Da mit einer Vielzahl von Geräten auch der Anteil der Kommunikation unter den Geräten zunehmen wird, ist eine hohe Bandbreite zur Vermeidung von Netzwerklatenzen sinnvoll.

„Unsichtbare“ Dateisysteme. Wenn ein Nutzer beginnt, sich mit einem Computer auseinander zu setzen, ist ein zentraler Bestandteil die Speicherung von Daten. Es benötigt viel Aufwand zu lernen, wie ein Dateisystem funktioniert und wo bestimmte Daten abgelegt werden. Ein solches Vorgehen lenkt die Aufmerksamkeit darauf, wie die Daten abgelegt werden, anstatt sich auf die Daten selbst zu kümmern. Ein solches Handeln steht im Widerspruch zu der Idee des unsichtbaren Computers. Ein Nutzer sollte Zugriff auf seine Daten haben, ohne konkret über den Dateinamen, den Pfad oder Dateityp Bescheid zu wissen.

Automatische Installation. In *Ubiquitous Computing*-Umgebungen sollte es keine Grund mehr geben Programme zu installieren. Programme sollten sich einfach von einem Gerät auf ein anderes übertragen lassen, ohne dass ein Nutzer eine Installationsroutine ausführen muss. [Alcañiz und Rey](#) führen hier Java als Beispiel einer plattformunabhängigen Programmiersprache auf, die diese Anforderung erfüllen kann.

Personalisierbare Informationen. Es wird als Vorteil beschrieben, wenn eine Person die Repräsentation von Informationen in der Umgebung personalisieren kann, um eine auf ihre Bedürfnisse zugeschnittene Benutzererfahrung zu erreichen.

Schutz privater Daten. Der Schutz privater Daten ist einer der größten Kritikpunkte und somit auch eine der größten Herausforderungen einer *Ubiquitous Computing*-Umgebung. Dieses wird auch von [Alcañiz und Rey](#) so gesehen.

Der zweite Punkt *Intelligent User Interfaces* umfasst zusätzlich die folgenden Punkte, mit denen ein *Ambient Intelligence*-System umgehen können soll. [Alcañiz und Rey](#) beziehen sich dabei auf diese in [Maybury und Wahlster \(1998\)](#) herausgestellten Punkte:

Multimodale Eingabe. Eingaben, die sich aus mehreren, teilweise unpräzisen Eingabeformen zusammensetzen. Diese können z.B. aus Text, Gesten, Sprache oder Blicken bestehen.

Multimodale Ausgabe. Die Ausgabe ist an den Kontext angepasst. Je nach dem welche Ausgabeform am besten passt, kann die beispielsweise durch Sprachausgabe, Text, Symbole oder animierte, menschenähnliche Agenten geschehen.

Interaction Management. In einer Umgebung, in der häufig zwischen Akteuren und Aufgaben wechselnde Eingaben an ein System gegeben werden ist es wichtig, dass sich dieses auch in angemessener Weise reagiert. Ein solches System kann als ein *Context Aware*-System bezeichnet werden (s. a. [Dey, 2001](#)). Diese neue Form von Benutzerschnittstelle soll einen Dialog mit dem Nutzer ermöglichen. Und ihm z.B. beim Fehlschlagen einer Aktion Wege aufzeigen können, auf denen das Ziel doch erreicht werden kann.

2.1.3 Ebenen von Ambient Intelligence

Das [Fraunhofer IGD](#) teilt die Informationsverarbeitung und -weiterleitung in *Ambient Intelligence*-Systemen in mehrere Ebenen ein. [Abbildung 2.2](#) zeigt die verschiedenen Ebenen eines *Ambient Intelligence*-Systems, die zwischen Ein-/Ausgabegeräten und den Aktuatoren des Systems liegen.

Events. Auf lexikalischer Ebene werden aus den Eingaben des Nutzers Events erzeugt.

Sentences. Den Events wird durch Analyse eine syntaktische Bedeutung beigemessen.

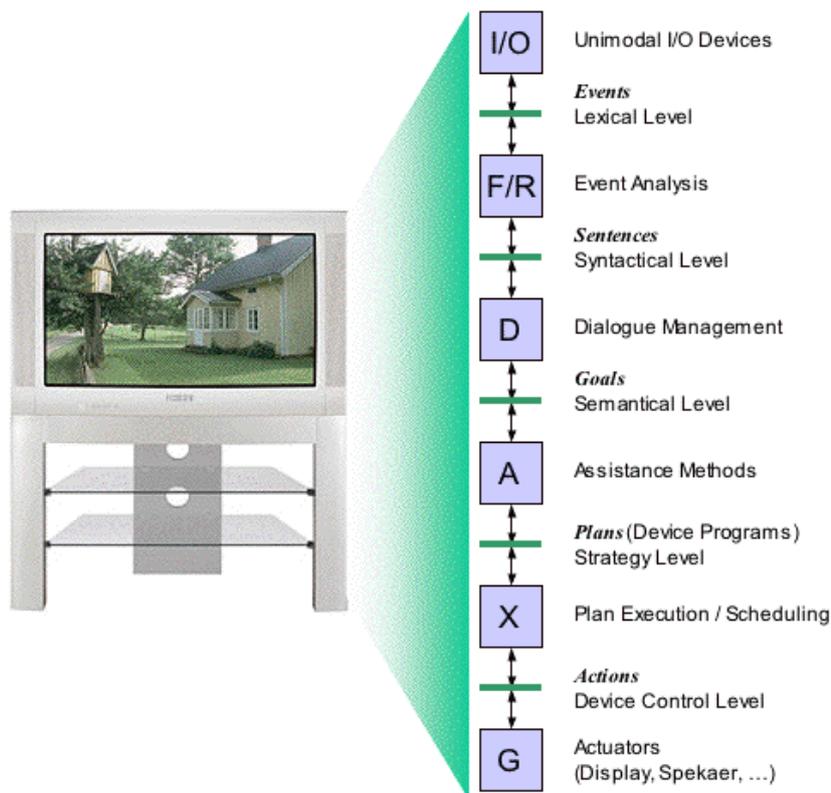


Abbildung 2.2: Ebenen von *Ambient Intelligence*
(Quelle: Fraunhofer IGD, 2003)

Goals. Aus dieser syntaktischen Struktur werden auf der semantischen Ebene die Ziele ermittelt.

Plans. Aus der semantischen Bedeutung können in einem weiteren Schritt Pläne zur Abarbeitung extrahiert werden.

Actions. Die Ausführung eines Plans führt zu einer konkreten Aktion, die auf beispielsweise auf einem Bildschirm oder Lautsprecher wiedergegeben wird.

2.2 Ziele

Ausgehend von den zuvor formulierten Anforderungen an *Ambient Intelligence* sollen in diesem Abschnitt die drei Hauptziele formuliert werden, die bei der Implementierung eines sol-

chen Systems erreicht werden sollen: *Selbstkonfigurierende Geräte*, *Calm Computing* und *Context Awareness*. An diesen drei Schwerpunkten soll sich ein *Ambient Intelligence*-System essen lassen.

Das Ziel der *selbstkonfigurierenden Geräte* lässt sich auf der ersten Ebene durch den Einsatz von Zero-Config-Technologien, wie z. B. JINI oder UPnP realisieren. Sie ermöglichen es Geräten, sich selbstständig in einem Netzwerk zu integrieren und Dienste anzubieten. Ob diese Form der Konfiguration ausreicht, hängt von der konkreten Implementation der Umgebung ab. Es kann hier noch notwendig sein, eine zweite Dienstsuche zusätzlich auf einer höheren Ebene anzubieten.

Der Begriff des *Calm Computing* (s. [Weiser und Brown, 1995](#)) beschreibt eine Technologievision in der Peripherie unserer Wahrnehmung. Diese soll uns in einer Welt, in der immer mehr Technologie um unsere Aufmerksamkeit ringt, uns aus dem Hintergrund mit Informationen versorgen, ohne sich dabei zu sehr in den Vordergrund zu setzen. Ähnliches gilt auch für die *Ambient Intelligence*, da auch hier viele Technische Geräte – im Sinne des *Ubiquitous Computing* – um unsere Aufmerksamkeit ringen.

Der dritte Punkt, die *Context Awareness*, wurde bereits angesprochen. Sie steht hier stellvertretend für die Fähigkeit des Systems, entsprechend des Kontextes unterschiedliche Reaktionen auf Eingaben zu zeigen.

2.3 Architekturvarianten

Die vorgestellten Systeme unterscheiden sich u.a. in ihren Architekturvarianten: Client/Server und Peer-to-Peer.

Die Client/Server-Systeme benötigen einen zentralen Server, der die Kommunikation koordiniert. Dieser stellt in der Regel ein zusätzliches Gerät und einen Single-Point-of-Failure dar, da das Gesamtsystem ohne diesen nicht funktionieren kann. Die Vorteile dieser Architektur liegen allerdings in der deutlich einfacheren Konfiguration und dem deutlich einfacheren Routing der Nachrichten, da der Server alle im System vorhandenen Clients kennt.

Peer-to-Peer-Systeme gestalten sich in ihrem Aufbau komplexer. Da es keinen zentralen Vermittler für Nachrichten gibt, muss zwischen den einzelnen Peers eine Nachrichtenweiterleitung möglich sein. Auf diese Weise muss nicht jeder Teilnehmer alle anderen Teilnehmer kennen. Die Verlässlichkeit der Übermittlung und das zu erwartende Nachrichtenaufkommen stellen dabei entscheidende Faktoren für den Erfolg eines solchen Systems dar. Es wird außerdem schwieriger, zu erkennen, ob sich ein Teilnehmer noch im Netzwerk erreichbar ist oder von diesem getrennt wurde.

3 Kommunikationsinfrastrukturen

In diesem Kapitel werden eine Reihe von Infrastrukturen aufgezeigt, die als Basis für eine *Ambient Intelligence*-Umgebung geeignet sind. Ziel ist es dabei möglichst viele unterschiedliche Aspekte möglicher Infrastrukturen zu vorzustellen, um später eine gute Entscheidungsgrundlage geben zu können.

3.1 EventHeap

Der *EventHeap* ist Teil des Stanford iROS¹. Er stellt als zentrale Kommunikationsinstanz einen der wichtigsten Bestandteile des Systems. [Abbildung 3.2](#) zeigt den Aufbau des Systems aus seinen einzelnen Komponenten.



Abbildung 3.1: iROS Komponenten
(Quelle: [Johanson und Fox, 2004](#))

Beim iROS handelt es sich um ein Client-/Server-System. Clients, die den Service nutzen möchten, melden sich beim *EventHeap* an und können von diesem entweder aktiv oder passiv Nachrichten – in diesem Fall als Events bezeichnet – empfangen und diese auch über ihn senden.

¹iROS: intelligent Room Operating System

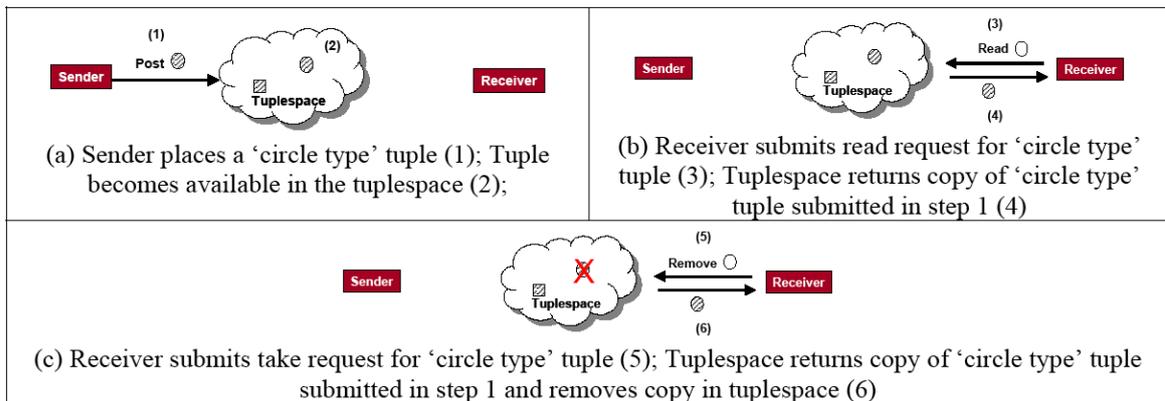


Abbildung 3.2: Grundprinzipien von TupleSpaces
(Quelle: Johanson und Fox, 2004)

Die Funktionsweise des *EventHeap* basiert auf der TupleSpaces-Architektur, die in [Abbildung 3.2](#) dargestellt ist. Ein Sender kann eine Nachricht in einem TupleSpace ablegen. Mögliche Empfänger können eine Kopie dieser Nachricht von diesem abrufen oder die Nachricht entfernen ([Johanson und Fox \(2002\)](#) und [Johanson und Fox \(2004\)](#)²).

Der *EventHeap* erweitert die Idee der TupleSpace-Architektur noch um einige weitere Aspekte, wie z. B. die Möglichkeit sich für Events zu registrieren, um bei deren Auftreten automatisch informiert zu werden. Für eine zusammenfassende Beschreibung sei an dieser Stelle auf [Hollatz \(2007\)](#) verwiesen.

3.2 DynAMITE



Abbildung 3.3: DynAMITE – Logo
(Quelle: <http://www.dynamite-project.org>)

Das, im Gegensatz zu iROS, als *Ambient Intelligence*-System umgesetzte DynAMITE-Projekt³ des Fraunhofer IGD ist ein Peer-to-Peer-System und funktioniert somit ohne eine

²s. a. [Erman u. a. \(1980\)](#)

³DynAMITE: Dynamisch Adaptive Multimodale IT-Ensembles

zentrale Koordinationskomponente. Hellenschmidt (2005b) beschreibt es als eine selbstorganisierende Middleware für *Ambient Intelligence*. Die Grundlage für dieses System bildet das in Hellenschmidt (2005a) beschriebene *SodaPop*-Konzept, das beschreibt, wie sich so genannte *Device Ensembles* zusammenfinden und interagieren können. Des Weiteren werden Konfliktlösungsstrategien aufgezeigt, wie sich widersprechende Anweisungen des Systems aufgelöst werden können.

Die Auslegung des DynAMITE-Projekts ist hierbei insbesondere auf häufig wechselnden Teilnehmern. Es wird davon ausgegangen, dass die Verbindungen zwischen Geräten häufig wechseln und so genannte *flüchtige Funktionsensembles* sich spontan zusammenfinden können, um den gewünschten Nutzen zu erfüllen.

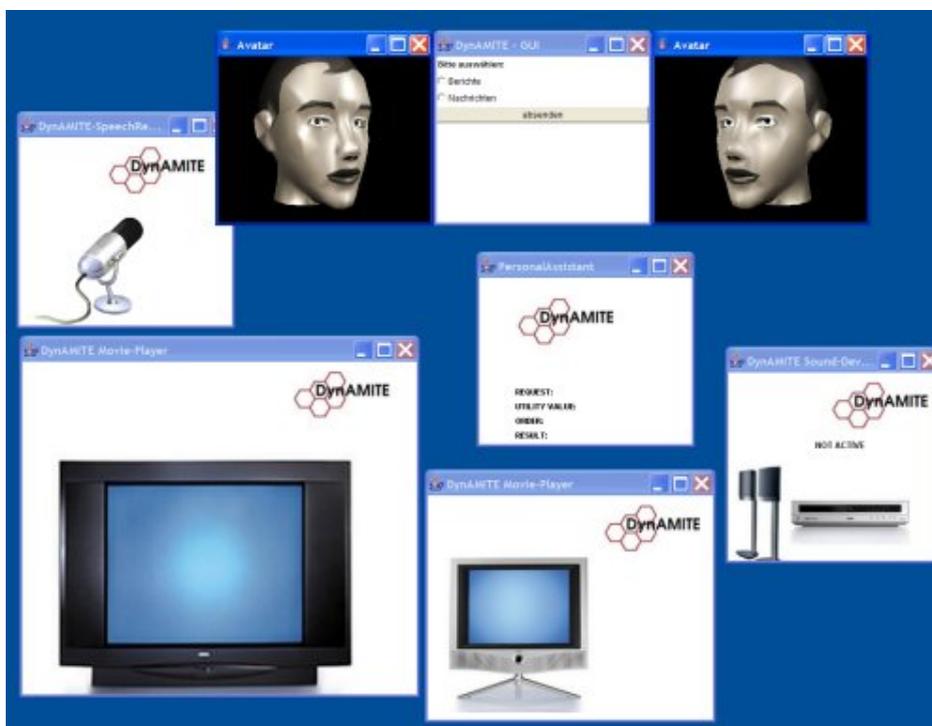


Abbildung 3.4: DynAMITE – Demo-Applikation
(Quelle: <http://www.dynamite-project.org>)

Von der Homepage des Projekts⁴ lassen sich Beispielprogramme der Anwendung herunterladen. Teil der zur Verfügung stehenden Software ist auch eine Simulationsumgebung, die den Test der Architektur erlaubt, ohne dass konkrete Geräteinstallationen vorhanden sind. [Abbildung 3.4](#) zeigt einen Screenshot dieser Demo-Applikation.

⁴<http://www.dynamite-project.org>

3.3 Oxygen

Das Oxygen-Projekt des MIT ([MIT Project Oxygen, 2004](#)) den Menschen und seine Interaktion mit Computern in den Mittelpunkt. Es wird hier versucht, ausgehend von den Bedürfnissen des Menschen, eine ganzheitliche Lösung zu schaffen. Anders als die anderen bisher vorgestellten Ansätze bezieht die Oxygen-Architektur bewusst auch die Außenwelt und Kommunikation über weitere Distanzen mit ein.

Die hierbei in betracht gezogenen Geräteklassen umfassen sowohl Audio- und Videokommunikation, Handheld- und Embedded-Devices oder auch Mobiltelefone und stationäre PCs. [Abbildung 3.5](#) zeigt einen Überblick der Komponenten.

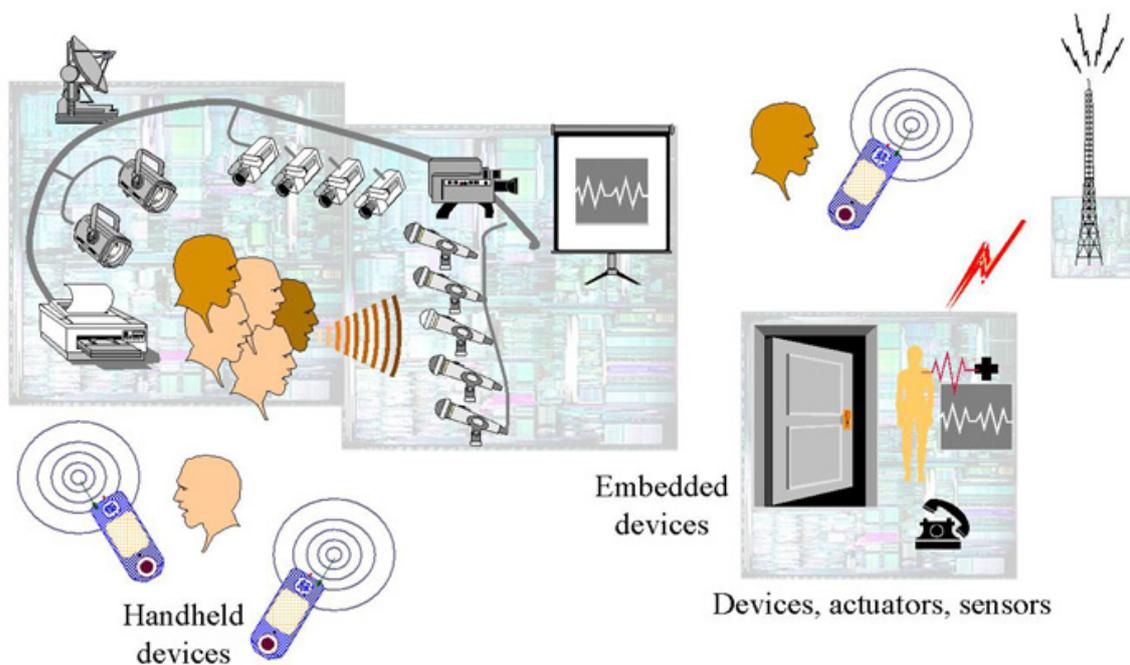


Abbildung 3.5: Überblick Oxygen
(Quelle: [MIT Project Oxygen, 2004](#))

Das Oxygen Projekt teilt sich in folgende Bereiche auf: Oxygen device technologies, Oxygen network technologies, Oxygen software technologies, Oxygen perceptual technologies und Oxygen user technologies. Es wird so versucht, alle wichtigen Aspekte des Human-Centered Computing zu erfassen.

3.4 Jadex

Jadex ist eine Middleware für Software-Agenten. Sie stellt somit keine Architektur für *Ambient Intelligence*. Sie soll dennoch hier aufgeführt werden, da die Clients in einer intelligenten Umgebung auch als Agenten gesehen werden können, die eine gewisse eigene Intelligenz haben. Jadex ermöglicht es deliberative Agenten nach dem BDI-Modell zu implementieren. BDI steht dabei für *Belief, Desire und Intention*. BDI-Agenten haben ein Bild von ihrer Umgebung und handeln selbständig auf der Grundlage von Plänen, die sie aus der Kombination ihrer Ziele und ihrem Umweltwissen erzeugen. Jadex kann auch als verteilte Plattform für Agentensysteme verwendet werden.

Der Vorteil in der Verwendung einer Plattform wie Jadex liegt in der im Framework festgelegten Struktur der Agenten. Clients der Umgebung lassen sich somit vereinfacht nach dem gleichen Muster implementieren. Ein Überblick der Struktur und Funktionsweise von Jadex wird in [Pokahr u. a. \(2003\)](#) gegeben.

3.5 Weitere Ansätze

Im Rahmen der Veranstaltungen Anwendungen 1 und 2 wurden bereits weitere Projekte vorgestellt, die in Verbindung mit der Schaffung einer *Ambient Intelligence*-Umgebung stehen können.

In [Urich \(2008\)](#) wird das Projekt CAMUS vorgestellt, das als ein *Context Aware*-System auch für *Ambient Intelligence* geeignet scheint.

Sven Gärner stellt in [Gärner \(2008\)](#) die Möglichkeiten der Synchronisation über verteilte Dateisysteme dar. Dieser Aspekt ist insbesondere für die Bereitstellung von Dateien auf verschiedenen Geräten von großer Bedeutung.

Abschließend sei hier erneut auf [Pierce und Nichols \(2007\)](#) hingewiesen, in dem der grundlegende Gedanke miteinander kommunizierender Geräte erläutert wird.

4 Resümee

4.1 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurden vier verschiedene Systeme vorgestellt, auf deren Basis die Implementation eines *Ambient Intelligence*-Systems möglich ist. Jedes der vorgestellten Systeme hat dabei gewisse Eigenschaften, die es gegeneinander Abzuwägen gilt.

Es wurden verschiedene Systeme vorgestellt, die sich in den folgenden Eigenschaften unterscheiden: *Client-/Server*- oder *Peer-to-Peer*-basiert und angesiedelt im lokalen Netzwerk oder Netzwerkübergreifend. Als allgemeine Eigenschaften wurden insbesondere Context-Awareness, Selbstkonfiguration und Unaufdringlichkeit herausgestellt. Insbesondere der letzte Punkt erfordert eine gewisse Intelligenz der Geräte, die sich z.B. durch die Realisierung der teilnehmenden Geräte auf der Basis von Softwareagenten (hier: BDI-Agenten) ermöglichen lässt.

4.2 Ausblick

Für die Umsetzung eines ersten Prototypen wird es sinnvoll sein, sich auf der Basis des auch praktisch evaluierten *EventHeap* weiterzubewegen. Dieser sollte um die gewonnenen Erkenntnisse erweitert werden, um den Anforderungen in einer produktiven Umgebung genügen zu können. Die Vorteile des *EventHeap* bestehen darin, dass er eine relativ einfache Art der Kommunikation erlaubt, die auf einer abstrakten Ebenen implementiert werden kann und somit austauschbar wird. Die Wahl eines solchen *Client-/Server*-basierten Systems vereinfacht das Kommunikationsaufkommen und minimiert das versenden von Koordinationsnachrichten. Ein auf dem *EventHeap* basierender Server kann zudem auch Teil eines *Peer-to-Peer*-Netzwerkes sein, oder als Verbindungspunkt zu anderen Netzwerken dienen.

Unter diesem Aspekt betrachtet wird es sinnvoll sein, ein Rahmenwerk zu schaffen, in dem Clients einfach in das System eingebunden werden können (vgl. hierzu auch [Hollatz \(2008b\)](#)). Zu diesem Zweck ist eine weitere Untersuchung des agentenbasierten Ansatzes sinnvoll. Zusätzlich sollten die Möglichkeiten der bidirektionalen Kommunikation verbessert werden, so dass auch diese mittels der angebotenen Infrastruktur möglich sind.

Literaturverzeichnis

- [Alcañiz und Rey 2005] ALCANIZ, Mariano ; REY, Beatriz: *Emerging Communication*. Bd. 6: *New Technologies for Ambient Intelligence*. Siehe (Riva u. a., 2005). – URL <http://www.vepsy.com/communication/volume6.html>. – Zugriffsdatum: 28.02.2008
- [Dey 2001] DEY, Anind K.: Understanding and Using Context. In: *Personal Ubiquitous Comput.* 5 (2001), Nr. 1, S. 4–7. – URL <http://dx.doi.org/10.1007/s007790170019>. – Zugriffsdatum: 28.02.2008. – ISSN 1617-4909
- [Dreyer 2008] DREYER, Markus: *Your Home in Your Hand*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Seminararbeit, 2008. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master07-08-aw/vortraege.html>. – Zugriffsdatum: 28.02.2008
- [Erman u. a. 1980] ERMAN, Lee D. ; HAYES-ROTH, Frederick ; LESSER, Victor R. ; REDDY, D. R.: The Hearsay-II Speech-Understanding System: Integrating Knowledge to Resolve Uncertainty. In: *ACM Comput. Surv.* 12 (1980), Nr. 2, S. 213–253. – URL <http://doi.acm.org/10.1145/356810.356816>. – Zugriffsdatum: 28.02.2008. – ISSN 0360-0300
- [Fraunhofer IGD 2003] FRAUNHOFER IGD: *Software-Infrastructures for Ambient Intelligence*. 12 2003. – URL <http://www.igd.fraunhofer.de/igd-ai/projects/ambientintelligence/>. – Zugriffsdatum: 28.02.2008
- [Gärner 2008] GÄRNER, Sven: *Synchronisation und verteilte Dateisysteme*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Seminararbeit, 2008. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master07-08-aw/vortraege.html>. – Zugriffsdatum: 28.02.2008
- [Hellenschmidt 2005a] HELLENSCHMIDT, Michael: Distributed implementation of a self-organizing appliance middleware. In: *sOc-EUSAI '05: Proceedings of the 2005 joint conference on Smart objects and ambient intelligence*. New York, NY, USA : ACM, 2005, S. 201–206. – URL <http://doi.acm.org/10.1145/1107548.1107600>. – Zugriffsdatum: 28.02.2008. – ISBN 1-59593-304-2
- [Hellenschmidt 2005b] HELLENSCHMIDT, Michael: DynAMITE: Self-organizing middleware technologies for Ambient Intelligence. In: *Computer Graphik Topics* (2005), Nr. Vol. 17.

- URL http://www.inigraphics.net/press/topics/2005/issue1/1_05a02.pdf. – Zugriffsdatum: 28.02.2008
- [Hollatz 2007] HOLLATZ, Dennis: *Konzepte für interaktive Räume*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Seminararbeit, 2007. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master2007/vortraege.html>. – Zugriffsdatum: 28.02.2008
- [Hollatz 2008a] HOLLATZ, Dennis: *Managing Information - Personal Information Environments auf der Basis von iROS*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Seminararbeit, 2008. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master07-08/vortraege.html>. – Zugriffsdatum: 28.02.2008
- [Hollatz 2008b] HOLLATZ, Dennis: *SmartShelf – Projektbericht*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Projektbericht, 2008. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projects.html>. – Zugriffsdatum: 28.02.2008
- [ISTAG 2003] ISTAG: Ambient Intelligence: from vision to reality / Information Society Technologies Advisory Group (ISTAG). URL <http://cordis.europa.eu/ist/istag-reports.htm>. – Zugriffsdatum: 28.02.2008, September 2003. – Forschungsbericht
- [Johanson und Fox 2002] JOHANSON, B. ; FOX, A.: The Event Heap: a coordination infrastructure for interactive workspaces. In: *Mobile Computing Systems and Applications, 2002. Proceedings Fourth IEEE Workshop on* (2002), S. 83–93. – URL <http://ieeexplore.ieee.org/search/wrapper.jsp?arnumber=1017488>. – Zugriffsdatum: 28.02.2008
- [Johanson und Fox 2004] JOHANSON, Brad ; FOX, Armando: Extending tuplespaces for coordination in interactive workspaces. In: *J. Syst. Softw.* 69 (2004), Nr. 3, S. 243–266. – URL [http://dx.doi.org/10.1016/S0164-1212\(03\)00054-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0164-1212(03)00054-2). – Zugriffsdatum: 28.02.2008. – ISSN 0164-1212
- [Maybury und Wahlster 1998] MAYBURY, Mark T. (Hrsg.) ; WAHLSTER, Wolfgang (Hrsg.): *Readings in intelligent user interfaces*. San Francisco, CA, USA : Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1998. – ISBN 1-55860-444-8
- [MIT Project Oxygen 2004] MIT PROJECT OXYGEN: *MIT Project Oxygen – Pervasive, Human-Centered Computing*. 06 2004. – URL <http://oxygen.csail.mit.edu>. – Zugriffsdatum: 28.02.2008
- [Philips Research 2008] PHILIPS RESEARCH: *Ambient Intelligence*. 2008. – URL http://www.research.philips.com/technologies/syst_softw/ami/index.html. – Zugriffsdatum: 28.02.2008

- [Pierce und Nichols 2007] PIERCE, Jeff ; NICHOLS, Jeff: *Personal Information Environments*. 2007. – URL <http://www.almaden.ibm.com/cs/projects/pie/>. – Zugriffsdatum: 28.02.2008
- [Pokahr u. a. 2003] POKAHR, Alexander ; BRAUBACH, Lars ; LAMERSDORF, Winfried: Jadex: Implementing a BDI-Infrastructure for JADE Agents. In: *EXP - In Search of Innovation (Special Issue on JADE)* 3 (2003), September, S. 76–85. – URL <http://vsis-www.informatik.uni-hamburg.de/projects/jadex/pubs.php>. – Zugriffsdatum: 28.02.2008
- [Riva u. a. 2005] RIVA, G. (Hrsg.) ; VATALARO, F. (Hrsg.) ; DAVIDE, F. (Hrsg.) ; ALCAÑIZ, M. (Hrsg.): *Emerging Communication*. Bd. 6: *Ambient Intelligence. The Evolution of Technology, Communication and Cognition Towards the Future of Human-Computer Interaction*. IOS Press, 2005. – URL <http://www.vepsy.com/communication/volume6.html>. – Zugriffsdatum: 28.02.2008
- [Streitz u. a. 1994] STREITZ, Norbert A. ; GEISLER, Jorg ; HAAKE, Jorg M. ; HOL, Jeroen: DOLPHIN: Integrated Meeting Support Across Local and Remote Desktop Environments and LiveBoards. In: *Computer Supported Cooperative Work*, URL <http://citeseer.ist.psu.edu/streitz94dolphin.html>. – Zugriffsdatum: 28.02.2008, 1994, S. 345–358
- [Urich 2008] URICH, Jaroslaw: *Context-Awareness: aktuelle Projekte*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Seminararbeit, 2008. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master07-08-aw/vortraege.html>. – Zugriffsdatum: 28.02.2008
- [Weiser 1991] WEISER, Mark: The computer for the twenty-first century. In: *Scientific American* September (1991), S. 94–100
- [Weiser und Brown 1995] WEISER, Mark ; BROWN, John S.: *Designing Calm Technology*. 12 1995. – URL <http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/calmtech/calmtech.htm>. – Zugriffsdatum: 28.02.2008