

Ubiquitous Computing

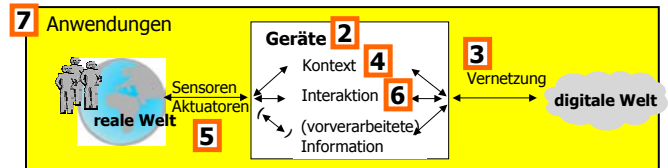
(Ubiquitäre Informationstechnologien)
Vorlesung im WS 01/02



Prof. Lars Wolf
Michael Beigl
Universität Karlsruhe
Institut für Telematik
Teleoperation Office
www.teco.uni-karlsruhe.de

Aufbau der Vorlesung

- | | |
|---------------------|------------------------------|
| 1 Grundlagen | 4 Kontext |
| 2 Geräte | 5 Sensoren/Aktuatoren |
| Grundlagen | 6 Interaktion |
| Internet | 7 Anwendungen |
| Wearable | |
| 3 Vernetzung | |



Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

4-2

Geräte: Grundlagen

- **Definition**
- **Entwicklungstrends**
- **Architektur**
- **Software**
- **Hardware**
- **Energieversorgung**

Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

4-3

Fragestellung

Hauptmerkmal der Post-PC-Generation: **Diversifikation**

- Geräte für unterschiedliche Anwendungen ("Inform. Appliances")
- Diversifikation bzgl. Rechenleistung, Kommunikation, Form-Faktor, Betriebssystem, User Interface, Schnittstelle zur realen Welt,...
- Computer so verschieden wie Alltagsgegenstände

Architektur und Klassifikation von Geräten notwendig

- Wo liegen die Unterschiede zu herkömmlichen Systemen
- Was sind Merkmale zur Unterscheidung verschiedener Geräte

Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

4-4

Definition

Abgrenzung gegen Universalrechner

- **Leistungs- / Funktionsumfang**
 - mehr Leistung/Funktionalität als in nicht-digitalen Objekten
 - weniger Leistung/Funktionalität als in Universalrechnern
- **Interaktion**
 - eingebettete Digitale Artefakte: keine direkte Benutzerinteraktion
 - interaktive Digitale Artefakte: einfachere Benutzerschnittstellen als bei Universalrechnern
- **Kontext**
 - viele Digitalen Artefakte zeichnen sich durch Bezugnahme auf (und Interaktion mit) physischer Umgebung aus (im Gegensatz zu Standardrechnern, die von ihrer Umg. abstrahieren)

Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

4-5

Definition

Ein „Digitales Artefakt“ ist ein **physisches Objekt mit eingebettetem Prozessor, Speicher, Sensorik und Netzwerkverbindung.**

- Viele „Digitalen Artefakte“ haben auch eine Benutzerschnittstelle und/oder die Fähigkeit, mit ihrer physischen Umgebung zu interagieren.

Minimalanforderungen

- „Digital“: bezieht sich auf die Fähigkeit, digitale Information zu Erkennen und verarbeiten:
 - eigenständiger als einfache Objekte
 - nicht (notwendigerweise) „intelligent“ im KI-Sinne.
- Fähigkeit, Information mit anderen Geräten auszutauschen
 - nicht notwendigerweise online, aber zumindest gelegentliche Verbindung (Synchronisation)
 - Abgrenzung gegen abgeschlossene eingebettete Systeme

Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

4-6

Geräte: Grundlagen

- **Definition**
- **Entwicklungstrends**
- **Architektur**
- **Software**
- **Hardware**
- **Energieversorgung**

Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

4-7

Entwicklungstrends

Woher kommt der Bedarf ?

Interaktiv

- **Informationszugang:** Zugangsgereäte für verschiedene Zielgruppen und Situationen; „Internet-Appliances“
- **Konvergenz:** Integration von Geräten aus Telekommunikation und Unterhaltungselektronik; „Multimedia-Geräte“
- **Mobilität:** für Mobilität (ständige Begleitung) optimierte Geräte
- **Spezialisierung:** Norman's „Information Appliances“

Eingebettet

- **Flexibilität:** „Gleichstellung“ von Peripherie und Komponenten
- **Automatisierung:** Erweiterung von Geräten/Maschinen um „Smart Control“ für Fernwartung und -steuerung
- **„Informatisierung“:** Integration nicht-digitaler Geräte/Objekte

Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

4-8

Informationszugang

Zugang für alle

- Informationsgesellschaft, Teledemokratie: Zugang in jedem Haushalt
- v.a. auch Zugang ohne Computer-Kenntnisse
- preisgünstiger Zugang
- Integration in bekannte Geräte (TV, Telefon)



WebTV

Zugang nicht nur am Schreibtisch

- Mobiler Zugang
- Bequemer Zugang („auf dem Sofa“)



Screenphone



WAP Handy



Surfpads

Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

4-9

Konvergenz

Geräte aus anderen Bereichen finden Anschluß

- Geräte aus Unterhaltungselektronik und Telekommunikation integrieren Computeranwendungen (insbes. Informationszugang)
- Spielkonsolen, Fernseher, VCR, Telefone, ...



Sega Dreamcast Spielkonsole mit Browser, Email

Konvergenz in neuen Geräten

- Bündelung konvergierender Anwendungen in neuen Geräteklassen
- Screenphones, Internet-Handys, Organizer-Handys, Interactive TV



Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

4-10

Mobilität

„Information Anytime, Anywhere“

- Organizer, Personal Digital Assistants (PDA), Handheld PC, Wearable Computer
- einfache Synchronisation, zunehmend auch Mobilkommunikation



Mobilkommunikation

- GSM-Telefone: ubiquitäre Plattform
- WAP, i-mode: Internet-Integration
- UMTS: Infrastruktur für smart mobile devices



npf

TecO



4-11

Flexibilität

Aus Komponenten werden Geräte

- Software-Anwendungen „out of the box“, z.B. Web-Server
- Hardware: statt Einschubkarte Plug&Play-Gerät, z.B. Speicher
- Peripherie: Gleichstellung im Netz, direkt ansprechbar

Flexibilität durch Unabhängigkeit von Hosts

- flexible Anbindung an andere Geräte, Plug&Play



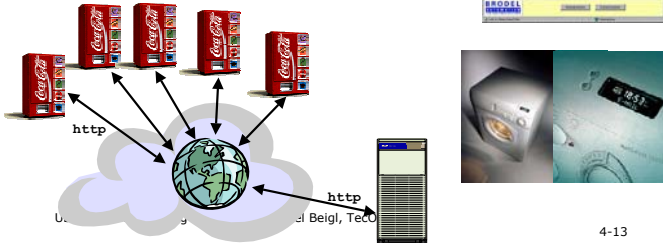
Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

4-12

Automatisierung

Smart Control

- Anbindung von eingebetteten Systemen an die Informationswelt
- Fernbedienung, Fernwartung
- Haushaltsgeräte, Facility Management, Automatenindustrie



4-13

Informatisierung

Integration nicht-digitaler Geräte/Objekte

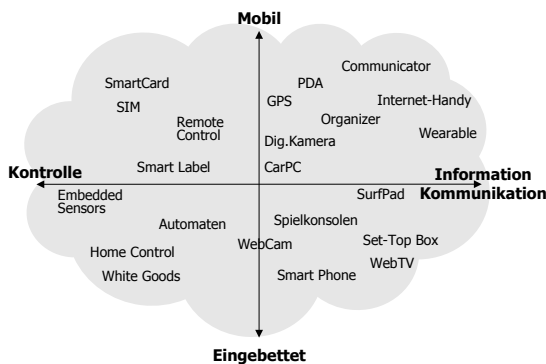
- Physischen Objekten eine Darstellung in der digitalen Welt geben
- Beispiel Mediacup:
 - Sensoren zur Erfassung des Zustands (Temperatur, Bewegung, Gewicht)
 - Prozessor zur Berechnung von Ereignissen („aufgefüllt“, „getrunken“, „abgekühlt“, ...)
 - Infrarot-Kommunikation, Broadcast in lokaler Umgebung



Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

4-14

Klassifikation



uting WS 01/02 Michael Beigl, TecO

4-15

Geräte: Grundlagen

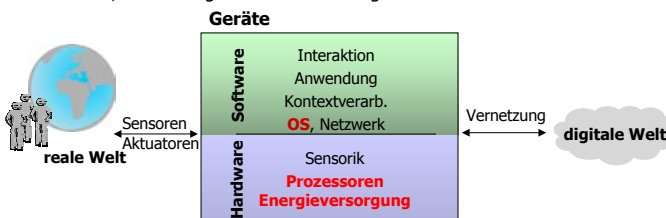
- Definition
- Entwicklungstrends
- Architektur
- Software
- Hardware
- Energieversorgung

Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

4-16

Modell zur Charakterisierung

- Unterschiedliche Systeme mit unterschiedlichen Ausprägungen: Bereiche können als eigene Schichten ausgeprägt oder zusammengefaßt sein
- Qualitative größte Gruppe: Zusammengefaßte Software- bzw. Hardware-schichten
- → direkte Reflektion von Entwurfsentscheidungen auf Umwelt / Benutzer, Technologie und HCI wichtig!



Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

4-17

Merkmale Charakterisierung Digitale Artefakte

Äußere Merkmale:

Interaktion

- Bandbreite: keine Interaktion ... Text/Grafik ... Multimedia/multimodal
- Häufigkeit: nie ... gelegentlich ... regelmäßig ... permanent
- Interaktionsdauer: kurze oder lange „Sitzungen“
- Wahrnehmung: peripher ... zentral

Kommunikation

- offline vs. online, lokal vs. global
- Häufigkeit, Verbindungsdauer, Bandbreite

Kontext

- eingebettete Systeme: Interaktion mit Host
- weitergehende Wahrnehmung der Umwelt (Lokation, Situation)

Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

4-18

Geräte: Grundlagen

- **Definition**
- **Entwicklungstrends**
- **Architektur**
- **Software**
- **Hardware**
- **Energieversorgung**

Software

Betriebssysteme

- im Universalrechnerbereich sehr umfangreich
- Hauptaufgaben: Betriebsmittelvergabe zwischen vielen Prozessen, Hardware-Abstraktion

Betrieb von Digitalen Artefakten

- wesentlich differenzierter
- Unterschiede in zu verwaltenden Betriebsmittel, z.B. i.allg. kein externer Speicher
- oft Realzeit-Anforderungen (Steuerung, Multimedia), dabei begrenzte Rechenpower (d.h. best effort nicht akzeptabel)
- i.allg. nur wenige Anwendungen/Prozesse

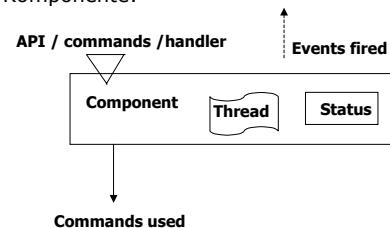
Software: Betriebssysteme

- **Microkernel / API**
- **Unterstützt Kommunikation, Zugriff auf Sensorik, z.T. Scheduling**
- **Sehr Klein**
 - Keine Prozesse, manchmal Threads
 - Wenige Variablen
 - Interrupt-gesteuert
 - Kooperatives Scheduling
 - Problem: Hauptspeicher!
- **Betriebssystem- Beispiele**
 - RTOS (Real Time OS, z.B. CMX für PIC)
 - TinyOS (Berkeley)
 - L4
 - BasicStamp

Software Betriebssystem Tiny OS

Tiny OS (Berkeley):

- 2 Taskwechsel alle 50 μ s
- Ereignisbasierter Wechsel, FIFO-Scheduler + priorisierte Ereignisse (Netzwerk)
- Komponente:



Software Java

Java Programmierung für Digitale Artefakte

- Einfache, sichere Sprache
- Kompakter Bytecode zur Ausführung auch auf kleinen Plattformen
- Portabilität: Ausführung von Bytecode auf virtuellem Prozessor (JVM, Java Virtual Machine)
- Probleme: begrenzte Plattformunabhängigkeit der JVM; Annahmen über Speicher, Dateisystem, Peripherieanbindung die auf Digitalen Artefakte oft nicht zutreffen

Java 2 Familie

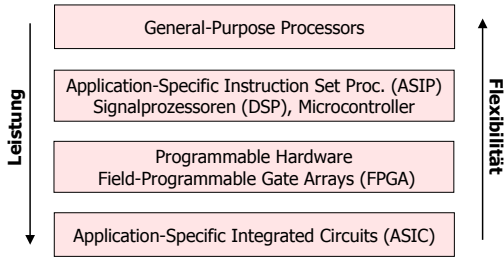
- Unterschiedliche Editionen für Spektrum von Plattformen
- MicroEdition (J2ME) für Information Appliances, minimaler Funktionsumfang, dynamisch nachladbare Erweiterungen
- Verschiedene Profile in J2ME: Car, TV, PDA, Phone

Geräte: Grundlagen

- **Definition**
- **Entwicklungstrends**
- **Architektur**
- **Software**
- **Hardware**
- **Energieversorgung**

Hardware

Implementierungsarten



Hardware Implementierungsarten

General-Purpose Prozessor

- hohe Performance durch fest verdrahtete hochoptimierte Funktionseinh.
- Flexibilität durch Ausführung externer Programme
- große Leistungsaufnahme

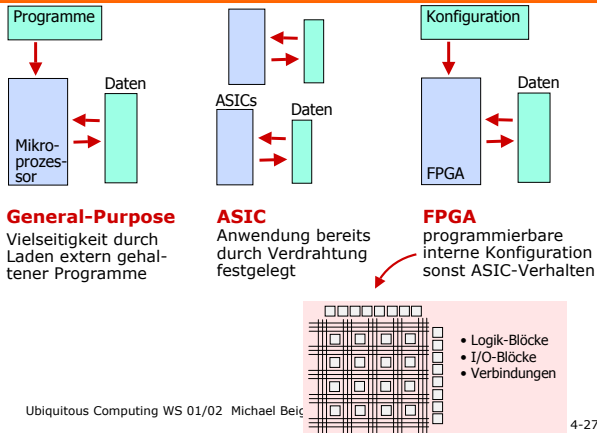
ASIP

- Anwendungsspezifische Spezialisierung
 - des Instruktionssatzes (z.B. Operatorverkettung)
 - der Funktionseinheiten (z.B. Pixel-Operationen)
 - der Speicherarchitektur (z.B. Parallelzugriff)
- höhere Performance, niedrigere Kosten (kl. Chipfläche), geringere Codegröße, geringere Leistungsaufnahme

Microcontroller

- spezialisiert für steuerungsdominante Anwendungen
 - Bit- und Logikoperationen statt Arithmetik
 - Register in RAM: Kontextswitch durch Pointeroperation
 - Integration von Peripherie: A/D, D/A, Timer, ...

Hardware Implementierungsarten



General-Purpose
Vielseitigkeit durch Laden extern gehaltener Programme

ASIC
Anwendung bereits durch Verdrahtung festgelegt

FPGA
programmierbare interne Konfiguration sonst ASIC-Verhalten

Superkompatible Hardware

Optimierungsziel / Kaufkriterien

- bisher: Verhältnis von Performance zu Kosten, durch Minimierung der Chipfläche
- an Bedeutung gewinnende Kriterien: niedrige Verlustleistung (cool chips are hot, s.u.) und Kompatibilität

Superkompatible Prozessoren

- Kostenoptimierung durch hohe Stückzahl
- Superkompatibilität
 - direkte Unterstützung einer weitverbreiteten Sprache
 - höchste Performance für diese Sprache
 - akzeptable Performance für andere Sprachen
 - geringe Chipfläche, somit niedrige Kosten
- für anspruchsvolle, vernetzte eingebettete Systeme

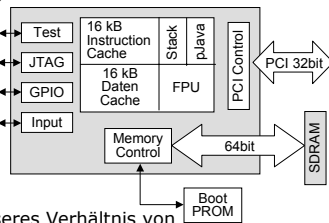
Superkompatible Hardware

picoJava Architektur: „JVM in Hardware“

- Java-Bytecode wird unmittelbar als Maschinencode verarbeitet
- komplexe Instruktionen erzeugen Trap und werden in Software emuliert
- kann aus anderen Sprachen generierten Binärcode ausführen

MicroJava 701 Prozessor

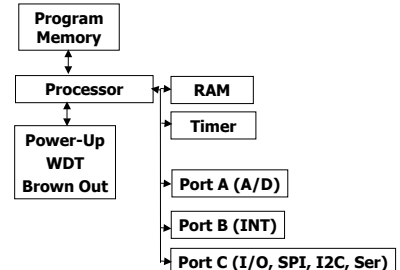
- 32-bit-RISC-Prozessor, 200 MHz
- Vergleich mit Intel-P11-300
 - nur 2.8 Mio. Transistoren, kleinere Chipfläche (50mm²)
 - für Ausführung von Java besseres Verhältnis von Performance zu Kosten



Angepaßte Hardware

z.B. PIC 16F876

- Low Cost, Low Power
- Einfache interne Rechenstruktur, komplexe I/O (viel I/O → viel Kontext)
- All in one chip: (z.B. A/D, Power-Up)
- (fast) keine ext. Bauteile notwendig
- Programmierung: C, Assembler



Häufig verwendete Hardware

Typen

- Arizona Microchip PIC 16xxx, 17xxx, 18xxx (RISC) Reihe
- Atmel 8051 sowie RISC Architektur (und weitere 8051er Derivate)
- Hitachi H8/3294 (RCX)
- 68000 – Derivate (insb. Information Appliances)
- 80x86 Derivate (Steuerung, PC 104, embedded Web-Server)
- ARM, StrongARM: Info-Appliances

Leistungsparameter

- RAM: von <16 byte bis mehrere MB
- ROM: ab 1 k byte
- Geschwindigkeit: 32 kHz bis >200 MHz (dual Mode)
- On Board I/O, oft A/D, PWM, D/A, Treiberstufen
- Schnittstellen: Seriell, I2C, SPI, CAN

Hardware Vergleich Prozessoren

Typ	Programm Speicher (Byte)	Daten Speicher (Byte)	max Takt MHz	I/O	Verbrauch Max/t yp	Größe (mm)
16F84A	1792	68	10	13	2mA/20 uA	1,1x1
16F877 (16F876)	14336	368	20	33 (22)	2mA/30 uA	2,3x2,3 (1,1x2,3)
16F828	3584	224	20	16	2mA/30 uA	1,1x1
Beck-IPC	512k	512k	20	8	200mA/100mA	40x50(M odul)
MN10L200 (OnHandpc)	2 MB	128k	10	-	-	-
NC68EZ328 (3Com PalmPilot)	2-8 MB	2-8 MB	16	-	-	-
Intel-kompatible (>i486)	Typ.: minimum 32 MB	Typ.: minimum 32 MB	> 66	-	>1A	70x50 (Modul)

Geräte: Grundlagen

- Definition
- Entwicklungstrends
- Architektur
- Software
- Hardware
- Energieversorgung

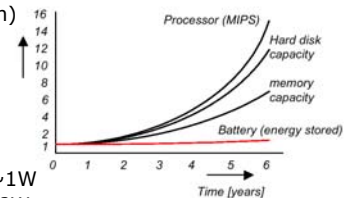
Energieversorgung

Batterietechnologie

- langsamer Fortschritt (nur 20% mehr Kapazität in 10 Jahren)
- Hoffnungsträger: Methanol-Brennstoffzellen

Energieverbrauch

- Desktop-Rechner $\sim 10^2$ W
- Laptop ~ 10 W
- Single-Board Comp. ~ 1 W
- Low-power Microcontr. $\sim 10^{-3}$ W



3 Möglichkeiten der Energieversorgung

- Energiesparen
- Unbemerkte Energiezufuhr
- Benutzergesteuerte Energiezufuhr

Energieversorgung Energiesparen

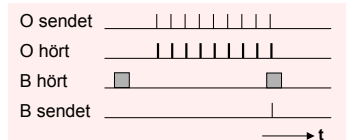
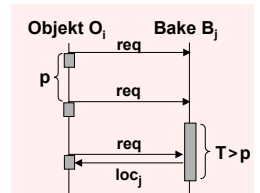
Energiesparen

- **Technologie-Ebene (CMOS):** Kapazität minimieren, minimale Chipfläche, möglichst wenig externe Verbindungen
- **Hardwarearchitektur:** hohe Verlustleistung in Bussen, Treibern, Multiplexern \rightarrow einsparen durch Lokalisierung von Operationen
 - anwendungsspezifische Co-Prozessoren (am Prozessor vorbei, weniger Verkehr auf dem Bus)
 - Cachehierarchien (häufige Operationen in der Nähe des Prozessors gespeichert)
- **Kommunikation:** Minimierung der Zeit, die die Netzwerkschnittstelle aktiv ist: Energie-bewußte Zugangsprotokolle
 - z.B. Traffic Scheduling in der Basisstation und periodische Bekanntgabe der Schedules: wer nicht aufgelistet ist, kann sich eine Periode lang abschalten

Energieversorgung Energiesparen

Beispiel Infrarot-Lokationssystem

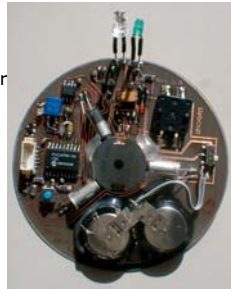
- Dienstnehmer sendet Anfragesignal
- Bake antwortet mit Ortsinformation
- Energiesparendes Protokoll: Minimierung von Sende- und Empfangszeiten
- autonome Energieversorgung der Baken (Solarzellen und Kondensatoren)



Energieversorgung Unbemerkte Energiezufuhr

Beispiel Mediacup

- Prozessor
 - reduzierte Taktrate 1 MHz
 - Schlafmodus so oft wie möglich
- Bewegungsmessung
 - Kugelschalter statt Beschleunigungssensor
 - ermöglicht Interrupts statt Polling
 - keine Bewegung → keine Messung
 - kein Stromfluß
- Berührungsloses Aufladen
 - Via Induktion
 - Kondensatoren, 2F
 - kein Batteriewechsel



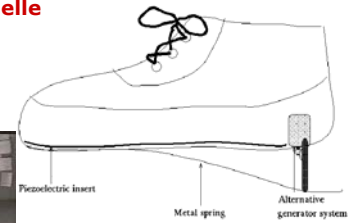
Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

4-37

Energieversorgung Unbemerkte Energiezufuhr

Der Mensch als Energiequelle

- „Kraftwerk im Schuh“
- Joe Paradiso



Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

4-38

Energieproduktion ist ein Kontext:



Ubiquitous Computing WS 01/02 Michael Beigl, TecO

4-39