

## Ubiquitous Computing

(Ubiquitäre Informationstechnologien)  
Vorlesung im WS 00/01

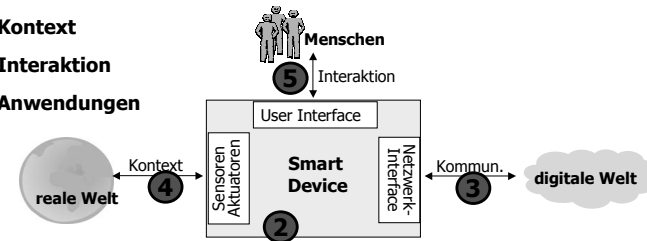
Hans-Werner Gellersen



HWG 2-1

## Ubiquitous Computing

- 1 Vision/Grundlagen  
└ Vision und Historie: Ubicomp-Projekt am PARC  
Information Appliances & Artefacts
- 2 Smart Devices
- 3 Vernetzung
- 4 Kontext
- 5 Interaktion
- 6 Anwendungen



HWG 2-2

## Vision und Historie

- "The Computer for the 21st Century"
- Tabs, Pads und Boards
- ParcTab Projekt
- Herausforderungen
  - an Informatik, Gestaltung, Gesellschaft

HWG 2-3

## "The computer for the 21st century"

### PARC: Xerox Palo Alto Research Center

- in 70er/80er Jahren legendäre Arbeiten als Grundlage für "Personal Distributed Computing", z.B.
  - Alto: erster wirklich persönlicher Rechner
  - Client/server, Ethernet, ...
  - Bitmap Displays, Point-and-Click Interfaces (GUI),...
  - Objekt-orientierte Programmierung (Smalltalk)



### Mark Weiser (1952-1999)



- 1988-1995 Manager of the C.S. Lab, PARC
- ab 1988 Ubicomp Forschungsprogramm am PARC
- 1991 "The Computer for the 21st Century", Grundlagenartikel im Scientific American
- 1999 ACM SIGMOBILE Award

HWG 2-4

## Vision "Ubiquitous Computing"

### Ausgangspunkt: Verhältnis von Mensch und Technologie

"the place of technology in our lives ... what matters is not the technology itself, but its relationship to us"

### These 1: "Die besten Technologien sind jene, die sich in den Alltag einfügen und effektiv unsichtbar sind"

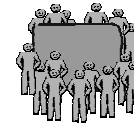
"the most profound technologies are those that disappear. They weave themselves into the fabric of everyday life until they become indistinguishable from it"

- z.B. Schrift, elektrischer Strom
- Zielsetzung, bezogen auf IT:  
Information sichtbar — Informationstechnologie nicht

HWG 2-5

## Vision "Ubiquitous Computing"

### The Place of computer technology in our lives...



#### Mainframe Comp.

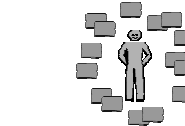
- Menschen teilen sich eine knappe Ressource
  - Nutzung sehr explizit, und gut vorbereitet
- "run by experts behind closed doors"

1984: mehr PC User als Mainframe User



#### Personal Comp.

- persönlich/intim
  - direkte Nutzung
- "while it may take you where you want to go, it requires considerable attention to operate"



#### Ubiquitous Comp.

- alltäglich/allgegenwärtig
  - Nutzung implizit/unbewußt
- "each person is continually interacting with hundreds of nearby interconnected computers"

2005?  
2010?

HWG 2-6

## Vision "Ubiquitous Computing"

### These 2: "Computer-wie-wir-sie-kennen fügen sich nicht in den Alltag ein sondern definieren eine eigene Welt"

"[today's computer is] far from having become part of the environment ... remains largely in a world of its own ... is isolated from the overall situation"

"... rather than being a tool through which we work ... the computer too often remains the focus of attention"

#### Computer sind (eigentlich) Werkzeuge: Sekundärartefakt

- die besten Werkzeuge sind die, die man benutzen kann ohne da-rüber nachzudenken -> Konzentration auf die eigentl. Ziele
  - heutige Computer: Wahrnehmung/Nutzung als Primärartefakt; Abwendung von anderen Dingen, Konzentration auf den Computer
- "such machines can not truly make computing an integral, invisible part of the way people live their lives"

HWG 2-7

## Vision "Ubiquitous Computing"

### These 3: "Computertechnologie, die sich in die Welt einfügt: kein UI-Problem sondern wesentlich tiefergehender"

- Natürliche Sprache, multimodale Interaktion, intelligente Agenten, Multimedia: reichere Interaktion, aber keine Einbettung in der Welt

"merely improving interfaces makes the obstruction (your computer) nothing more than an easier to use obstruction" (Doheny-Farina, 1994)

Beyond ease-of-use!

#### Ubicomp: neue Computer-Weltsicht ...

"a new way of thinking about computers in the world, one that takes into account the natural human environment and allows the computer themselves to vanish into the background"

#### ... und neues Spektrum von Computern

"to bring computers to this point while retaining their power will require radically new kinds of computers of all sizes and shapes"

HWG 2-8

## Vision "Ubiquitous Computing"

**These 4: "Computer müssen in die Welt gebracht werden, nicht die Welt in den Computer"**

- **Virtual Reality**

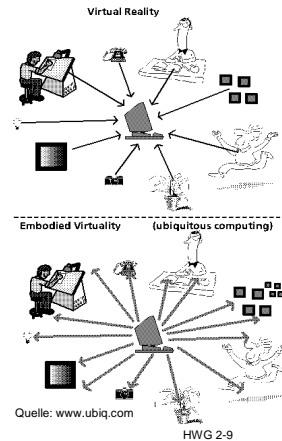
- alle Dinge im Computer

"Simulating the world rather than enhancing the world that already exists"

- **"Embodied Virtuality"**

- Computer in allen Dingen

"Activating the world"



## Vision "Ubiquitous Computing"

**These 5: "Computer werden unsichtbar und ubiquitär vernetzt. Besonders wichtig sind Lokation und Maßstab."**

"most of the computers ... will be invisible in fact as well as in metaphor ... These machines will be interconnected in a ubiquitous network ... two issues [are] of crucial importance: **location and scale**"

- **vgl Ubicomp-Merkmale** (Einführungsvorlesung)

- Einbettung (phys./kogn.), Vernetzung, Allgegenwart, Kontext, neue diverse Geräte

HWG 2-10

## Location and Scale

### Lokation / Räumliche Anordnung

- Räumliche Anordnung fundamental für menschl. Wahrnehmung und Kommunikation; jede Aktivität geht von einem Ort aus
- "if a computer merely knows what room it is in..."
- Ortsinformation auch wichtig für Mobilität (Routing)

### Scale / Maßstab / "in allen Größen"

- "ubiquitous computers will also come in different sizes, each suited to a particular task"
- Diversifikation: auch bzgl. CPU, Speicher, Bandbreite, Display,... die ganze Skala ausfüllen
- "the real power of the concept comes not from any one of these devices; it emerges from the interaction of all of them"

HWG 2-11

## Vision und Historie

- **"The Computer for the 21st Century"**

- **Tags, Pads und Boards**

- **ParcTab Projekt**

- **Herausforderungen**

- an Informatik, Gestaltung, Gesellschaft

HWG 2-12

## Tabs, Pads und Boards

### Ubicomp-Arbeiten Ende 80er/Anfang 90er Jahre

- Empirischer Ansatz: "Build what you use. Use what you build"
- Prototyp-Infrastruktur in eigener Büroumgebung
- erste Phase: nicht wirklich unsichtbar, aber weg vom PC-Paradigma
  - mehr Mobilität und Konnektivität:
    - Infrastruktur für Mobilkommunikation (IR, RF)
  - "Location and Scale":
    - neue Endgeräte, verschiedene Größen, Lokalität



Ubicomp Testbed Devices:  
Tabs, Pads und Boards

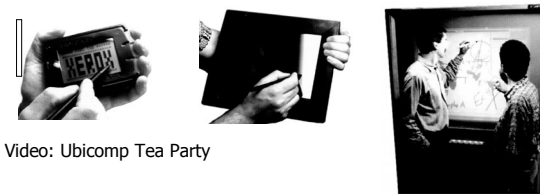
HWG 2-13

## Tabs, Pads und Boards

### Ubicomp Testbed Devices

- Vision: vernetzte Computer in allen Dingen groß und klein
- Annäherung: Computer in drei Größenklassen
  - Tabs: handtellergroße Terminals inch-scale
  - Pads: wie heutige Pen-Pads/Surf-Pads foot-scale
  - Boards: elektronische Tafel (Liveboard/Tivoli) yard-scale

"...for each person in an office there should be hundreds of tabs, tens of pads and one or two boards"



- Video: Ubicomp Tea Party

HWG 2-14

## Tabs, Pads und Boards

### Gerätespektrum: neue Optimierungsziele

- Optimierungsziel in Personal Computing: Maximierung von Rechenleistung, Displayfläche, Bandbreite, Speicher
- in Ubicomp: geeignete Balance für jedes Gerät finden
  - unterschiedl. Nutzungsprofile, Energiebedingungen etc.
  - im Zusammenspiel von Geräten

### Scale: Einfluß der Gerätedimension

- Interaktionstechniken: alle Geräte im Prinzip Stift-Computer, trotzdem sehr unterschiedliche Techniken notwendig
- Kommunikation:
  - große Geräte/Displays → große Bandbreiten
  - kleine Geräte → kleine Bandbreiten, aber viele Kanäle

HWG 2-15

## Vision und Historie

- "The Computer for the 21st Century"
- Tabs, Pads und Boards
- ParcTab Projekt
- Herausforderungen
  - an Informatik, Gestaltung, Gesellschaft

HWG 2-16

## ParcTab Projekt

### Device Design

- **ParcTab Devices für extreme Portabilität**
- **UI Design für kleine Geräte**

### Infrastruktur

- **Drahtloses Netzwerk für permanente Verbindung**
- **Architektur für Mobile Anwendungen**

### Anwendung

- **Nutzung von Lokation und Kontext**

HWG 2-17

## ParcTab Device

- 10.5 x 7.8 x 2.4 cm
- Gewicht 215g, davon 70g Batterie
- 8-bit Microcontroller, low-power Modi
- Symmetrisch (links- und rechtshändig)
- Display: 128\*64 LCD monochrom
- Bedienung: einhändig (3 Knöpfe) oder beidhändig (Knöpfe und Stift)



HWG 2-18

## UI Design für kleine Geräte

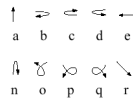
### Buttons vs. Touch Screen

- Alternativen: Pen- oder Button-Selektion
- Button-Konvention für Anwendungen: up/select/down



### Texteingabe

- Virtual Keyboard: langsam (2 char/s), braucht fast das ganze Display
- Unistrokes (Vorläufer von Graffiti): Handschrift, exakt ein Linienzug/Zeichen, leichte Erkennung, relativ schnell



### Auswahl aus Listen

- Inkrementelle Suche

```
atkinso...butcher...
davidso...dummyCS...
dummyS...frederi...
hdavis...kerch...
lawong...mudge...
norman...pres...
skimbal...vest...
wellner wirish
```

HWG 2-19

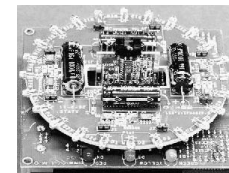
## ParcTab Mobilkommunikation

### Infrarotkommunikation

- 880nm IR, 9600 bis 19200 baud
- weniger Energieverbrauch als RF, bessere Kontrolle über Reichweite/Zellengröße → Lokalisierung von Teilnehmern
- Räume = Zellen ("nanocells")

### ParcTab Transceiver

- Basisstation in Nanozelle, bis 20m modulo Raumbegrenzen
- Pufferung von Paketen
- Serielle Schnittstelle → Verbindung zum LAN
- 24 IR-Sendediode im Abstand von 15°, 2 Empfangsdiode



HWG 2-20

## ParcTab Mobilkommunikation

### Physical Layer

- Paketorientiert, Time-Division Multiplex
- Infrarotpulse von 4µs Länge
- Datenbits (0, 1, sync): codiert im Abstand zwischen zwei Pulsen: energiesparend, da Pausen zw. Pulsen >> Pulslänge

kein Standard-IR-Verfahren  
IrDA erst später eingeführt

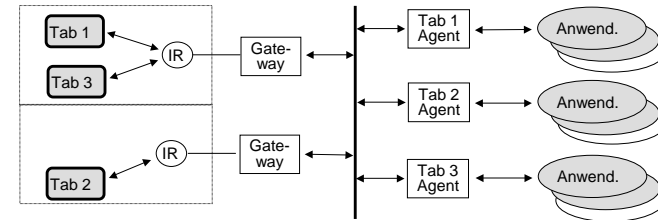
### Link Layer

TYPE 1	LENGTH 1	DESTINATION 4	SOURCE 4	DATEN 3-247	CS 2
-----------	-------------	------------------	-------------	----------------	---------

- Pakettyp: best. Übertragungsrate (nur Typfeld selbst immer mit 9600 baud) Rückwärts-Kompatibilität
- Länge bis 256 byte
- Destination/Source: 4-byte Adresse von Empfänger/Sender
- Zugang zum Medium: CSMA, keine Kollisionserkennung

HWG 2-21

## ParcTab Systemarchitektur



### IR Gateway

- empf. IR Pakete von Transceiver
- Weiterleitung an Agent (anhand Quelladresse)
- hängt Rückkehradresse und Lokations-ID an

### Tab Agent

- empfängt Anfragen von Anwendungen (Pakete an Tab)
- leitet Tab-Events an aktuelle Anwendung weiter
- hält Tab-Lokationsinformation ("authorisierter Proxy")

HWG 2-22

## Request/Reply Protokoll

### Tabs sind einfache Terminals

- Anwendungsausführung im Netz
- Tab bietet ~30 Funktionscodes, die von Anwendung aufgerufen werden können (display\_text, wake\_up,...)
- Paketformat für Funktionsaufrufe, 247 byte Link Layer Datenfeld

DATA TYPE 1	SEQUENCE NUMBER 1	FUNCTION			MORE FUNCTIONS	END 1
		CODE 1	LENGTH 1	PARAM. 0-242		

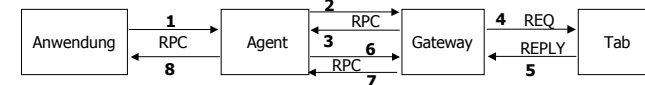
- Typ: unterscheidet Requests, Replies und Events (s.u.)
- Sequenznummer: zur Zuordnung von Request und Reply
- Bündelung von mehreren Funktionsaufrufen in einem Request-Paket möglich
- Länge-Feld bezieht sich auf Funktion, nicht auf Paket  
→ Ende-Feld

HWG 2-23

## Request/Reply Protokoll

### Kommunikation von der Anwendung zum Tab

- Tab Remote Procedure Call (T-RPC)



- 1 Anwendung sendet Funktionsaufruf an Agenten
- 2 Agent kennt Lokation seines Tab, leitet Aufruf weiter an IR Gateway
- 3/4 Gateway bestätigt und sendet REQ im IR-Paket  
ggf. Timeout, exponential back-off und Retry
- 5 Gateway empfängt Reply; Zuordnung zum REQ anhand Sequenznr.
- 6/7 Weiterleitung an Agent, umgehende Bestätigung
- 8 Anwendung erhält Ergebnis des Funktionsaufrufs

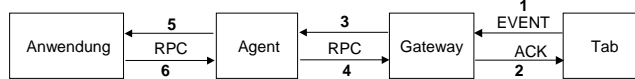
HWG 2-24

## ParcTab Events

### Kommunikation vom Tab zur Anwendung

- Tab Events: jede Benutzerinteraktion ist ein Ereignis
- Beacons: alle 30s wird ein Signal zur Lokalisierung gesendet
- jedes Ereignis wird in einem IR Paket als Daten übertragen

### Event Notification



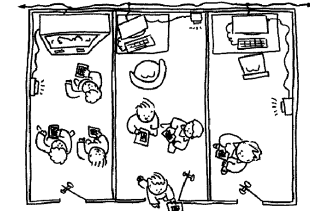
- 1 Tab sendet Ereignis an IR-Gateway und kann um Bestätigung bitten
- 2 Gateway sendet Bestätigung (i.allg. für Tab Events, nicht für Beacons)
- ...

HWG 2-25

## ParcTab Anwendung

### Lokation im ParcTab System

- Lokation aller Tabs bekannt
- Lokationsmodell: Symbolisch (Nanozellen, Räume mit ID)
- Ortsbestimmung: Empfänger von Tab-Paketen hängt Raum-ID an
- dadurch erhalten Agenten regelmäßig Updates (Beacons alle 30s)
- Agenten verwalten Lokationsinfo



Privacy!

### Von Lokation zu Kontext

- Tabs sind persönlich: Tab-Lokation meistens gleich User-Lokation
- Ableitung von Kontext aus Lokation: nicht nur absolute Lokation ("wo bin ich"), sondern auch "wer sonst ist da", "welche Ressourcen sind vorhanden", ...

HWG 2-26

## Anwendung von Kontext

### Klassifikation von Anwendungen, die Kontext nutzen

	Manuell	Automatisch
Information	Kontextuelle Information	Kontextuelle Konfiguration
Aktion	Kontextuelle Ausführung	Kontext-ausgelöste Ausführung

Beispiel: "Proximate Selection"

- UI-Technik zur Auswahl von Objekten in der Nähe, z.B. Drucker

Name	Room	Distance
cupn	35-2200	200ft
claudia	35-2108	30ft
perfector	35-2301	20ft
snoball	35-2103	100ft

HWG 2-27

## Vision und Historie

- "The Computer for the 21st Century"
- Tabs, Pads und Boards
- ParcTab Projekt
- Herausforderungen
  - an Informatik, Gestaltung, Gesellschaft

HWG 2-28

## Herausforderungen

Anfang der 90er Jahre erkannte Herausforderungen  
— größtenteils adressiert

... an die Informatik, Teil 1 (Weiser, 1993)

- **Verteilte Systeme**
  - tradition. Sicht: Verteilung verbergen, Netzwerk soll sich wie "ein Rechner" verhalten
  - stattdessen: Verteilung/Lokalität der Komponenten nutzen
  - mehr Dynamik, spontane Vernetzung
- **Mobilkommunikation**
  - übliches Optimierungsziel: Bandbreite \* Reichweite
  - UbiComp-Optimierung: Bandbreite / m<sup>3</sup>
- **Energieeffizienz**
  - im PC-Bereich untergeordnetes Ziel, im mobilen Bereich zentral
- **Mobilität/Migration von Anwendungen/UIs**
  - "Teleporting": laufende Anwendungen/UIs von einem Gerät auf das andere migrieren

HWG 2-29

## Herausforderungen

Ende der 90er Jahre reflektierte Herausforderungen  
— Hot Topics in UbiComp

... an die Informatik, Teil 2 (Weiser et al, 1998)

- **Lokalisierung in Gebäuden**
  - Menschen haben eine feingranulare räumlich-zeitliche Wahrnehmung der Welt
  - Systeme haben allenfalls grobgranulare Lokationsinformation
- **Koordination von Geräten für kohärente Interaktion**
  - Menschen haben ein intuitives Verständnis dafür, versch. Geräte/Werkzeuge zu koordinieren, um Arbeit zu erledigen
  - Systemen fehlt dieses Verständnis
- **Koordination von physischen und virtuellen Objekten**
  - Menschen verstehen Beziehungen, die zwischen virtuellen und physischen Versionen von Objekten bestehen (z.B. zwischen Word-Dokument und Ausdruck)
  - Systeme wissen i.allg. gar nicht, dass es auch physische Versionen existieren

HWG 2-30

## Herausforderungen

... an die Gestaltung von Systemen

### Calm Technology

- Menschl. Wahrnehmung der realen Welt ist i.allg. "angenehm"
  - Periphere Wahrnehmung: Kontakt halten zur Welt
  - Selektive Fokussierung: Teile der Welt in den Mittelpunkt rücken
- Menschl. Wahrnehmung digitaler Information (in PC-Welt)
  - monopolisierend, abgeschnitten von der Peripherie
  - systembestimmte Fokussierung
- Herausforderung an zukünftige Informatiksysteme
  - Unterstützung von Peripherie und Selektiver Fokussierung z.B. Ambient User Interfaces

"Calm technology engages both the center and the periphery of our attention, and moves back and forth between the two"

HWG 2-31

## Herausforderungen

... gesellschaftliche Aspekte

### Privatsphäre (Privacy)

- Lokationsinformation: wer darf wissen wo ich bin ?
- Unsichtbarkeit: Verlust von Kontrolle über persönl. Information
- "it is important to realize there can never be a purely technological solution to privacy, and social issues must be considered"

### Default = CONNECTED ?

- Doheny-Farina: "Default=Offline or Why UbiComp scares me"
- Porush: "Ubiquitous Computing vs. Radical Privacy"  
"Participating in the newest communication technologies become compulsory if you want to remain part of the culture"

(beide Artikel s. <http://www.teco.edu/lehre/ubiq/>)

HWG 2-32