

Sensoren- und Aktorennetze

KuVS Summer School "Mobile Computing "



Michael Beigl

Universität Karlsruhe
Institut für Telematik
Telecooperation Office
www.teco.uni-karlsruhe.de

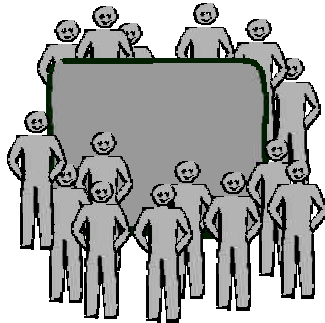
Sensor- und Aktornetze

- **Einleitung: Ubicomp**
- **Zusammenhänge: Netzwerke und Sensorik**
- **Sensoren und Kontext: Grundlagen**
- **Sensoren und Kontext: Anwendungen**
- **Ubicomp: Netzwerke**
- **IrDA: Physikalische Kodierung**
- **Smart-Its: Energiesparende Protokolle**
- **MediaCup: Kontext-abhängiges Routing**

Ubiquitous Computing

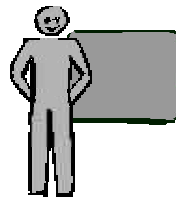
The Research Area

Vision von M. Weiser, XeroxParc



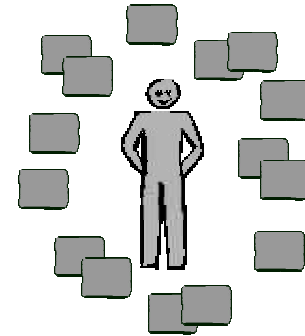
Mainframe Comp.

- Menschen teilen sich eine seltene Ressource
- Explizite Nutzung, gut vorbereitet
- Benutzer: Experten



Personal Comp.

- Persönliche
- Direkte Benutzung
- Benutzer: Jedermann, unterstützt durch Experten



Ubiquitous Comp.

- Ubiquitär
- Implizite Nutzung
- Benutzer: Jedermann

Ubiquitous Computing II

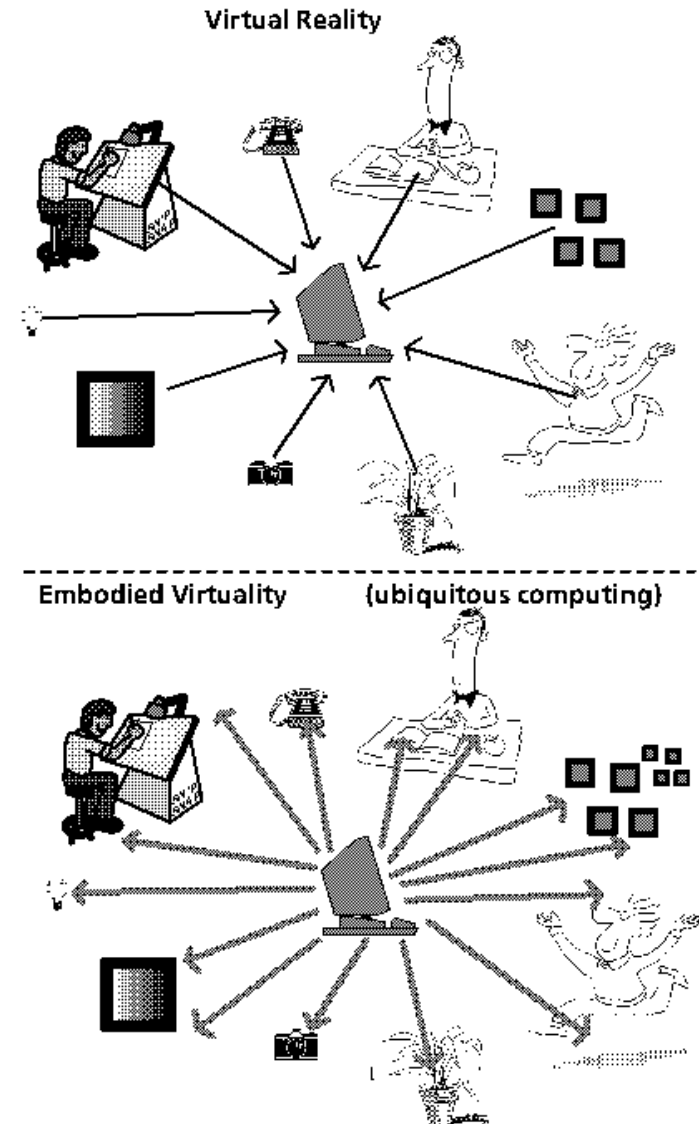
The Research Area

PC:

- Reproduktion aller Funktionalität in einen Rechner
- Komplexe Benutzung durch beschränkte Mensch-Maschine Schnittstelle
- Komplex durch Diversität der Funktionalität

Ubiquitous Computing:

- Angpaßte Benutzerschnittstelle
- Ein Tool für eine Funktion



Sensor- und Aktornetze

- Einleitung: Ubicomp
- **Zusammenhänge: Netzwerke und Sensorik**
- Sensoren und Kontext: Grundlagen
- Sensoren und Kontext: Anwendungen
- Ubicomp: Netzwerke
- IrDA: Physikalische Kodierung
- Smart-Its: Energiesparende Protokolle
- MediaCup: Kontext-abhängiges Routing

Netzwerke und Sensorik

Anfänge der Datennetze

- Netz & Mensch/Umwelt entkoppelt
 - E-Mail
 - News

Multimedia

- Netz & Mensch für spezielle Anwendungen für bestimmte Zeit gekoppelt
 - Video/Audioübertragung
 - Informationsabruf (WWW)
 - ► Direkte Mensch-Maschine Interaktion

Ubicomp

- Netz & Mensch / Umwelt eng gekoppelt
 - Sensoren & Aktuatorennetze
 - Desintegrierte Informations- & Multimediadienste
 - ► Direkte & indirekte MMI

Netzwerke und Sensorik

Anfänge der Datennetze

- Netz & Mensch/Umwelt entkoppelt
 - E-Mail
 - News

Multimedia

- Netz & Mensch für spezielle Anwendungen für bestimmte Zeit gekoppelt
 - Video/Audioübertragung
 - Informationsabruf (WWW)
 - ▶ Direkte Mensch-Maschine Interaktion

Ubicomp

- Netz & Mensch / Umwelt eng gekoppelt
 - Sensoren & Aktorennetze
 - Desintegrierte Informations- & Multimediadienste
 - ▶ Direkte & indirekte MMI

Netzwerke und Sensorik II

Standard-Rechnernetze

- Lokale Netze (Ethernet usw.)
- Globale Vernetzung, Internet
- relativ homogen: Endgerät = General-Purpose Computer
- statisch, wenig flexibel

Netze für Sensoren und Aktuatoren

- Diversifikation von Endgeräten: mobil, eingebettet, spezialisiert
- Allgegenwart: überall, insbesondere auch im Heimbereich
- Spontaneität: ad hoc Vernetzung von Geräten
- Unsichtbarkeit: Kleinste Abmaße, kleinster Stromverbrauch, keine Administration & explizite Bedienung

Netzwerke und Sensorik III

Voraussetzungen

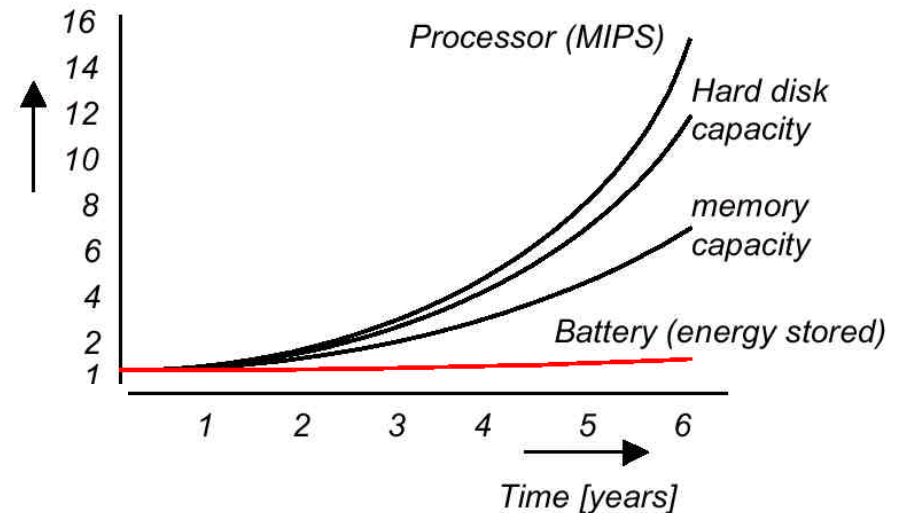
- Mobil
- Klein
- Ad-hoc
- Energiesparend!

Batterietechnologie

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

Energieverbrauch

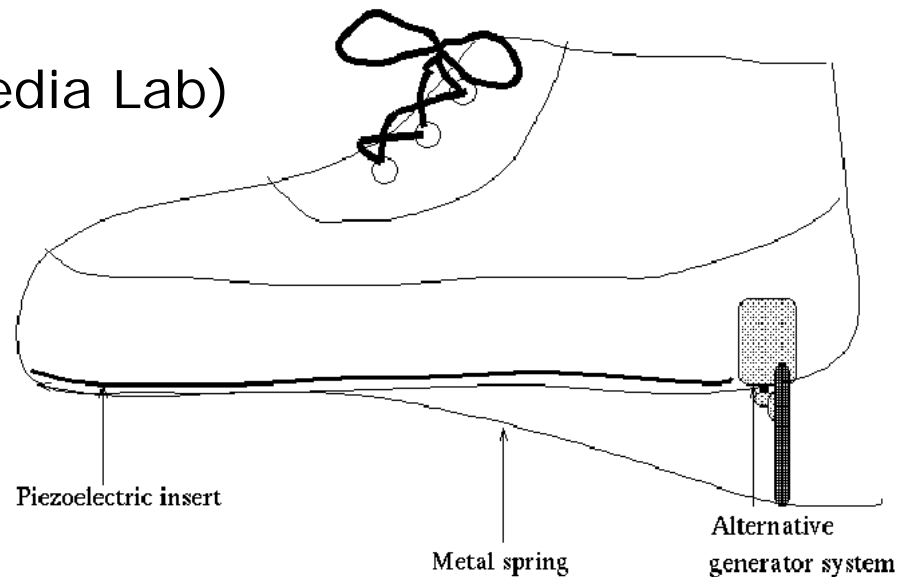
- Desktop-Rechner $\sim 10^2\text{W}$
- Laptop $\sim 10\text{W}$
- Single-Board Comp. $\sim 1\text{W}$
- Low-power Microcontr. $\sim 10^{-3}\text{W}$



Energieversorgung

Der Mensch als Energiequelle

- „Kraftwerk im Schuh“
- Videos (Paradiso, MIT Media Lab)



Energieversorgung

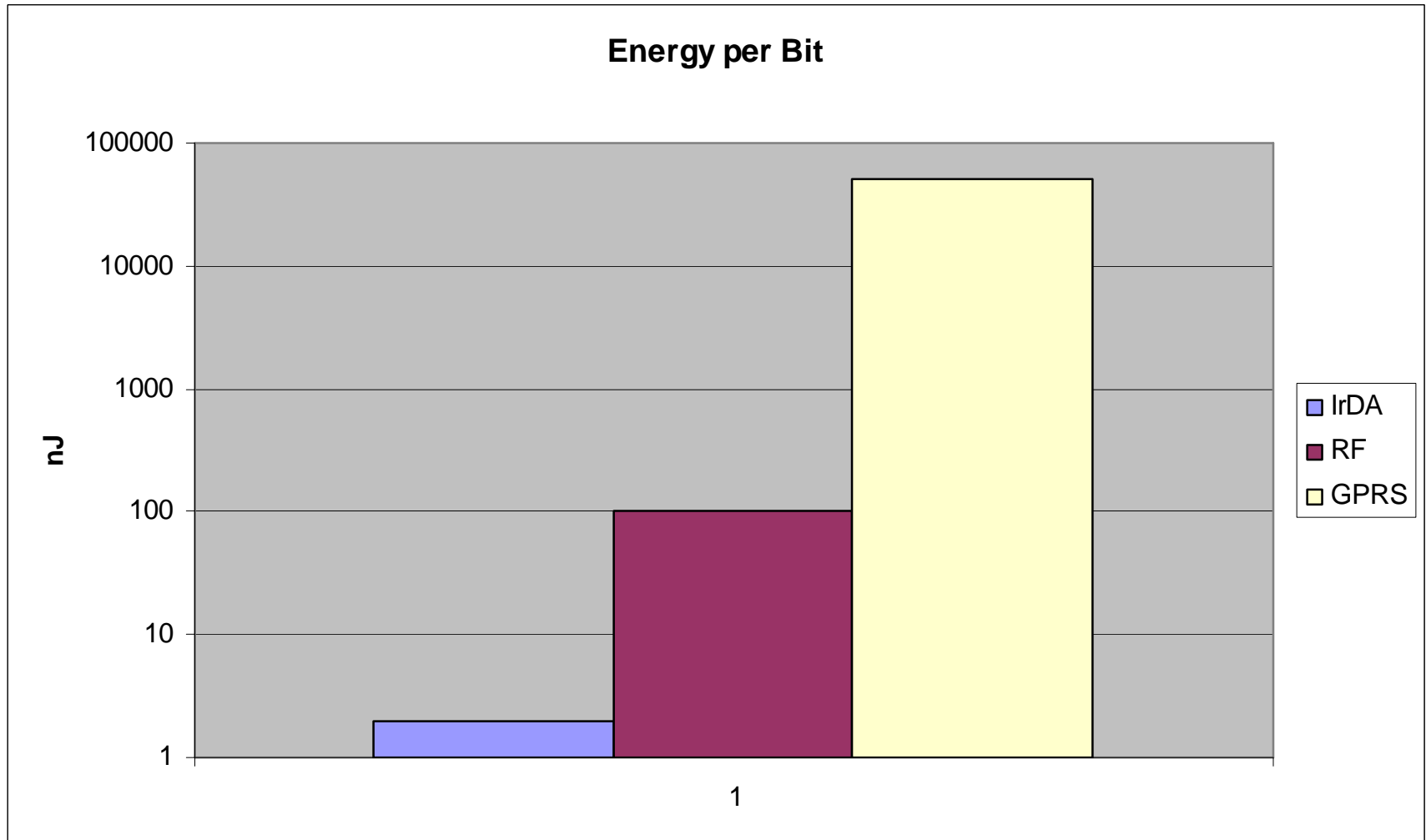
...



... Sensoren und Kommunikation



Energieverbrauch



Sensor- und Aktornetze

- Einleitung: Ubicomp
- Zusammenhänge: Netzwerke und Sensorik
- **Sensoren und Kontext: Grundlagen**
- Sensoren und Kontext: Anwendungen
- Ubicomp: Netzwerke
- IrDA: Physikalische Kodierung
- Smart-Its: Energiesparende Protokolle
- MediaCup: Kontext-abhängiges Routing

Sensoren

Klassifikation Sensoren

- Einfache Sensorrohdaten
- Vorverarbeitete Sensordaten
- Abstrahierte Sensordaten und Kontexte

Klassifikation Kontexte

- Identifikation (Objektbezogen)
 - Lokation (Ortsbezogen)
 - Allgemeine Kontexte (Situationsbezogen)
-
- Repräsentationsform beeinflußt Charakteristik des Systems (Menge der Daten, Zeiten..)

wenig semantische
Info./viel Daten



Viel semantische Info. /
wenig Daten

Gut verstanden

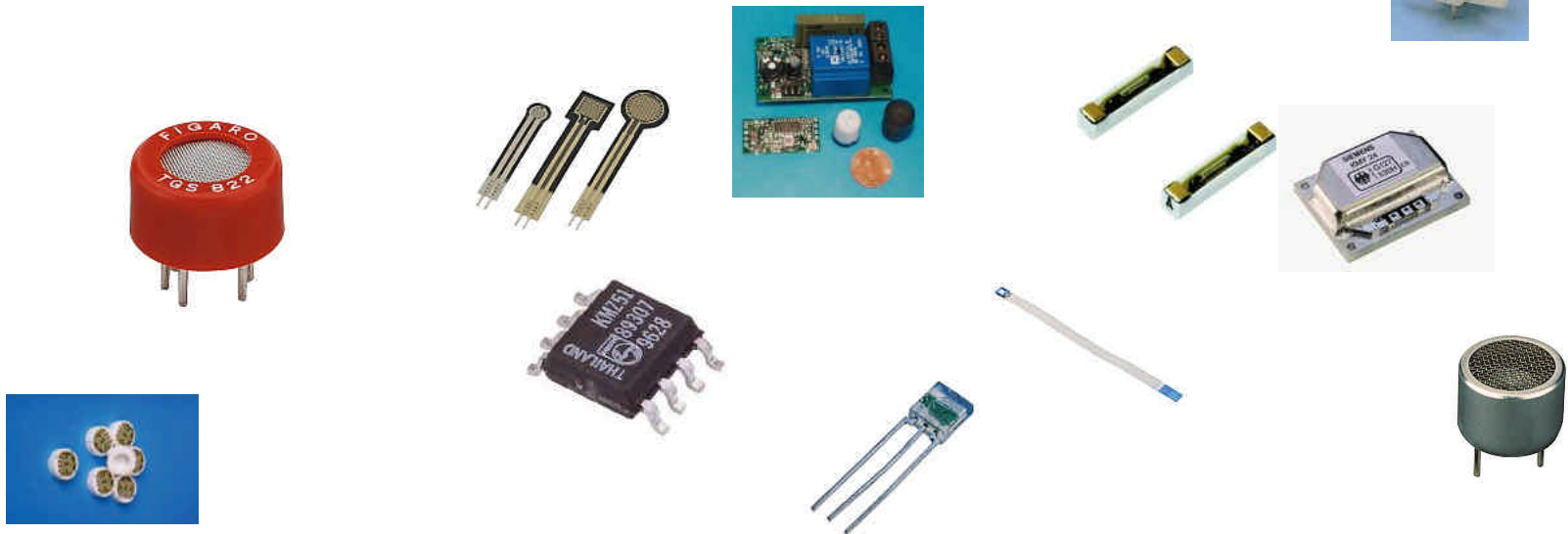


Weniger gut verstanden

Sensoren II

Parameter zur Einordnung der Informationen von Sensoren

- Bedeutung der Werte
 - **Temperatur, Zeit, Beschleunigung, Lichtpegel, Lärm**
- Art der gelieferten Werte
 - **Elektrisches Signal, Granularität**
- Menge und Geschwindigkeit der ermittelten Werte

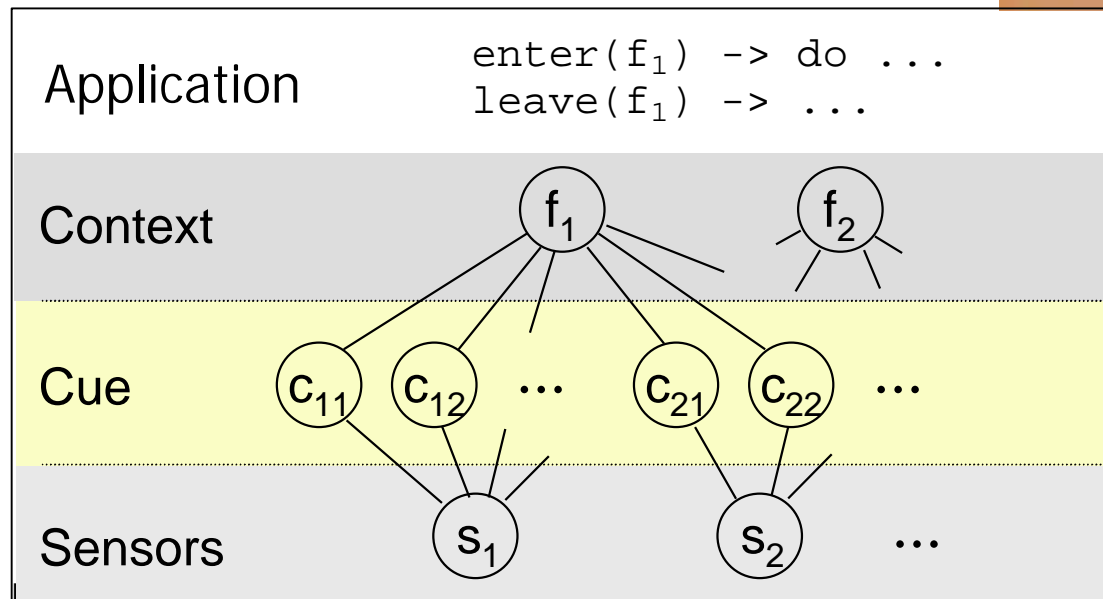


Beispiel Sensoreinsatz TEA

TEA Device

- Sensor Integration: 2 Licht, 2 Audio, 2-axis Beschl., Temperatur
- Microcontroller: Sensorkontrolle Merkmalsextraktion (cues), host Komm.

Architektur



contrib. to [car,meeting,...]

[noise,speech,music]

microphone ...

Beispiel Sensoreinsatz Accenture



Kontextrepräsentation

Klassifikation Anwendung

Klassifikation von Anwendungen, die Kontext nutzen (Bill Schilit, XeroxParc)

Anstoß Ausführung	Manuell	Automatisch
	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
caps	35-2200	200ft
claudia	35-2108	30ft
perfector	35-2301	20ft
snoball	35-2103	100ft

Sensor- und Aktornetze

- Einleitung: Ubicomp
- Zusammenhänge: Netzwerke und Sensorik
- Sensoren und Kontext: Grundlagen
- **Sensoren und Kontext: Anwendungen**
- Ubicomp: Netzwerke
- IrDA: Physikalische Kodierung
- Smart-Its: Energiesparende Protokolle
- MediaCup: Kontext-abhängiges Routing

Ubicomp-Netze: Entwicklungstrends

im **Weitverkehrsbereich**

- Mobilität: von GSM über GPRS zu UMTS
- Konvergenz: vom Daten-Internet über Multimedia-Internet zum Embedded Internet

im **lokalen Bereich**

- Mobilität: Funk LAN
- Feinere Granularität: kleinere Zellen, Personal Area Networks
 - z.B. Schreibtisch, Raum, Körper-Aura
- Nutzung von Lokalität: spontane Vernetzung mit Geräten in der Nähe (proximate Networking)
- Home Networking: Vernetzung von Geräten im Heimbereich, Nutzung vorhandener Infrastruktur, Zugangsnetze nach außen
- Appliance Networking: Netze für spezielle Geräteklassen
 - z.B. A/V-Geräte

Übertragungsmedien

Kupferkabel (Twisted Pair)

- Grundlage vieler Systeme: LAN (Ethernet etc), Peripheriebusse, Telefonie (POTS), ISDN, Hausbusse, xDSL-Zugangsnetze
- Punkt-zu-Punkt bis 100 Mbit/s, bei Ubicomp-typischer „free topology“-Verkabelung 10-100 kbit/s

Koaxial (Kabel-TV)

- bis 30-40 Mbit/s downstream, und 5-10 Mbit/s upstream
- asynchrone Anwendungen (Multimedia-Verteildienste)

Funk

- niedrigere Datenraten, höhere Fehleranfälligkeit, grundsätzlich geteiltes Medium, stark reguliert (verfügbare Frequenzbereiche)

Infrarot

- niedrige Datenraten, kurze Distanz, gerichtet, freie Sicht erforderlich (positiver Aspekt: Daten verlassen den Raum nicht)

Übertragungssysteme I

Nutzung vorhandener Kabel

Phoneline Networking

- Nutzung von Telefonverkabelung im Haus, v.a. in USA
Anschluß in jedem Zimmer
- HomePNA: offener Standard der Home Phoneline Networking Alliance (über 100 Firmen)
- Frequency Division Multiplex (FDM) für parallele Nutzung zur Daten-, Telefon- und Inhouse-Kommunikation

Powerline Communication (PLC)

- Steckdosen als ubiquitärer Zugang in Gebäuden (aber: Kosten für Endgeräte-Erweiterung relativ hoch)
- schon seit 80er Jahren Hausbusse über Stromnetz (Steuerung)
- Datenraten für Sprach-/Datenkommunikation möglich, aber große technische Probleme (v.a. Störeinflüsse)

Übertragungssysteme II

wider dem Kabelsalat

Peripheriebusse

- Kabel und Anschlüsse standardisiert, Plug & Play
- z.B. USB (Universal Serial Bus) und IEEE 1394 (Firewire)

Infrarot

- IrDA Standard der Infrared Data Association
- drahtlose Punkt-zu-Punkt-Verbindung, bis ~1m Distanz
- ursprünglich für drahtlose Peripherieanbindung (Tastatur, Maus), in Ubicomp auch für Appliance-Kommunikation

Funk

- spezielle Systeme: IEEE 802.11 für Daten, DECT für Sprache
- Universalsystem für Daten und Sprache: Bluetooth
- Spontane Multi-Party Vernetzung, Zellen ~10m Reichweite

Übertragungssysteme III

Kabelalternativen der Zukunft

Wearable Networks

- leitfähige Fasern in Stoffe eingewoben
- z.B. Electric Suspenders: Hosenträger als Daten und Powerbus (Michael Gorlick, Aerospace Corporation, 1999)

Intra-Body Networks

- Daten auf Ströme durch den menschlichen Körper aufmodulieren
- z.B. Personal Area Networks (PAN), 1-10 kbit/s



Networked Surfaces

- Oberflächen (z.B. Schreibtisch) als Übertragungsmedium für darauf abgestellte Geräte (Andy Hopper, University of Cambridge, 2000)

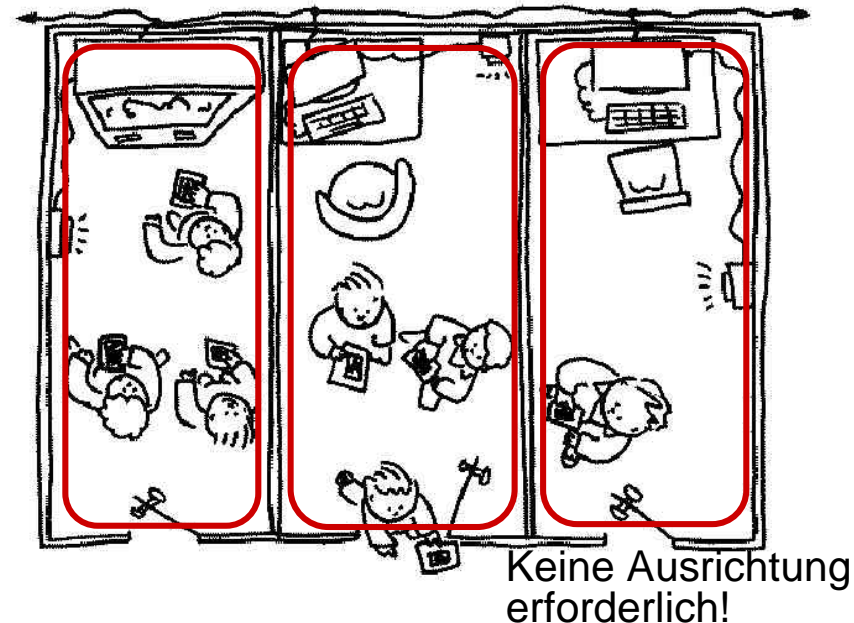
Sensor- und Aktornetze

- Einleitung: Ubicomp
- Zusammenhänge: Netzwerke und Sensorik
- Sensoren und Kontext: Grundlagen
- Sensoren und Kontext: Anwendungen
- **Ubicomp: Netzwerke**
- IrDA: Physikalische Kodierung
- Smart-Its: Energiesparende Protokolle
- MediaCup: Kontext-abhängiges Routing

IrDA Infrarot-Datenübertragung

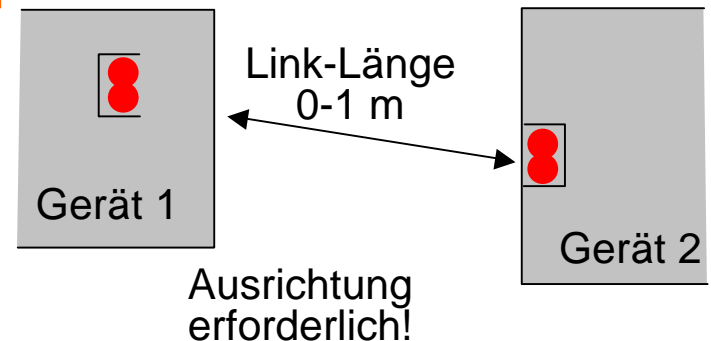
Infrarotkommunikation

- Richtcharakteristik
- Räume als natürliche Grenzen
- Bsp: ActiveBadge, ParcTab (ACHTUNG: kein IrDA)
- aber: Abschattungsprobleme
- Lsg: diffuses Infrarot, Nachteil: niedrige Bandbreite



IrDA: Infrared Data Association

- IrDA DATA: Standard für Punkt-zu-Punkt Infrarot-Kommunikation
- kurze Distanz (1,5m), 30° Kegel für gerichtete Kommunikation

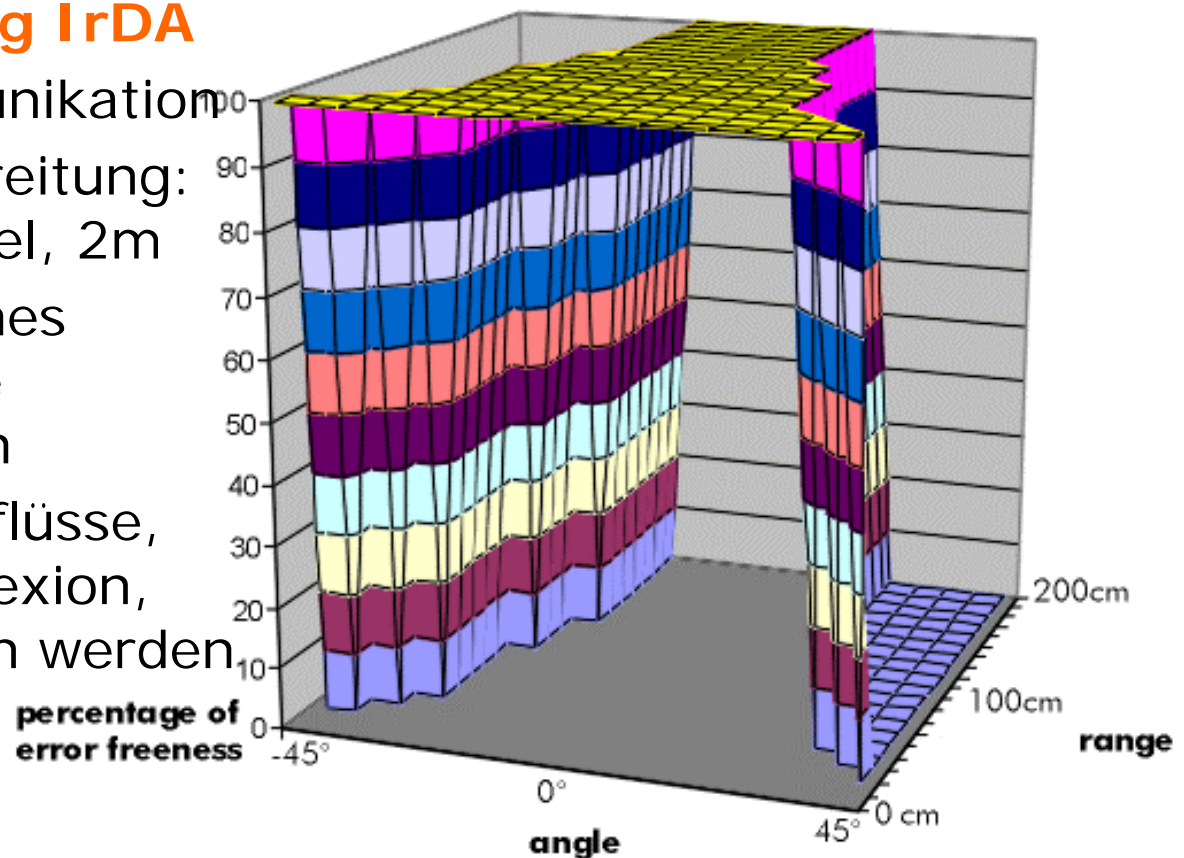


IrDA Infrarot-Datenübertragung

IrDA als Beispiel für typ.
Netzwerk in Ubicomp

Rahmenbedingung IrDA

- gerichtete Kommunikation
- spezifizierte Ausbreitung:
30 Grad Halbwinkel, 2m
- Grund: Aufbau eines
"Piconetzes" sollte
ermöglicht werden
- unerwünschte Einflüsse,
insbesondere Reflexion,
mußten vermieden werden



IrDA Infrarot-Datenübertragung

IrDA Anwendung

- initiale Anwendung: Kommunikation zwischen Host und Peripherie (Drucker, Maus, Tastatur,...)
 - ➔ Kabeleliminierung
- heute Standard in mobilen Rechnern / PDAs / Appliances
- „Point-and-shoot“-Anwendungen
 - z.B. von Digitaler Kamera auf den Drucker
 - z.B. von PDA zu PDA: Visitenkarten austauschen
- ➔ Nutzung der Richtcharakteristik zur Auswahl
- 2000: 170 Mio. Geräte

IrDA Infrarot-Datenübertragung

IrDA Protokollarchitektur

IrTran-P	IrObex	IrLAN	IrComm	IrMC
LM-IAS	Tiny Transport Protocol – Tiny TP			
Ir Link Management Protocol - MUX - IrLMP				
Ir Link Access Protocol - IrLAP				
Async Serial Ir 9600-115.2 Kb/s		Sync Serial Ir 0.576 / 1.152 Mb/s		Sync, 4 PPM 4 Mb/s

Tiny-TP: Daten-segmentierung, Flusskontrolle

IrLMP: Multiplexing, mehrere log. Kanäle über eine Verbindung

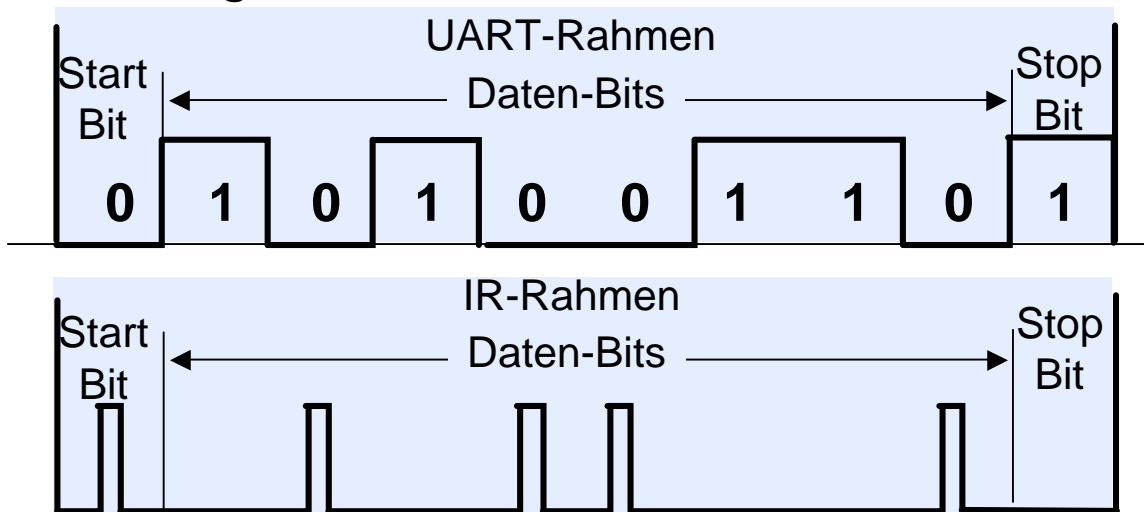
IrLAP: Device Discovery, zuverlässige 1:1-Verbindungen

PHY (Physical Signaling Layer):
verschiedene Codierungen für Übertragung von 9.6 kbps bis 4 Mbps

IrDA Physical Layer

Asynchron mit 2.4-115.2 Kbps

- basiert auf UART (serielle Schnittstelle)
- RZI-Modulation („Return-to-Zero Inverted“):
Pulskodierung mit Puls für ‚0‘



- Pulslänge 3/16 → weniger Energie, größerer Pulsabstand
- Start und Stop Bits im UART-Rahmen zur Synchronisation

IrDA Physical Layer

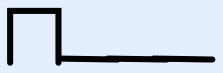



Synchrone Übertragung mit 0.576 / 1.152 Mbps

- RZI-Pulskodierung, Pulslänge 1/4, d.h. 434ns bzw. 217ns
- HDLC-ähnlicher Rahmen:
 - 01111110 Start/Stop-Felder, Bit Stuffing in den Daten

STA	STA	ADDR	DATA	FCS	STO
-----	-----	------	------	-----	-----

Synchrone Übertragung mit 4 Mbps

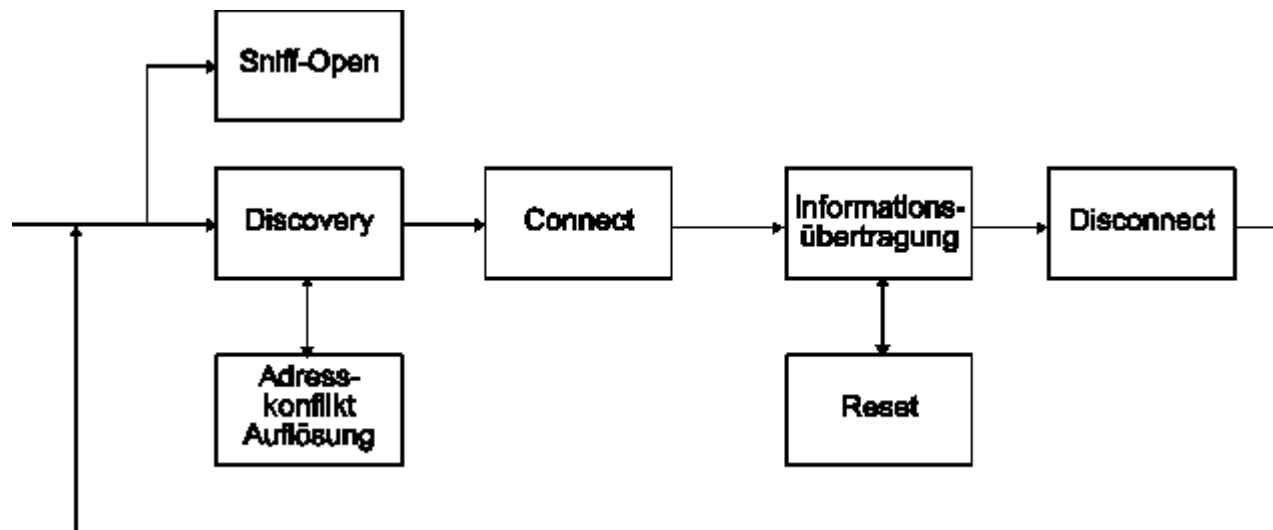
- 4PPM-Codierung:
Four Pulse Position Modulation
- Datenbit-Paare werden zusammengefaßt und in 500ms-Periode codiert
- Aufteilung der Periode in 4 Chips, Codierung durch Pulsposition

DBP	4PPM Code	
00	1000	
01	0100	
10	0010	
11	0001	

IrDA Verbindungsaufbau

Device Discovery

- Discovery-Dienste: Request, Indication, Confirm
- Sniff-Modus: Stromsparen, nur alle 2-3 sec. aufwachen und Antwort auf eventuell erfolgten Discovery-Request senden
- Adresskonflikt: wenn sich Geräte mit gleicher Adresse melden, werden alle aufgefordert, neue Adressen zu wählen



IrDA Verbindungsaufbau II

Umsetzung der Merkmale in IrDA

- 2 Optionen:
 - Sehr niedrige Sendeleistung
 - Entsprechend unempfindliche Empfänger
- Gewählt wurde unempfindlicher Empfänger
- -> Pulse von 2 - 0.5 A üblich

Pulskodierung ASIR

- 1,63 μ s oder 3/16 Kodierung
- beide Kodierungen müssen von jedem Empfänger verstanden werden
- 3/16 sind:
 - 9,75 μ s bei 19200
 - 2,4 μ s bei 57600
 - 1,2 μ s bei 115200
- bei Pulscodierung analoges Filtern unabhängig von der Baudrate möglich

IrDA Verbindungsauf III

- **Folgeprobleme des Designs**

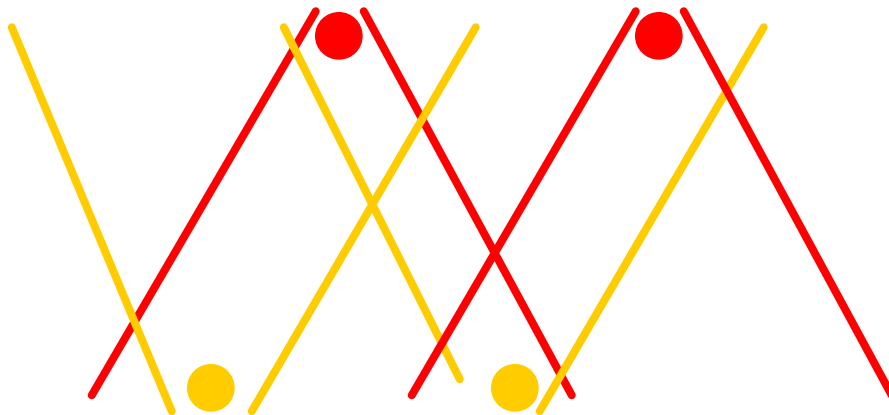
- Ausrichtung, da keine Nutzung der Reflektion
- Teilnehmer können sich z.T. nicht sehen

- **Lösung in IrDA**

- Master Slave Verfahren.

- **Bestehendes Problem**

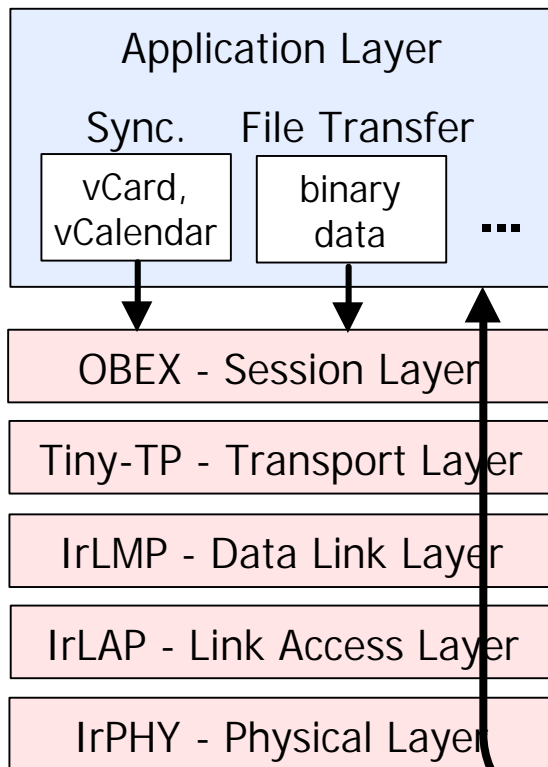
- Bei 4 Teilnehmern Abstimmung über Teilnetze nötig
- -> IrDA fast immer Punkt zu Punkt Verbindung



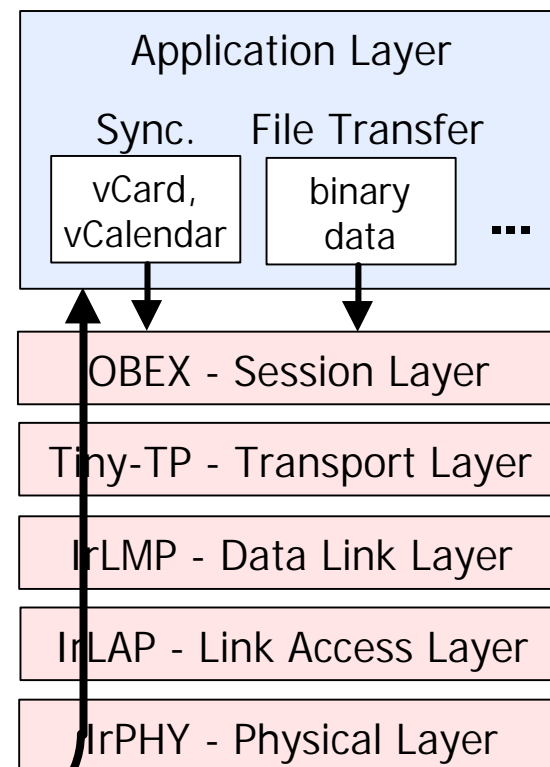
IrDA Datenaustausch

IrOBEX: IrDA Protokoll für Austausch von Datenobjekten

Gerät 1



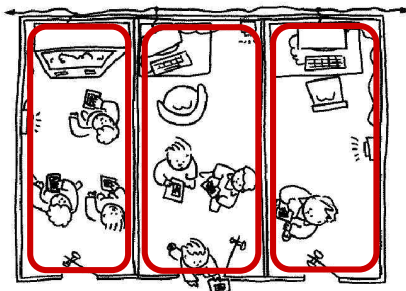
Gerät 2



Infrarot vs. Funk

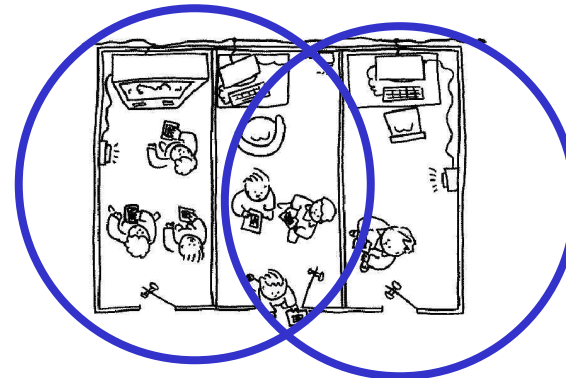
Infrarot

- ☺billig (Transceiver für US\$ 1)
- ☺keine Lizenzen nötig
- ☺einfache Abschirmung
- ☺Gerichtet, point & shoot
- ☺als IrDA in sehr weit verbreitet in Rechnern und Appliances
- ☹erfordert freie Sicht (free line of sight)
- ☹wird leicht abgeschattet



Mobilfunk

- ☺Erfahrungen aus WAN/Telefonie
- ☺Abdeckung größerer Flächen mit Durchdringung von Wänden
- ☺nicht gerichtet: Multicast
- ☹enger Frequenzbereich: heute meist Nutzung des 2,4 GHz lizenzfreien Bandes
- ☹schwierige Abschirmung
- ☹Interferenzen mit Elektrogeräten



Sensor- und Aktornetze

- Einleitung: Ubicomp
- Zusammenhänge: Netzwerke und Sensorik
- Sensoren und Kontext: Grundlagen
- Sensoren und Kontext: Anwendungen
- Ubicomp: Netzwerke
- IrDA: Physikalische Kodierung
- **Smart-Its: Energiesparende Protokolle**
- MediaCup: Kontext-abhängiges Routing

smart^oits

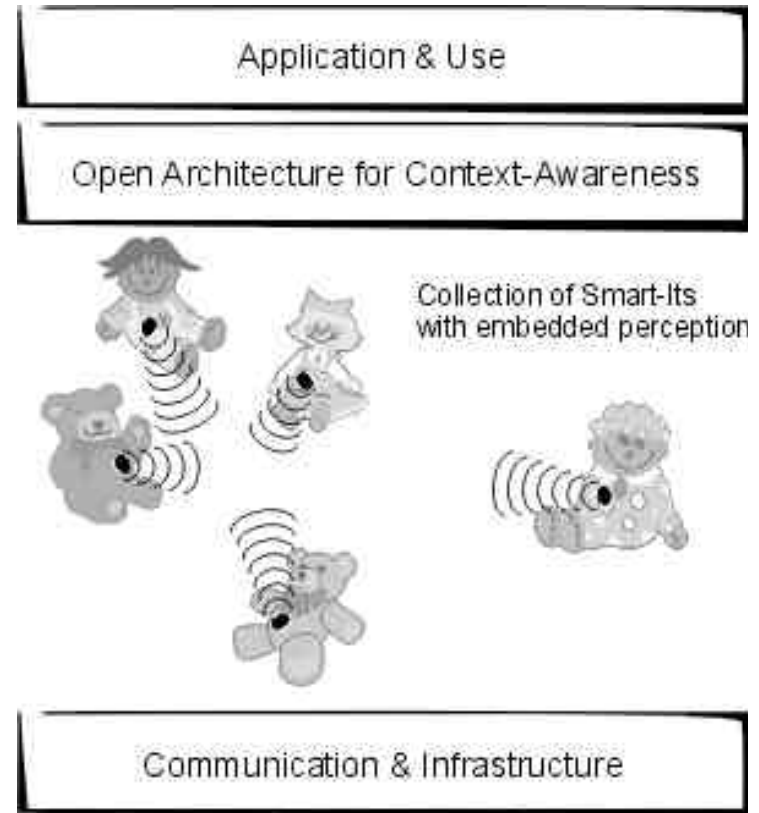
Grundidee

- Erweiterung eines existierenden Gegenstands der realen Welt durch Anbringen eines Smart-Its
- Konfiguration des Smart-Its (Analogie zu Post-Its) in Hard- und Software (Baukastenprinzip)
- 3 zusätzliche Vor-Ort Fähigkeiten für Gegenstand durch Smart-It:
 - **Sensorik**: ermöglicht Selbst-Erkennung von Zuständen
 - **Verarbeitung**: Sensordaten zu Zuständen und lokalem Kontext der Artefakte
 - **Kommunikation**: Mitteilung der einzelnen Kontexte ermöglicht gemeinsamen Kontext

Anwendungen Smart-Its

Ziel

- “Ansammlung” von smart devices, die miteinander kommunizieren
- Smart-Its sollen ihre Welt durch Sensorik erfahren und diese Erfahrung untereinander austauschen -
> verteilte Wahrnehmung durch Zusammenfassung verteilter Informationen
- Dadurch entstehen neue Anwendungen, die innerhalb des Projekts entwickelt und untersucht werden sollen



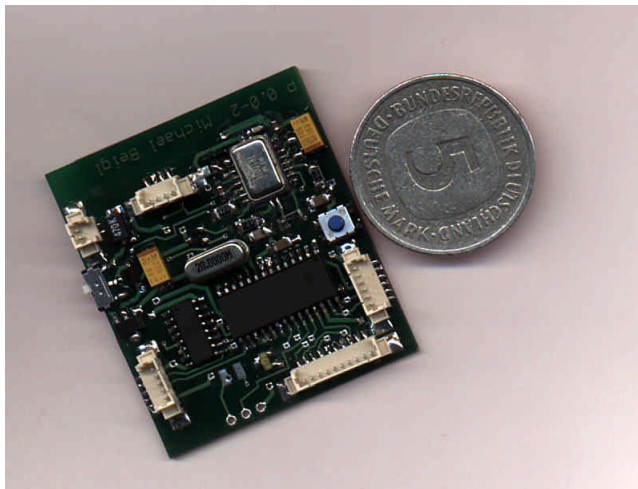
Anwendungen Smart-Its

Beteiligte Institute

- TecO, Lanc. U., ETH Zurich, Interactive Institute, VTT

Technologie

- Sehr kleine und energiesparende generische Grundgeräte
-> Breiter Einsatzbereich
- Kommunikation lokal peer-to-peer (RF), relative Lokation
- Anschluß verschiedener Sensorik möglich



Anwendungen

Smart-Its Device & Sensors

Smart-Its Core Hardware

- Verschiedene Größen
- Processor Types: 5 MIPS, 8kB RAM, 12 K Program FLASH
- RF Kommunikation

Smart-Its Sensorik

- Beschleunigung
- Lichtpegel
- Druck
- Geräusche, Audio
- Dominierende Frequenz
- Temperatur



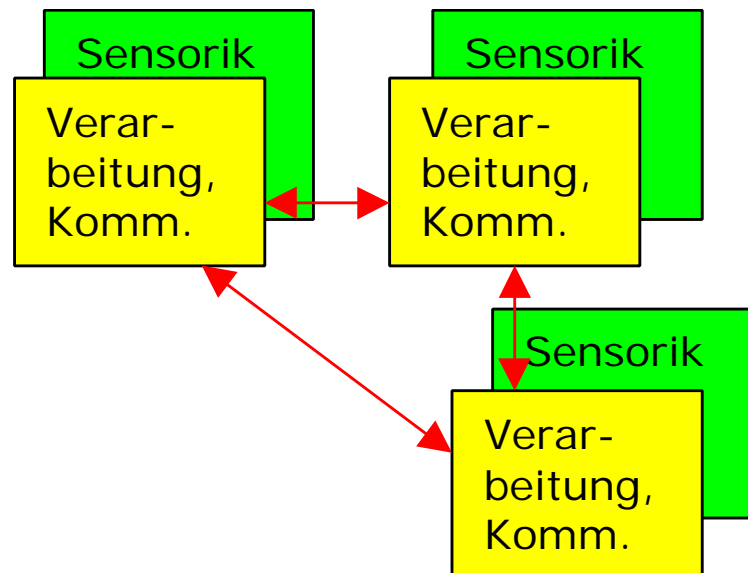
Kommunikation Smart-I ts

Generische Plattform für Erweiterung von Alltags- genständen zum Einsatz in Forschungsprojekten

- Hardware: Sensorik, Computer, Netzwerk
- Software: Anwendungen, Kontexte, Kommunikation
- Kommunikation: Peer-to-Peer, hohe Anforderungen an Zeitgenauigkeit, Finden von Kommunikationspartnern



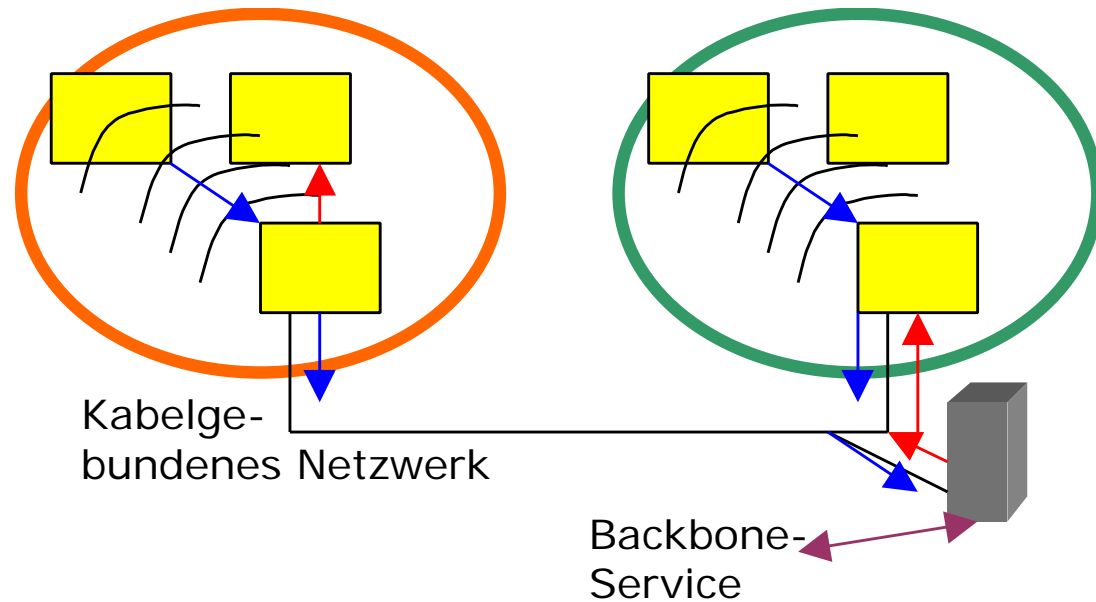
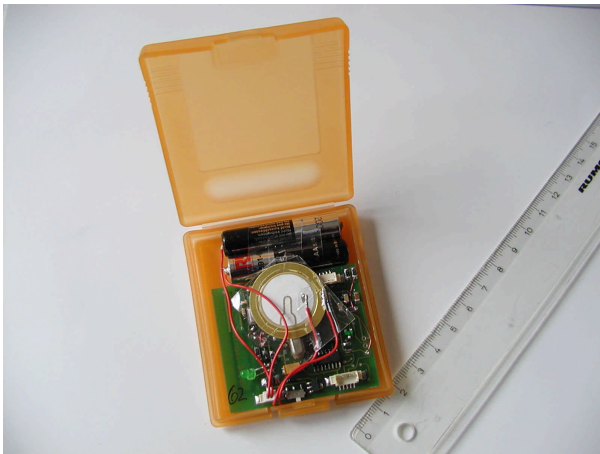
Michael Beigl, TecO, Universität Karlsruhe



Kommunikation Smart-Its zu Backbone

Generische Plattform für Erweiterung von Alltags- genständen zum Einsatz in Forschungsprojekten

- Hardware: Sensorik, Computer, Netzwerk
- Software: Anwendungen, Kontexte, Kommunikation
- Kommunikation: Peer-to-Peer,
über Backbone



Kommunikation

Smart-Its Protokoll

Protokoll

- Energiesparendes striktes Slotted CA/MA erlaubt Abschaltung zwischen den Slots: Bandbreite für Energieeffizienz
- Semantische Auswertung während Empfangs erlaubt Abschaltung während des Empfangs
- Kurze Einbuchzeit (91 ms/99% im worst case, 7 ms im Durchschnitt) erlaubt hohe Mobilität und spart Energie
- Peer-to-Peer Charakteristik erlaubt spontane Kommunikation
- Kein Routing im Netz selbst, nur über Backbone, da zu energieaufwendig
- Energieaufwand: 100 nJ pro gesendetem/empfangenen Bit, aber durchschnittlich nur 1/10-1/1000000 der Zeit auf Sende- / Empfangsbereitschaft

Anwendung

Das “Smart-Its Friends” Konzept

Motivation

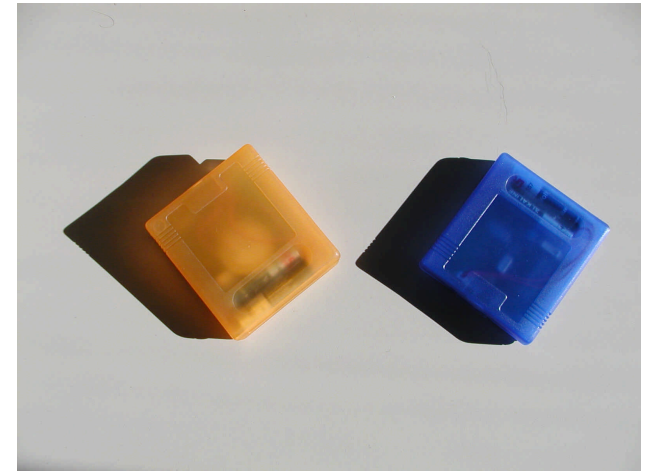
- Natürliche Benutzerschnittstellen
- Keine explizite Bedienung

Problem

- Wie sagt man zwei Objekten, daß sie zusammengehören

Anwendung

- Diebstahlalarm
- Kinderüberwachung
- Zурdnung von Speichermedium



Anwendung Entwurf Smart-Its Friends

Lösung: Halten und schütteln

- Gemeinsamer Kontext



Sensor- und Aktornetze

- **Einleitung: Ubicomp**
- **Zusammenhänge: Netzwerke und Sensorik**
- **Sensoren und Kontext: Grundlagen**
- **Sensoren und Kontext: Anwendungen**
- **Ubicomp: Netzwerke**
- **IrDA: Physikalische Kodierung**
- **Smart-Its: Energiesparende Protokolle**
- **MediaCup: Kontext-abhängiges Routing**

Kontext abhängiges Routing

Ablauf einer Kommunikation

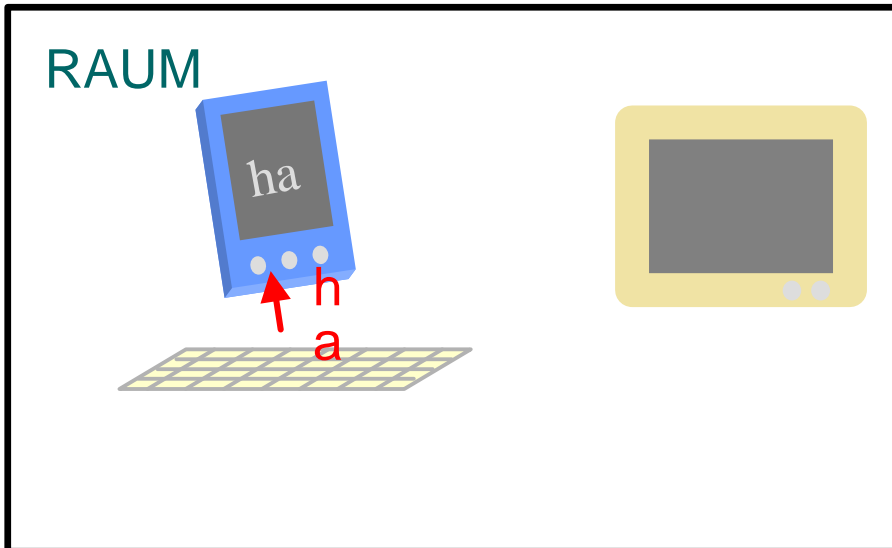
- Initiierung: Auswahl der Kommunikationspartner
→ Wie **Auswahl**
- Durchführung: Austausch von Kommunikation
→ **Grund Kommunikation**
- Beendigung

Auswahl

Kom-Grund	Auswahl		
	ID	Dienst	Kontext
	Info	HTTP	IrOBEX
	Dienst	Jetsend	Jini, UPnP, HAVi
Kontext			RAUM

Kontext abhängiges Routing

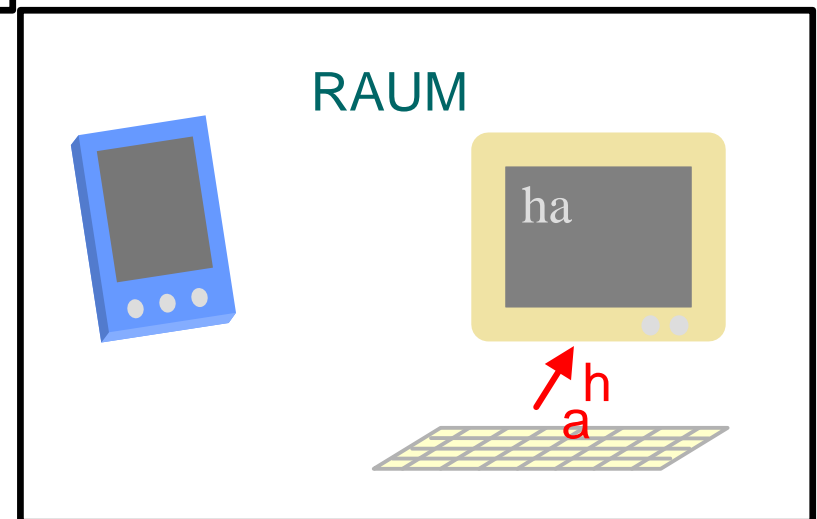
RAUM



**Lokation ist ein
ausgezeichneter
Kontext**

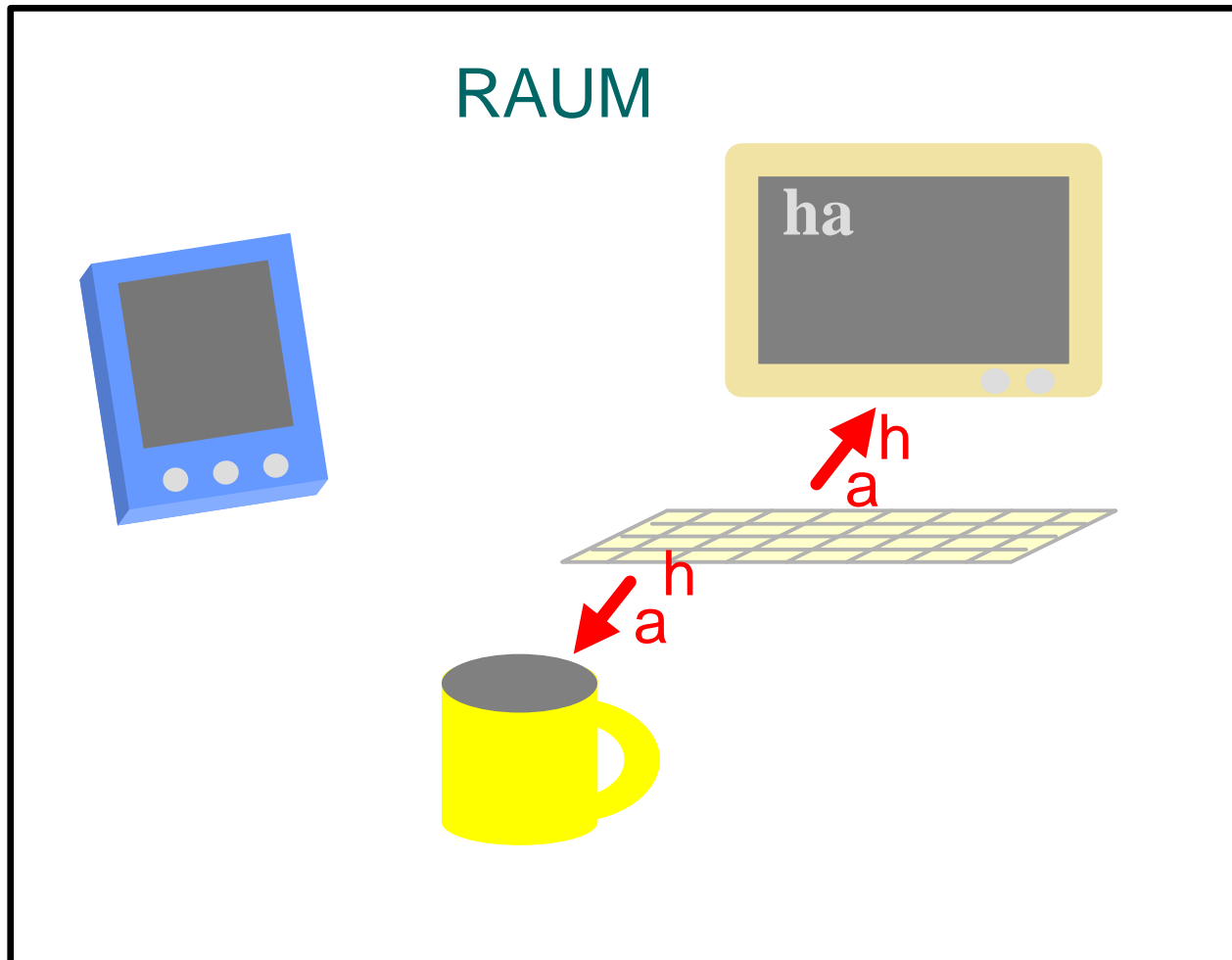
- der vom Menschen verstanden wird
- den der Mensch zur Komm. verwendet

**RAUM verwendet Lokation
zur Bestimmung der
Kommunikationspartner**



Kontext abhängiges Routing

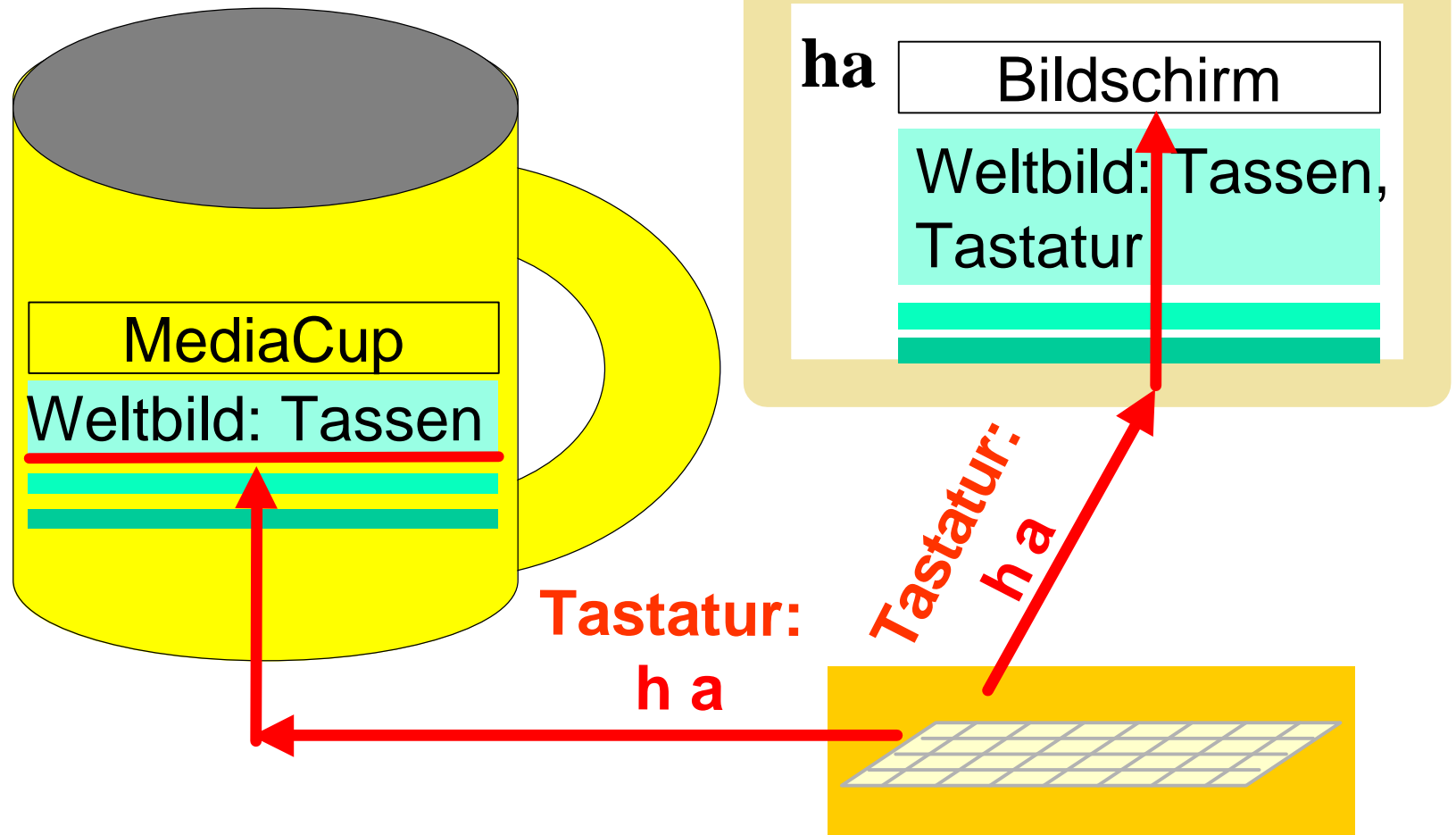
RAUM II



Subscription für die Auslieferung bestimmter Ereignisse in einem bestimmten räumlichen Bereich

Kontext abhängiges Routing

Beispiel Auslieferung Kontexte



Kontext: Liste von Tupeln (typ, wert) denen die Lokation des Erzeugers vorangestellt ist

Kontext abhängiges Routing

Aufbau RAUM

Idee: Digitale Artefakte kommunizieren räumlich orientiert

- **RAUM**(-Schicht) für räumlich orientiertes Routing
- Ereignis-Schicht:
Versendung und Empfang von Kontexten,
Kontextunterstützung
- Kommunikationsschicht:
ISO/OSI 1 & 2
- Sortierung der als Ereignisse versendeten Kontexte über 2 Ebenen: Lokationsorientierte Sortierung und kontextbasierte Sortierung

Anwendungs-Schicht

Ereignis-Schicht

RAUM-Schicht

Kommunikations-Schicht

Kontext abhängiges Routing

MediaCup

MediaCup

- Erstes Beispiel eines nicht elektronischen Objektes, das mit **Computer-, Kommunikation- und Sensor Technologie** erweitert wurde
- IrDA basierte Kommunikation
- Energieversorgung über kabellose Aufladung
- Weiterverarbeitung von Sensorik zu Kontexten:
„jemand trinkt“, „Tasse voll“
„Tasse heiß“



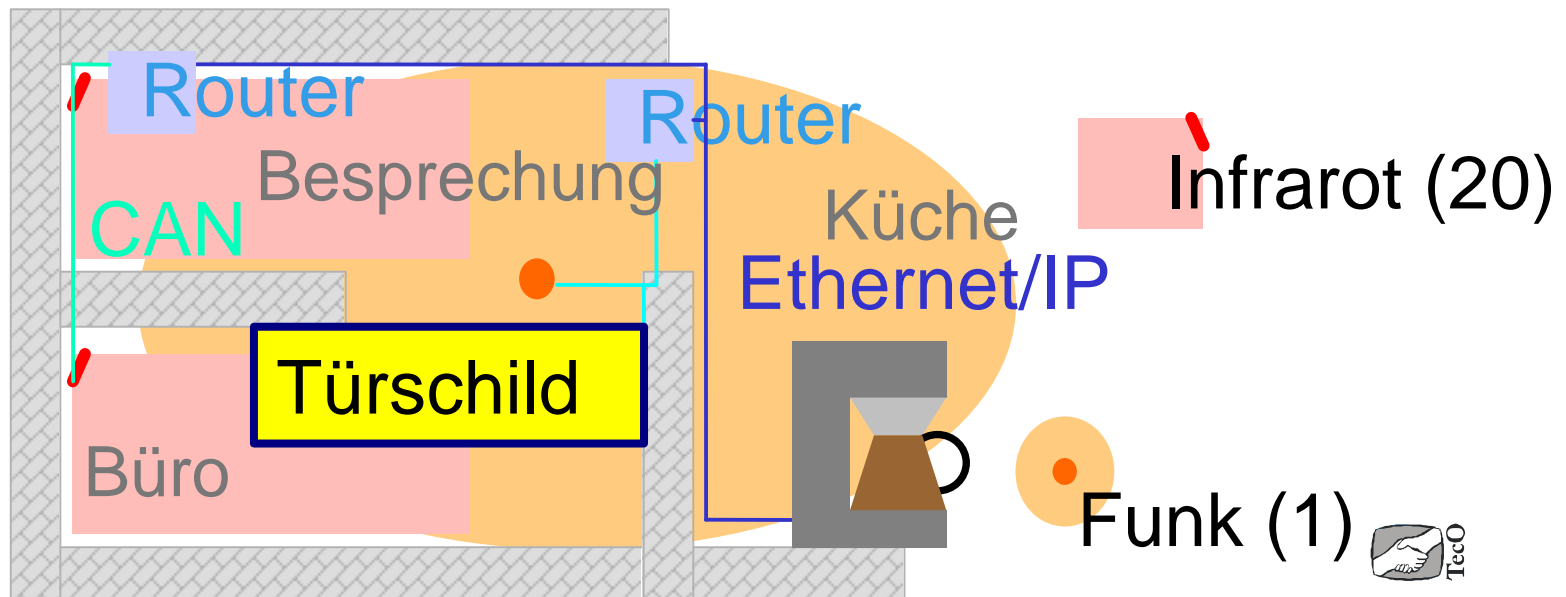
Kontext abhängiges Routing

MediaCup II

- Tasse mit Sensoren, Verarbeitung, Kom.

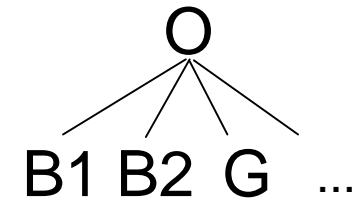
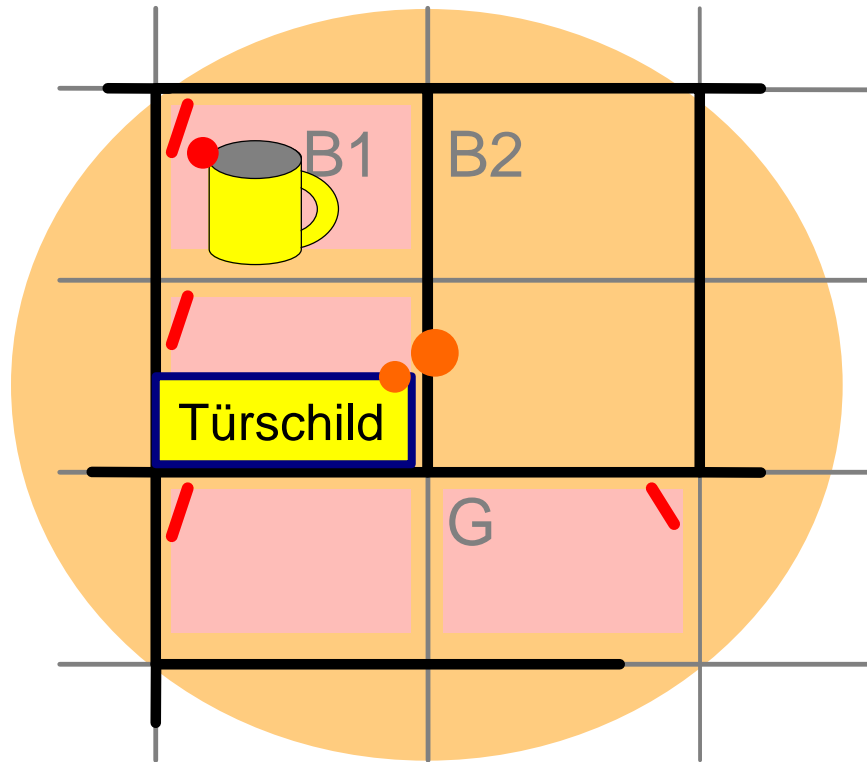
Herausforderung: Viele verschiedene Kommunikationstechnologien


- IrDA, CAN, RF, IP




Kontext abhängiges Routing

Routing MediaCup



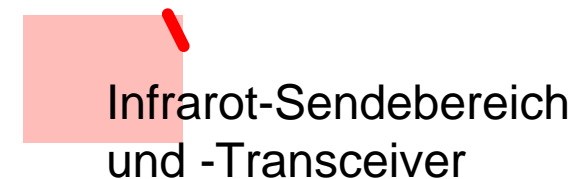
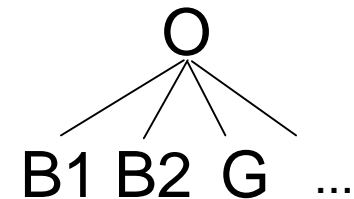
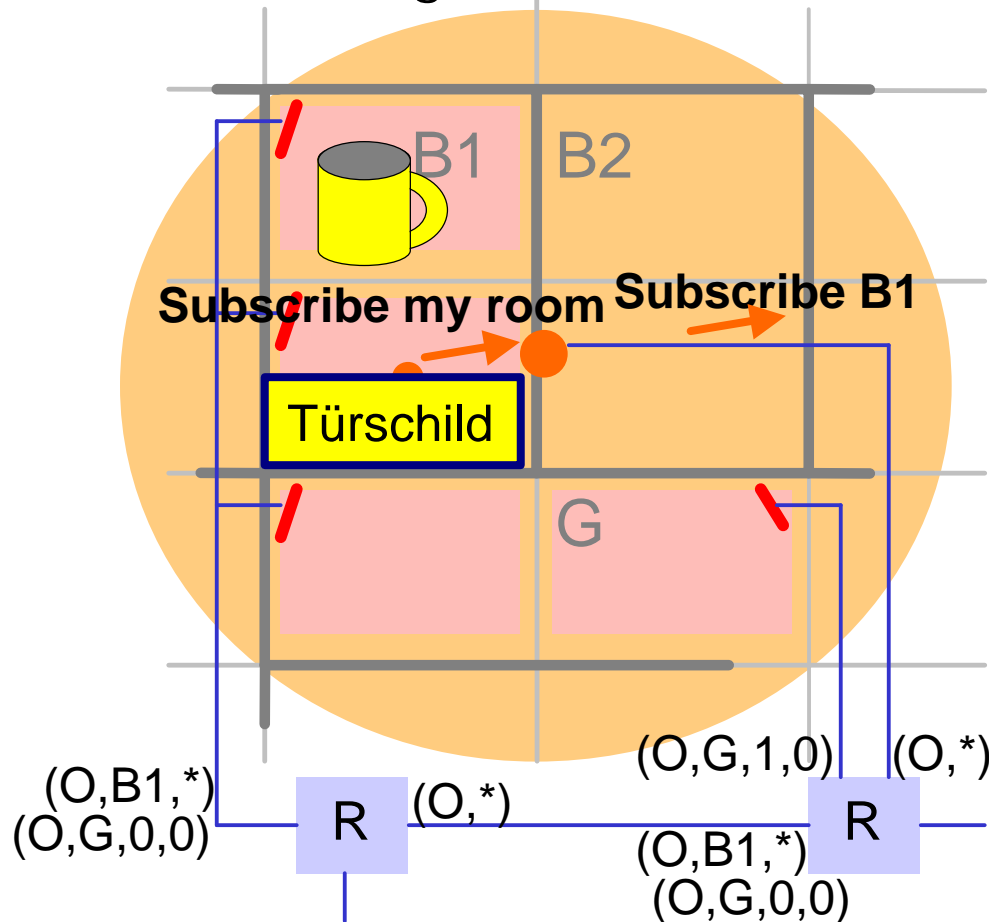
 Infrarot-Sendebereich
und -Transceiver

 Funk-Sendebereich
und -Transceiver

Kontext abhängiges Routing

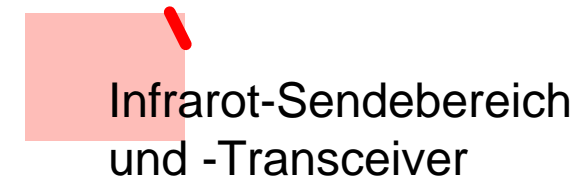
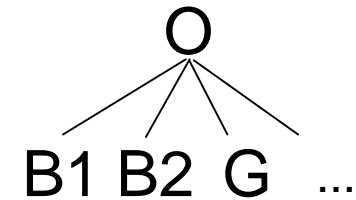
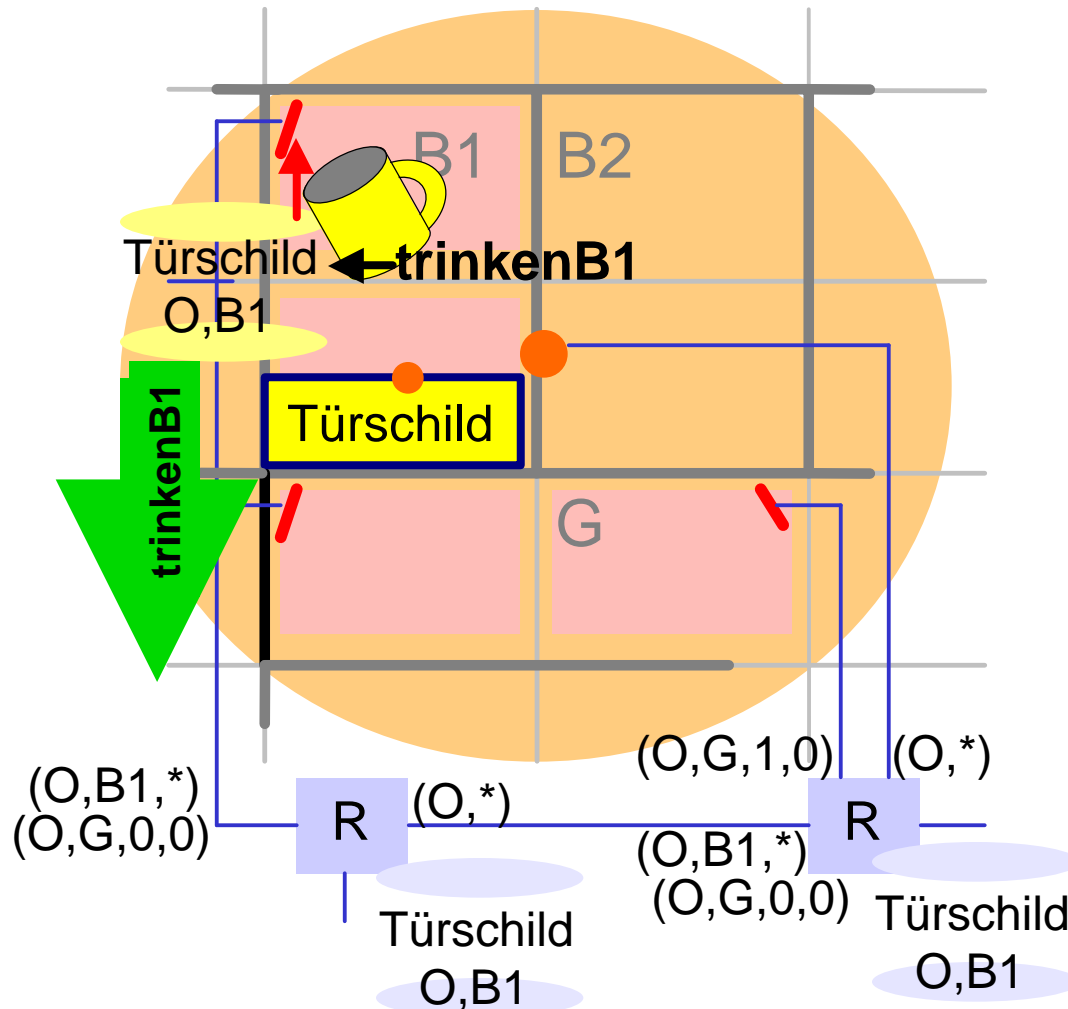
Routing MediaCup

- Ermittlung der Position über Feldstärke
- Umwandlung von relativer zu absoluter Position im Knoten



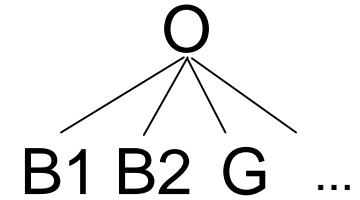
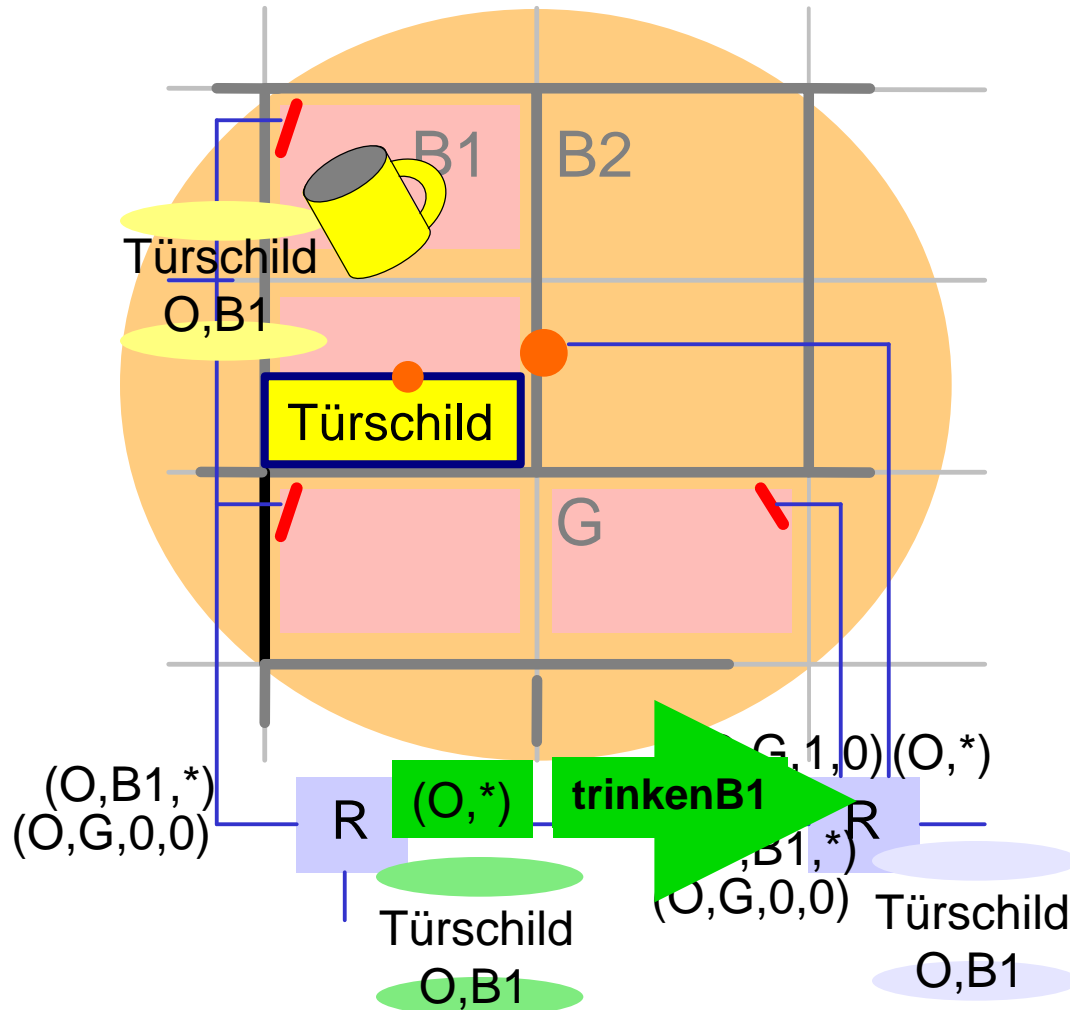
Kontext abhängiges Routing

Routing MediaCup



Kontext abhängiges Routing

Routing MediaCup



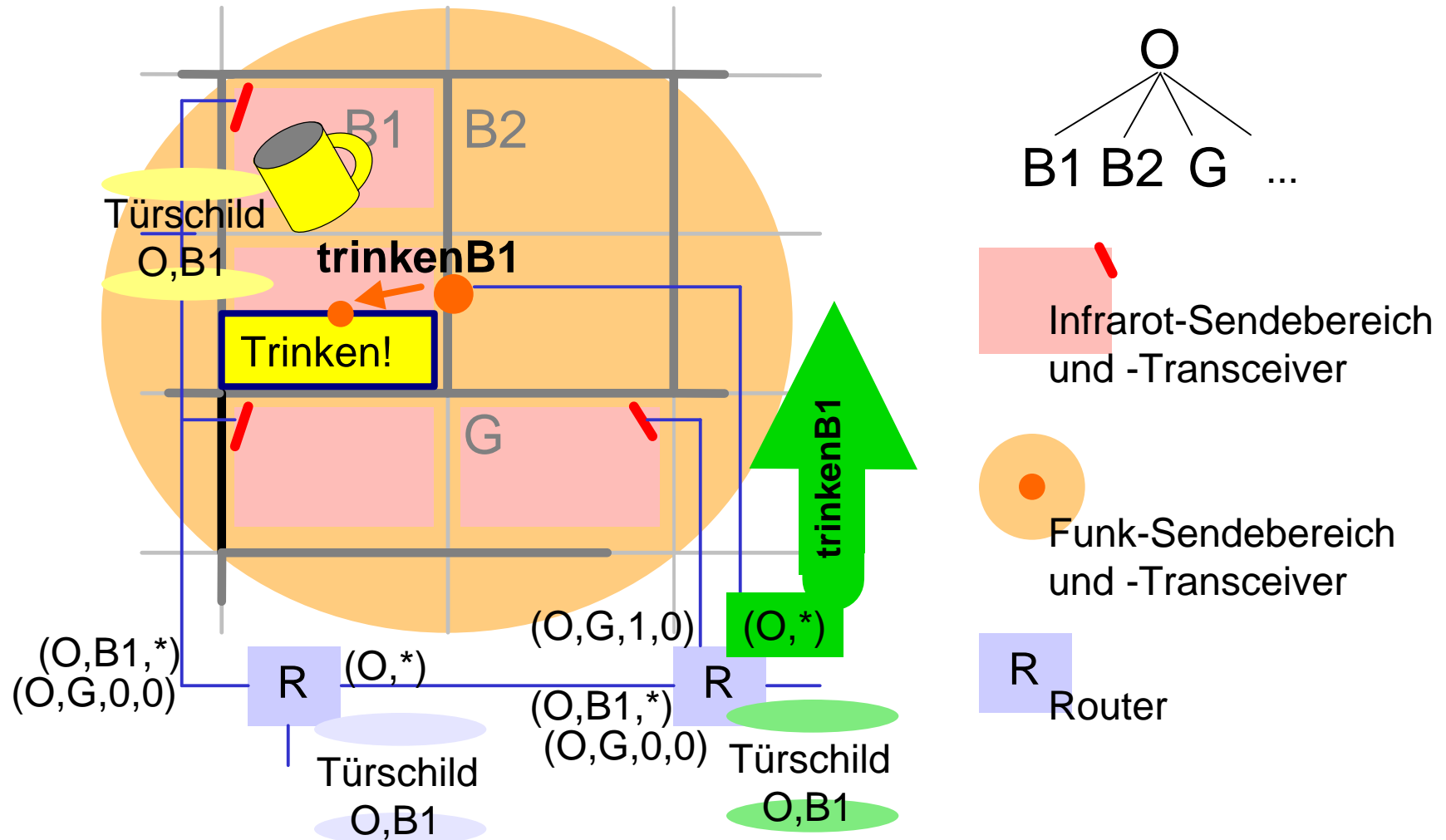
Infrarot-Sendebereich und -Transceiver

Funk-Sendebereich und -Transceiver

R Router

Kontext abhängiges Routing

Routing MediaCup



Kontext abhängiges Routing

Ausgabe MediaCup

- Mehrere Tassen und bestimmtes Muster:



Sensor- und Aktornetze

- **Einleitung: Ubicomp**
- **Zusammenhänge: Netzwerke und Sensorik**
- **Sensoren und Kontext: Grundlagen**
- **Sensoren und Kontext: Anwendungen**
- **Ubicomp: Netzwerke**
- **IrDA: Physikalische Kodierung**
- **Smart-Its: Energiesparende Protokolle**
- **MediaCup: Kontext-abhängiges Routing**

