

Ubiquitous Computing

(Ubiquitäre Informationstechnologien)

Vorlesung im WS 01/02



Prof. Lars Wolf

Michael Beigl

Universität Karlsruhe

Institut für Telematik

Telecooperation Office

www.teco.uni-karlsruhe.de

Aufbau der Vorlesung

1 Grundlagen

2 Geräte

3 Vernetzung

Netzwerktechnologien II

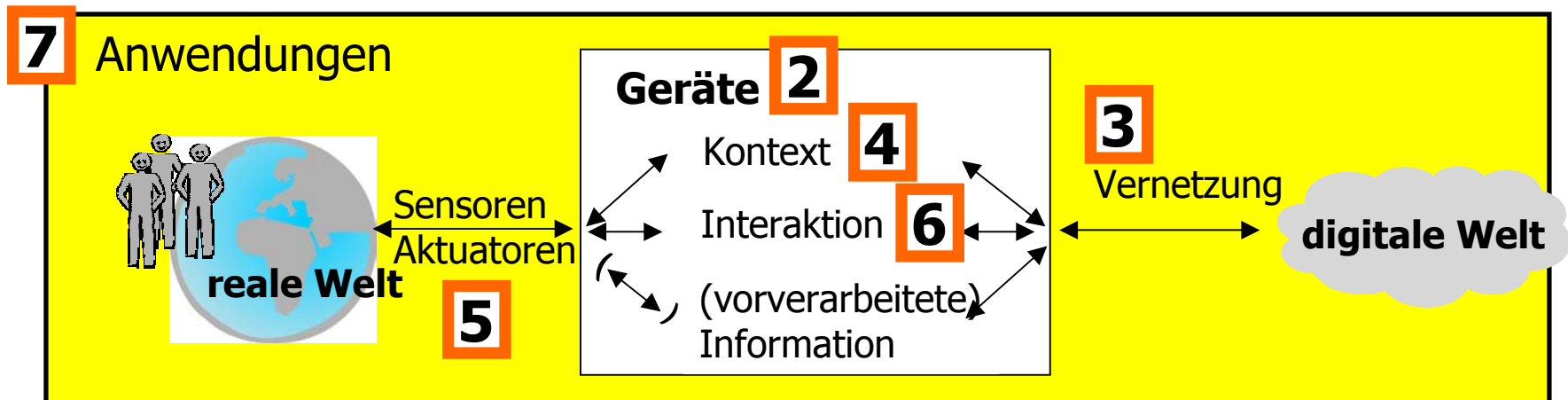
höhere Ebenen

4 Kontext

5 Sensoren/Aktuatoren

6 Interaktion

7 Anwendungen



Netzwerktechnologien für Ubicomp

- **Einführung und Übersicht**
- **Plug&Play-Busse**
 - USB
 - Firewire
- **IrDA Infrarot-Datenübertragung**
- **BlueTooth Mobilkommunikation**
- **Powerline Communication (PLC)**
- **Übertragungssysteme der Zukunft**
- **Anwendung und HCI**

Plug & Play Busse

USB (Universal Serial Bus)

- einfache Erweiterbarkeit von Arbeitsplatzrechnern um unterschiedliche Peripheriegeräte bei einfacher Verkabelung
 - ➔ Flexibilität im PC-Umfeld: Peripheriegeräte als Appliances
- Hot Plug & Play: Hinzufügen und Entfernen von Geräten während des Betriebs
 - ➔ Dynamisches Zusammenfügen von Appliances
- einheitliche Stecker, 12 Mbit/s Full Speed, 1.5 Mbit/s Low Speed für einfache Geräte (USB1.x), 480 MB USB 2.0
 - ➔ Anschluß vieler Geräte aber „beherrschbare“ Verkabelung
- Stromversorgung über Kabel

Plug & Play Busse: IEEE 1394

Übertragungsarten

- isochron: Reservierung von Bandbreite für A/V-Ströme
- asynchron: Benutzerinteraktion, Kontrollinformation

Firewire Anwendungen: Home Audio/Video

- Integration von Consumer Electronics-Geräten im Heimbereich
 - Hifi, VCR, TV, STB, Radio, Telefon, Digitale Kamera, ...
- Standardisierung aufbauend auf IEEE 1394: **HAVi**
 - Home Audio Video interoperability
 - Konsortium: Grundig, Sony, ...
- Zusammenfassung von A/V-Geräten in Cluster
 - Einzelgeräte können andere kontrollieren
 - Kontrolle kann verteilt sein
 - es muß keinen ausgewählten Master geben

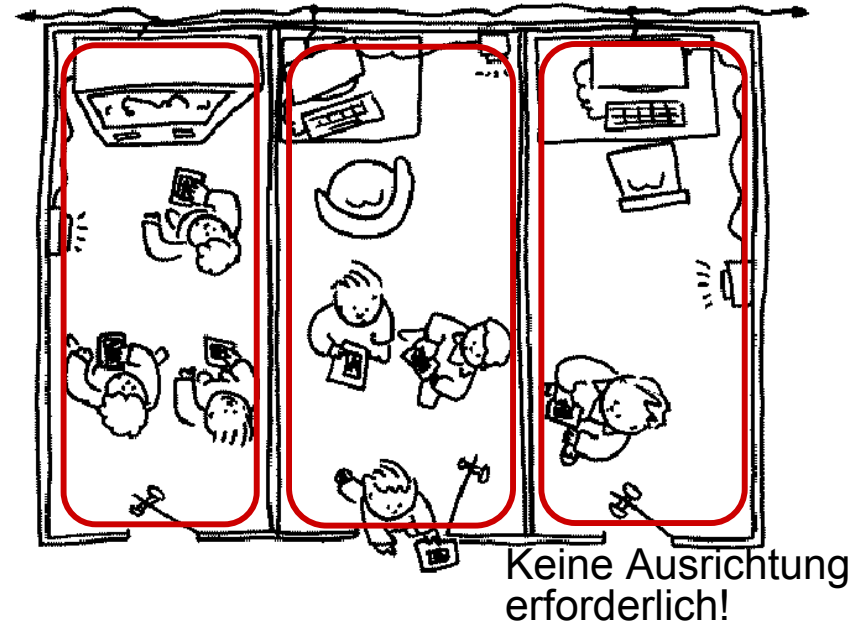
Netzwerktechnologien für Ubicomp

- Einführung und Übersicht
- Plug&Play-Busse
- **IrDA Infrarot-Datenübertragung**
- Bluetooth Mobilkommunikation
- Powerline Communication (PLC)
- Übertragungssysteme der Zukunft
- Anwendung und HCI

IrDA Infrarot-Datenübertragung

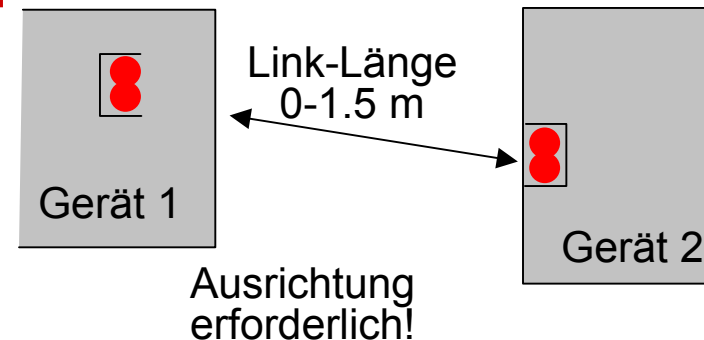
Infrarotkommunikation

- 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 Protokollarchitektur

Anwendungsspezifisch: IrTran-P: Pictures, IrObex: beliebige Objekte, IrLAN: LAN access...

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

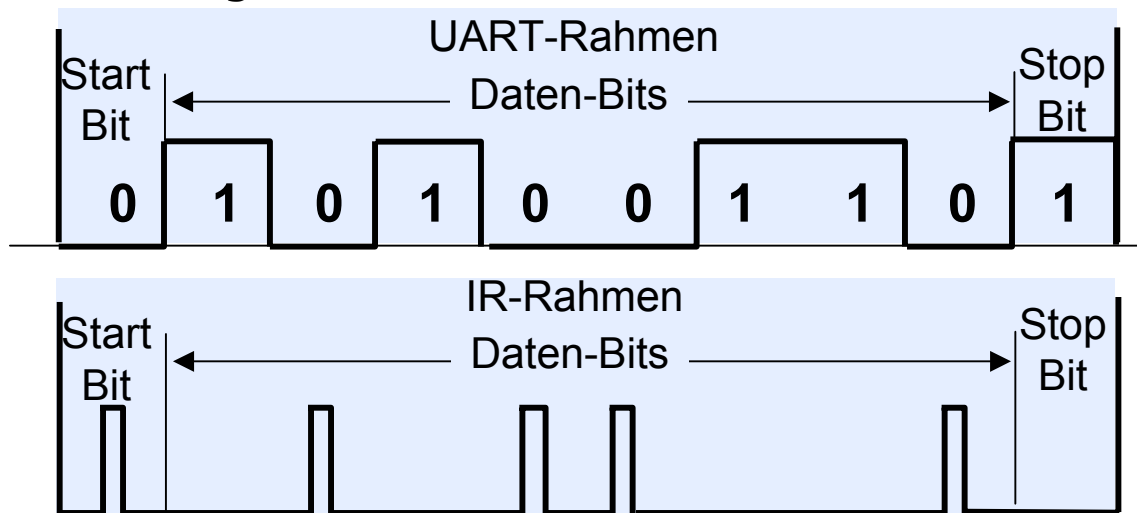
IrLAP: Device Discovery, zuverlässige 1:1-Verbindungen

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

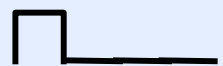



Synchrone Übertragung mit 0.576 / 1.152 Mbps

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



Synchrone Übertragung mit 4 Mbps

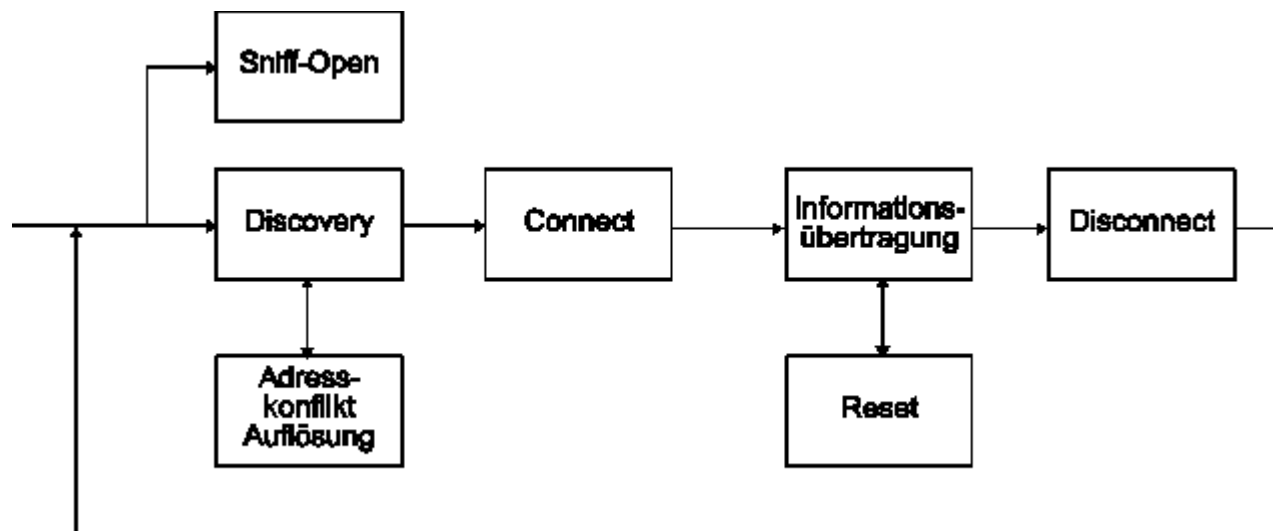
- 4PPM-Codierung:
 - Four Pulse Position Modulation
- Datenbit-Paare werden zusammengefaßt und in 500ms-Periode codiert
- Aufteilung der Periode in 4 Chips, Codierung durch Pulsposition

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

IrDA Verbindungsaufbau

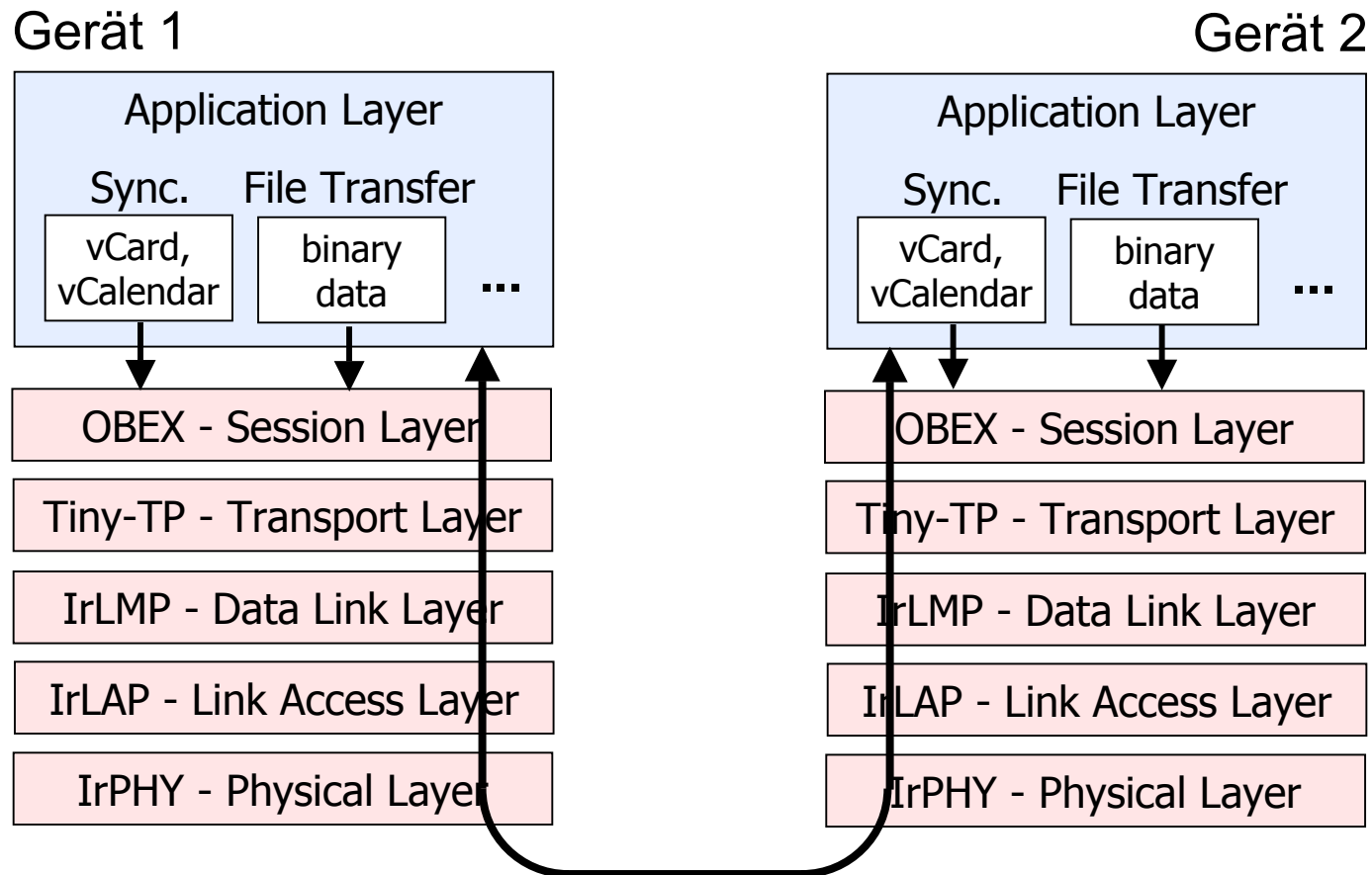
Device Discovery (IrLAP)

- 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 Datenaustausch

IrOBEX: IrDA Protokoll für Austausch von Datenobjekten



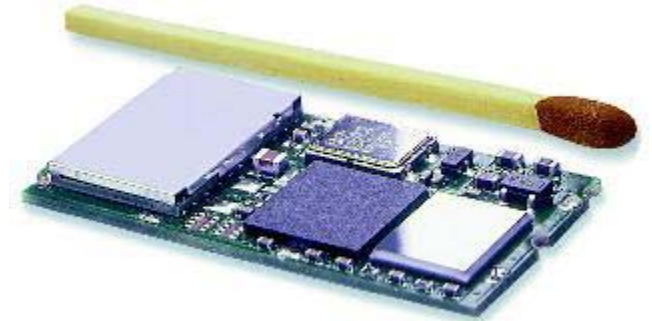
Netzwerktechnologien für Ubicomp

- Einführung und Übersicht
- Plug&Play-Busse
- IrDA Infrarot-Datenübertragung
- **BlueTooth Mobilkommunikation**
- Powerline Communication (PLC)
- Übertragungssysteme der Zukunft
- Anwendung und HCI

Bluetooth Mobilkommunikation

Bluetooth Technologie

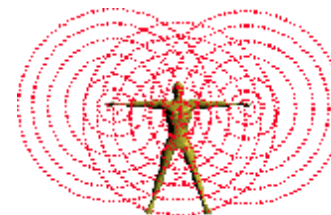
- Mobilfunktechnik für ad hoc Vernetzung
- kurze Reichweiten (10m)
- universell: Sprache und Daten
- primär für portable, persönliche Geräte
- niedrige Kosten: angestrebter Preis 5 US\$
- kleine Baugröße



Bluetooth-Modul

Bluetooth Special Interest Group (SIG)

- Februar 1998: Ericsson, IBM, Intel, Nokia, Toshiba
- aktuell über 1800 Firmen ("Bluetooth adopter companies")
- Entwicklung der Bluetooth Spezifikation als de facto Standard
 - erste Version Juli 1999
 - über 1500 Seiten HW & SW Protokollspezifikation
 - Interoperabilität mit anderen Standards, v.a. IEEE 802.15 (Personal Area Networks)

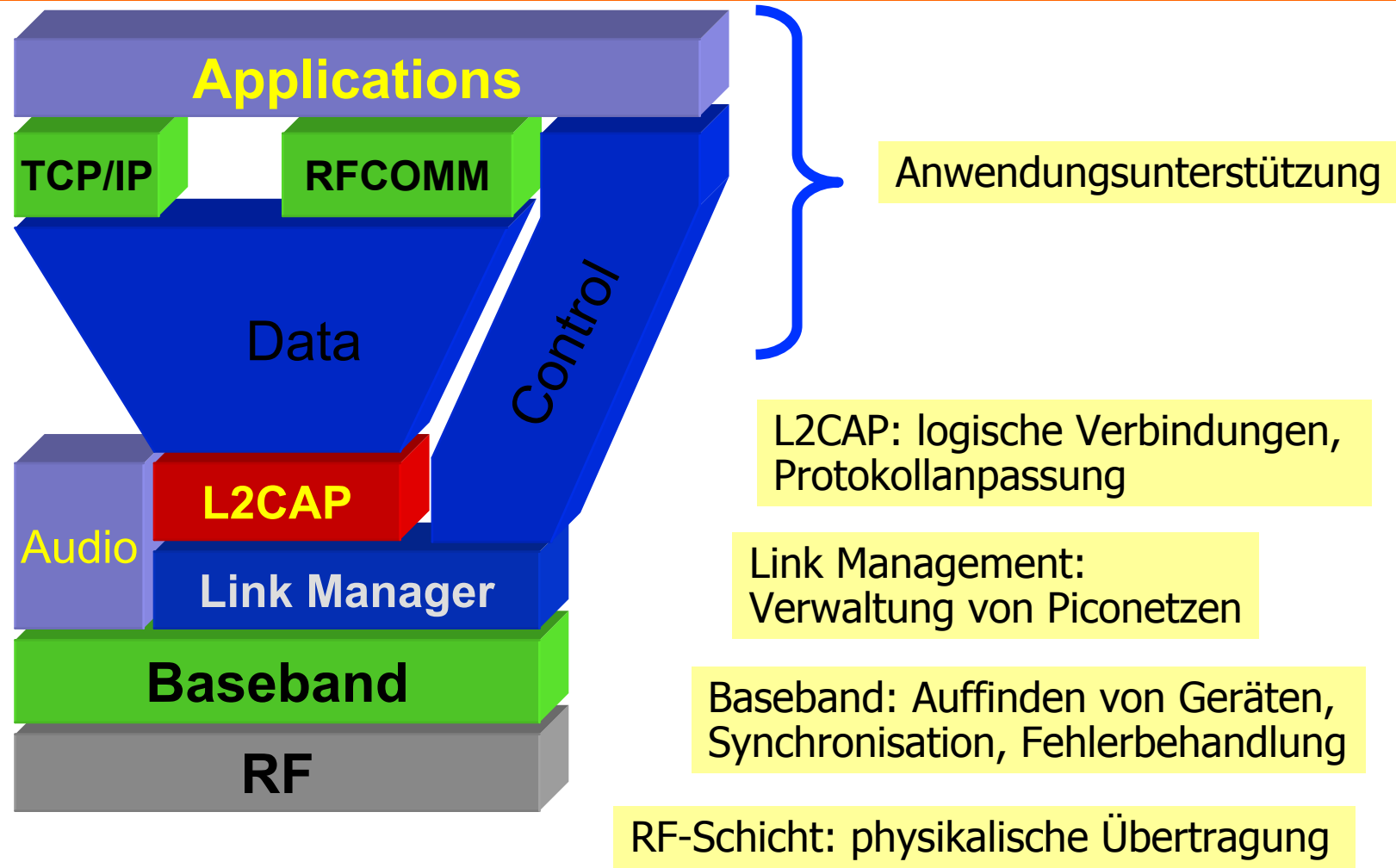


Bluetooth Mobilkommunikation

Wesentliche Merkmale

- ISM-Band, 2.4 GHz: lizenzfrei in fast allen Ländern
 - 79 Kanäle im Bereich 2,402 bis 2,480 GHz, je 1 MHz breit
 - "frequency hopping": 1600 hops / s (d.h. Frequenzwechsel alle 625 μ s)
- ca. 1 mW Übertragungsleistung
- 1 Mb/s auf dem Medium
 - Datenrate 432 kbit/s (full duplex) oder 723/57 kbit/s (asymmetrisch)
- Simultan Sprache ("synchron") und Daten ("asynchron")
- Sicherheitskonzepte
 - Authentisierung, Verschlüsselung auf Verbindungsebene
- Flexible Netzwerktopologie
 - ad-hoc Netze ohne vorbestimmten Master

Bluetooth Architektur



Verbindungsschicht

Bluetooth-Verbindungen

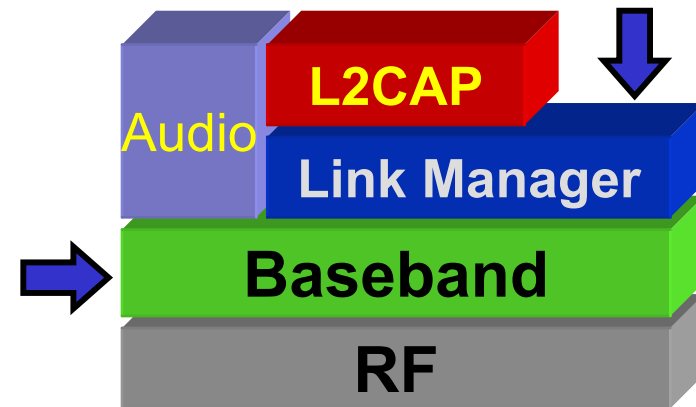
- Baseband Layer: Master-Slave Punkt-zu-Punkt
- Link Manager: Management von Bluetooth Piconet-Zellen (ein Master, mehrere Slaves)

Baseband

- Auffinden anderer Geräte
- Synchronisation zwischen Sender und Empfänger
- Paketformat, Verbindungsarten synchron/asynchron
- Fehlerbehandlung, Sendewiederholung

Link Manager

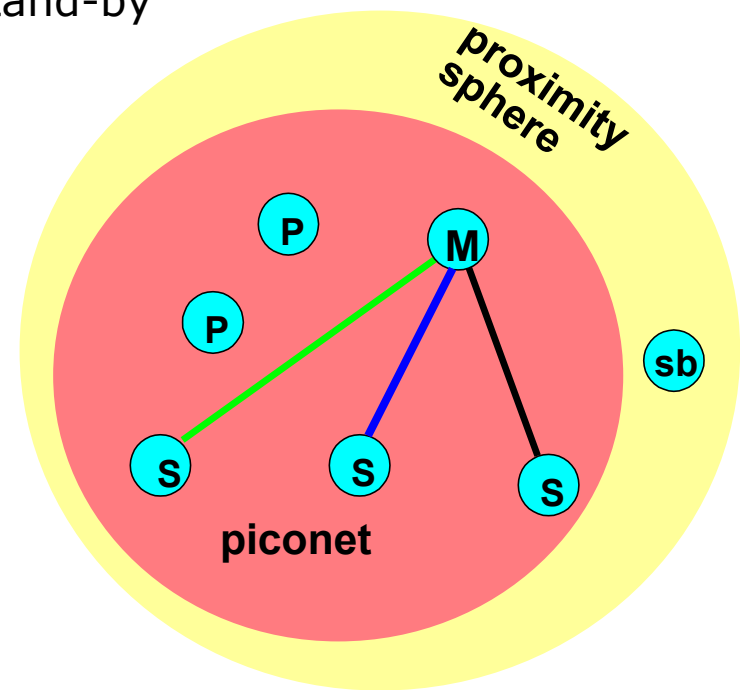
- Authentisierung und Verschlüsselung
- Piconet-Management: Signalisierung zwischen Link Managern zum Zustand von Geräten, Power modes usw.



Netzwerktopologie

Piconet: Kommunikationskanal für mehrere Geräte

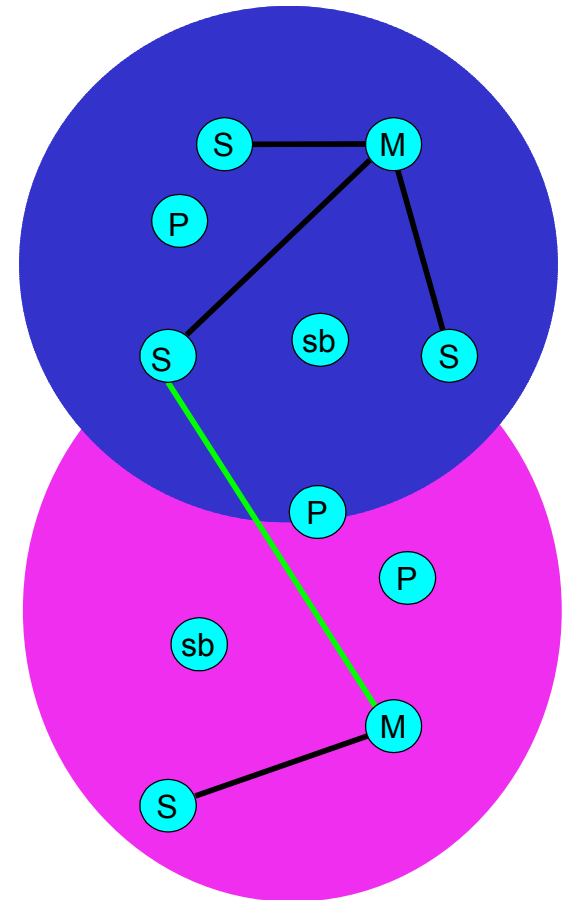
- Geräte teilen sich einen Kanal, definiert durch gemeinsame Hop-Sequenz, alle Geräte ändern gemeinsam Kanal
- Ein Master, simultan verbunden mit bis zu 7 Slaves
 - weitere Slaves (insgesamt 255) können im Piconet "geparkt" sein
 - andere Geräte im Sendebereich im Stand-by Zustand: nicht verbunden
- Master/Slave-Rollen sind dynamisch
- Verbindungsaufbau
 - Master verteilt Takt u. Geräte-ID zur Bestimmung der Hop-Sequenz
- Kommunikation
 - Punkt-zu-Punkt Master-Slave
 - Multicast vom Master an alle Slaves
 - **nicht** direkt slave-to-slave



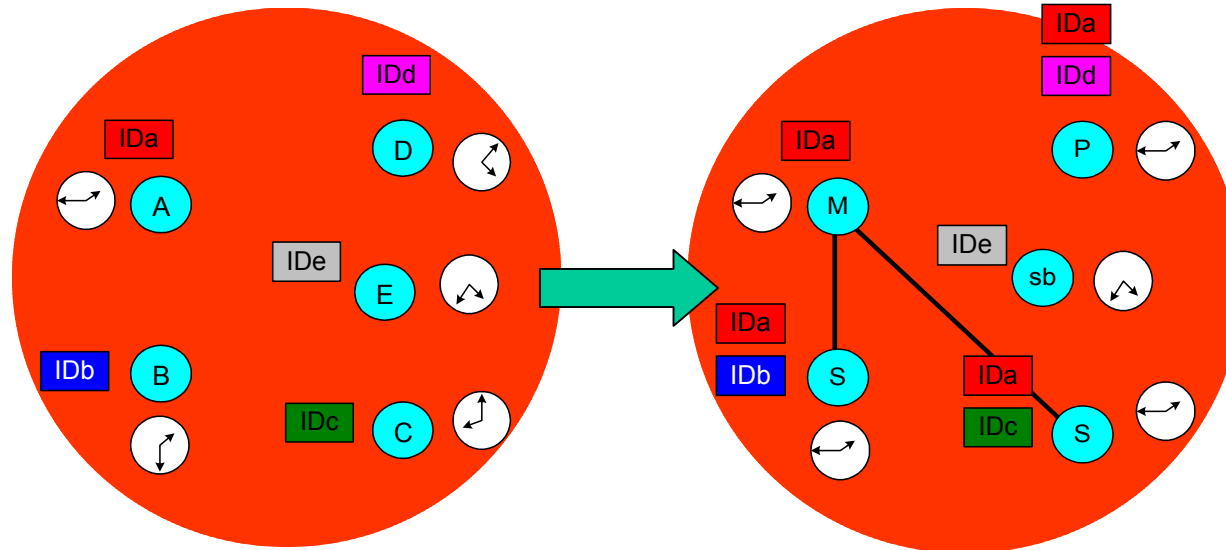
Netzwerktopologie

Scatternet: Verbindung von Piconets

- 2-10 Piconets können ein Scatternet bilden
 - keine gemeinsame Hop-Frequenz
 - Verbindung über Knoten, die zwischen Piconets hin- und herspringen
 - Optimierung von Bandbreite/Volumen
 - Piconet-Kapazität: 1 Mb/s
 - 10 Piconets im gleichen Sendebereich: aggregierte Bandbreite bis ~ 10 Mb/s
 - Datenrate nimmt bei 10 Piconets nur leicht ab ($\sim 10\%$)
- ➔ bis zu 80 aktive Geräte auf engem Raum
ABER: keine Broadcast!



Synchronisation und Adressierung



Synchronisation

Jedes Bluetooth-Gerät hat 48bit Geräte-Adresse/ID (komp. zu IEEE 802 MAC)

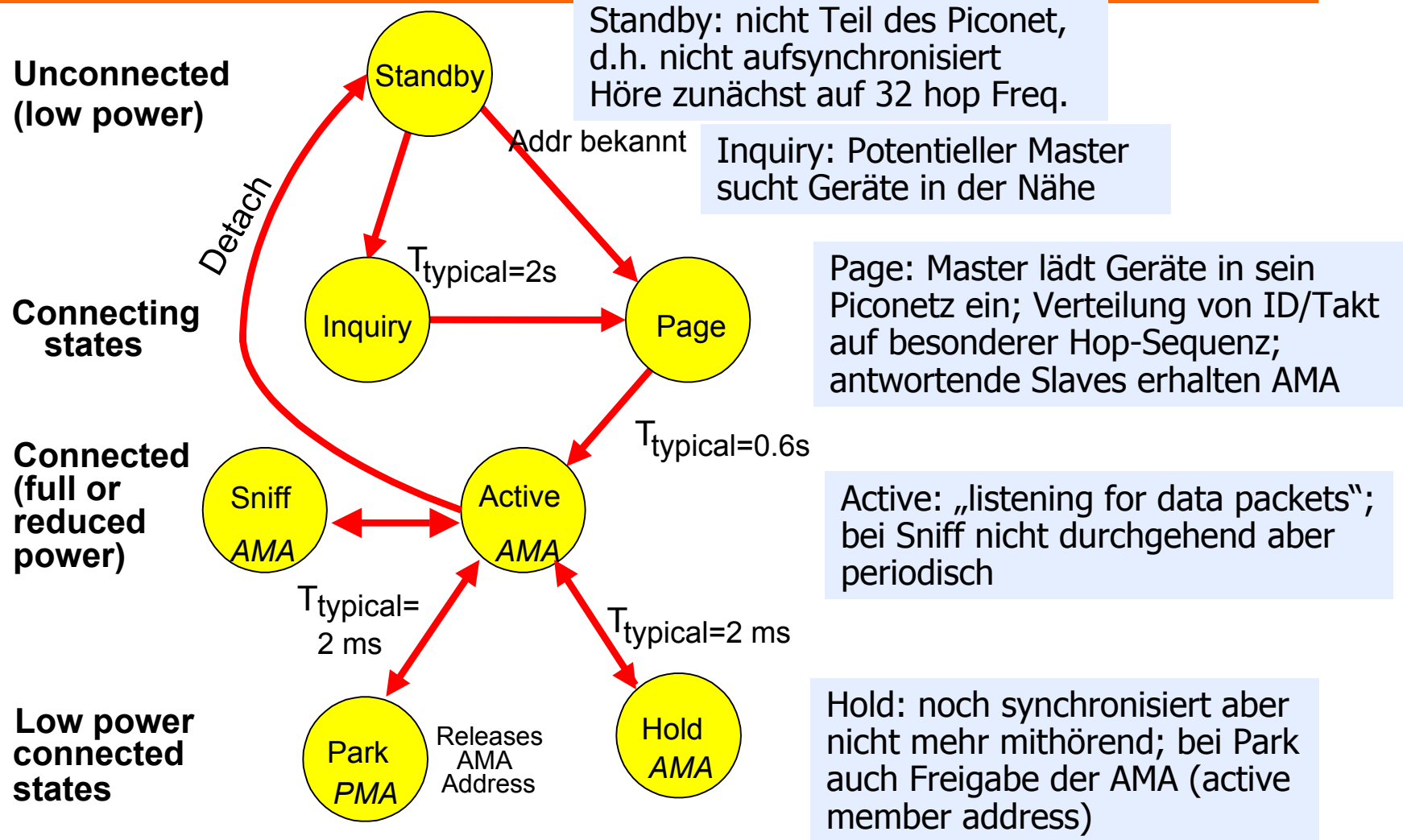
Synchronisation: Master verteilt ID und Takt

Master-ID bestimmt Hop-Sequenz, Takt bestimmt Hop-Phase

Adressierung im Piconetz

- Active Member Address (AMA, 3-bits) für aktive Geräte
 - 1..7 für Adressierung einzelner Slaves, 0 für Broadcast an alle Slaves
- Parked Member Address (PMA, 8-bits)
 - für geparkte Slaves, d.h. Geräte die synchronisiert sind aber keine Datenpakete verarbeiten

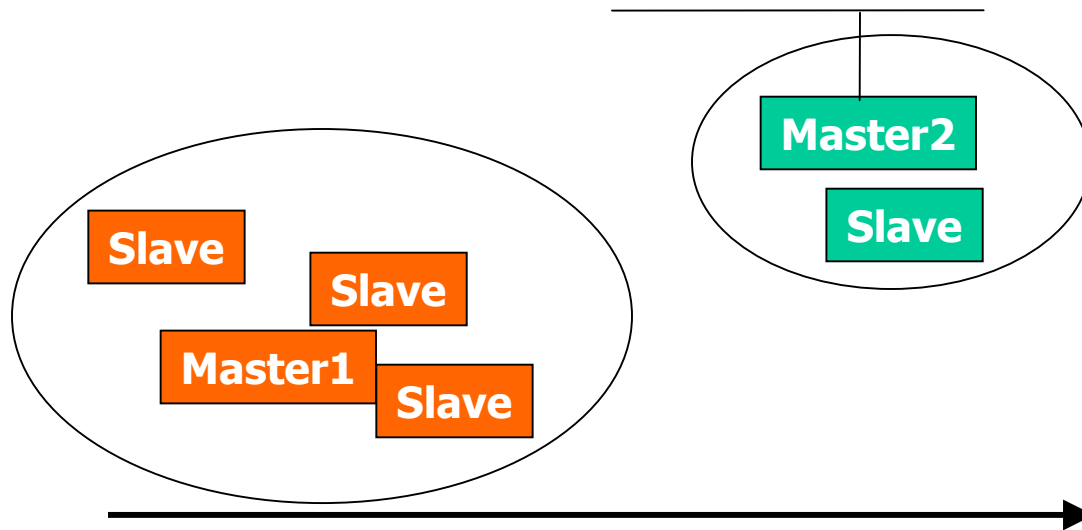
Baseband Verbindungszustände



Bluetooth Probleme

Änderungen in der Umgebung

- Wechseln der Zustände (Inquiry) zu lange ➡ störend für UI, kein Kontakt bei schneller Bewegung
- Sich bewegendes Piconetz
 - Piconetz2 voll ➡ kein Kontakt
 - Piconetz1 voll ➡ Scatternetz (dauert lange)

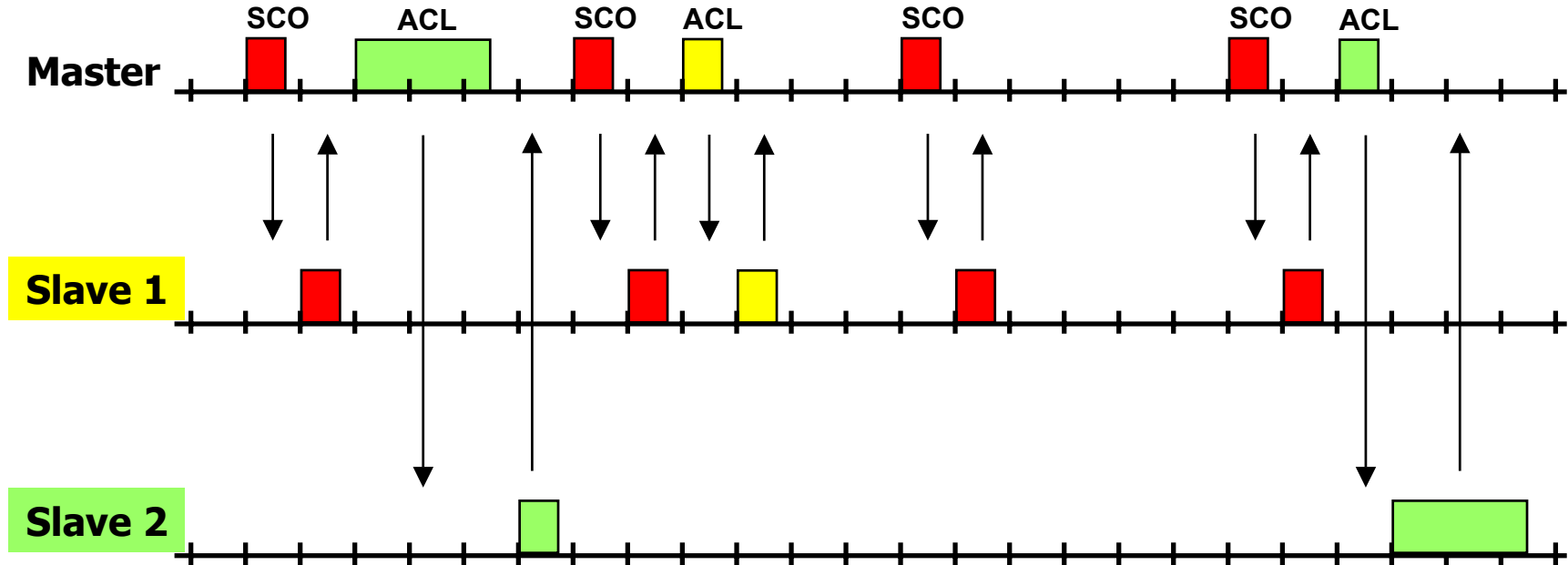


Baseband Kommunikation

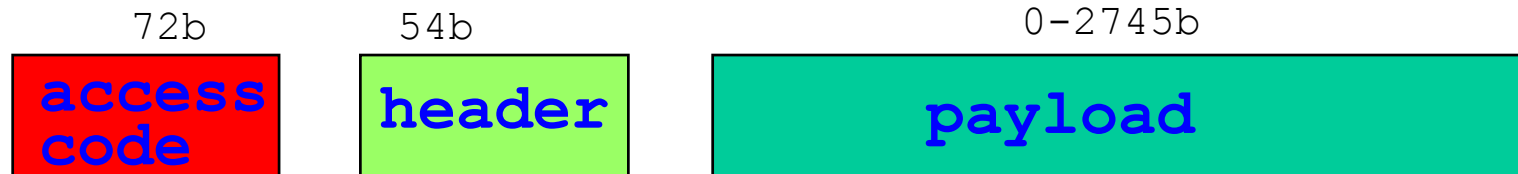
Beispiel für Baseband-Verbindungen

SCO: nutzt reservierte Slots

ACL: wird in verbleibenden Slots abgewickelt



Baseband Paketformat



Access code

- identifiziert alle Pakete eines Piconet (auch für Sync, DC)

Header (3mal wiederholt)

- 3 bit Active Member Address
- 4 bit Pakettyp: SCO, ACL, Anzahl der Slots,...
- 3 bit für Flußkontrolle (Stop/Go-Flag, ACK/NAK-Flag, Odd/Even)
- 8 bit Header-Prüfsumme

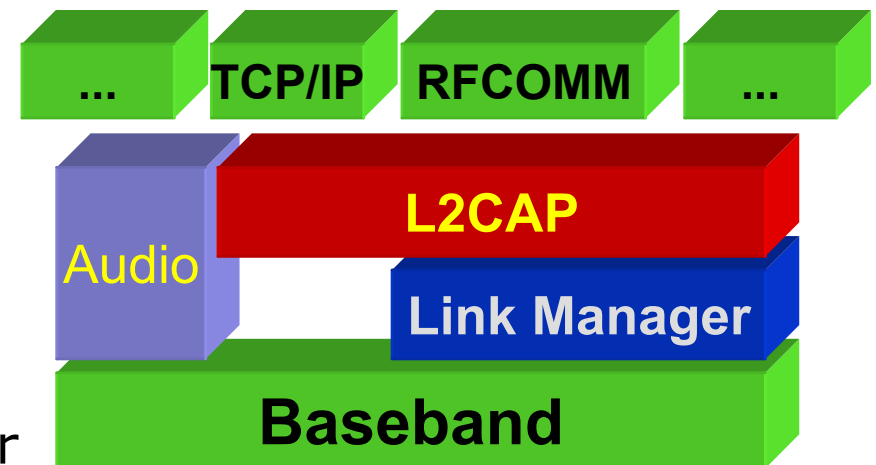
Link Layer Control & Adaptation

Schnittstelle zu Anwendungsprotokollen

- verbindungsorientierte und verbindungslose Datendienste
- Protokoll-Multiplexing
- Paketsegmentierung
- Dienstgüte für Verbindungen

Protokollanpassung oberhalb vom Baseband

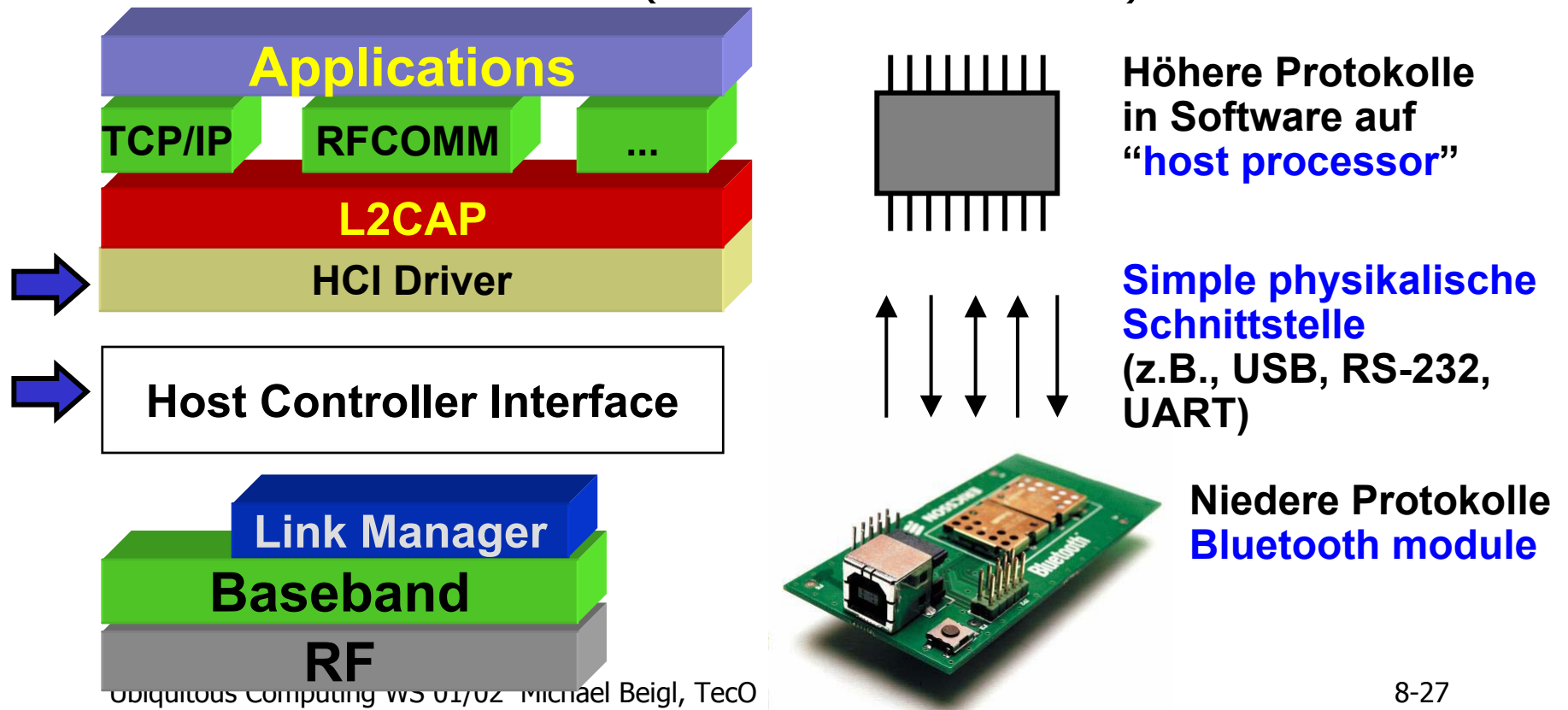
- Master-Slave Rollen werden vor höheren Schichten verborgen
- höhere Schichten verwenden bauen stattdessen auf Peer-to-Peer Kommunikation auf



Host Controller Interface (HCI)

Schnittstelle zwischen Bluetooth-Modul und Host-Gerät

Standard-Schnittstelle, z.B. USB zwischen höheren Protokollschichten (auf dem Host-Prozessor implementiert) und unteren Schichten (auf Bluetooth-Modul)



Bluetooth Zusammenfassung

Erschließung neuer Anwendungsbereiche:

- kabellos, hohe Gerätedichte, hohe Kapazität/Raum
- persönliche ad hoc Netze, letzter Meter für universellen Zugang, hidden computing
- nicht nur RF sondern umfassende Protokollarchitektur

große Realisierungsprobleme

- sehr komplexe Spezifikation
- Energieeffizienz und Interoperabilität

Bluetooth- Module



z.B. 3-Chip-Modul

- CPU + Link-Controller + Baseband Protocol
- Flash Memory
- HF Radio

Ziel: Integration in einem Chip, 9x9 mm

Derzeit: ca 40x25 mm

Netzwerktechnologien für Ubicomp

- Einführung und Übersicht
- Plug&Play-Busse
- IrDA Infrarot-Datenübertragung
- Bluetooth Mobilkommunikation
- **Powerline Communication (PLC)**
- Übertragungssysteme der Zukunft
- Anwendung und HCI

Powerline Communication

Nutzung vorhandener Infrastruktur

- vorhandene Verkabelung als Leiter, Steckdosen als Zugangspunkte
- Integration praktische aller nicht-mobilen Geräte im Haus
- Heimautomatisierung, Fernwartung, ... Daten-/Sprachdienste ?

Frequenzmodulation

- Daten als hochfrequentes Signal auf 50/60 Hz-Wechselstrom
- begrenztes Spektrum: in Europa 4 Bänder zwischen 10-150 kHz, teilweise reserviert für Energieversorgungsunternehmen
- Störanfällig: Elektrogeräte, Babyphones, Intercomms erzeugen hochfrequente Störungen auf der Stromleitung
- Leitungseigenschaften: Signale werden mit zunehmender Entfernung schwächer

Powerline Communication

Übertragungsverfahren

- Single Carrier Narrow Band: nur eine Trägerfrequenz
 - einfach, aber besonders störanfällig
 - Bsp. X-10: nutzt 120 kHz-Band für Übertragung von Steuerungsinformation (Datenraten ~ 100 bit/s !)
- Spread Spectrum (vgl. Mobilfunk)
 - resistenter gegen Störungen, aber erfordert mehr Bandbreite (insbesondere in Europe wenig Spielraum!)
 - Bsp. CEBus-Signale in USA gespreizt über 100-400 kHz mit 10 kb/s Datenrate; in Europa über 20-80 kHz mit 2kb/s
- Multiple Carrier Narrow Band:
 - mehrere schmalbandige Träger, Wechsel bei Störung
 - Bsp. Echelon: dual-carrier 132 und 115 kHz, ~ 5.4 kb/s

Powerline Communication

1980: X-10 Standard

- für Übertragung von Steuerungsinformation im Heimbereich
- einfache Steuerung von Beleuchtung und Verbrauchern
- sehr einfache Frequenzmodulation: 120 kHz wird jeweils nach Nulldurchgang im Wechselstrom für 1ms aufmoduliert
- X-10 Geräte werden über System-ID (3bit) und Geräte-ID (4bit) adressiert; Übertragung von Codes für einfache Funktionen (4bit): AN, AUS, DIM,...

Aktuelle Entwicklungen

- „Internet aus der Steckdose“: zahlreiche Feldversuche der EVUs
- Mehrere Mbit/s, aber keine garantierte Bandbreite
- PLC als Zugangstechnologie zwischen Ortsnetztrafo und Netzabschluß im Haus (nicht für Kommunikation im Haus)
- Datenübertragung im Haus stark von Umgebung abhängig

Powerline Communication

HomePlug 1.0

- HomePlug.org: 3Com, AMD, Cisco, Intel, TI, Motorola....
- 14 Mbit/s, benutzt keine Bänder die auch von X-10, CEBus, LonWorks verwendet werden, sondern 4,5-21 MHz
- Übertragungsprobleme behandelt
 - Impulsstörer → Fehlerkorrektur
 - Frequenzabhängige Störer → Adaptionsphase und Auswahl der besten Frequenzen sowie Codierung auf Band
 - Geht immer noch nicht → ROBO Modus sendet auf allen Bändern mit DBPSK
- Codierung: Orthogonal frequency division multiplexing (OFDM)
 - Aufteilung des Datenstroms auf verschiedene Frequenzen
 - Auf dem Frequenzband: Differential quadrature phase shift key (DQPSK) oder Differential binary phase shift key (DBPSK), Symbol vom vorherigen Symbol abhängig)
- MAC: CSMA/CA
- Produkt: Q4/2001 (Aussage Mitte 2001)?

Netzwerktechnologien für UbiComp

- Einführung und Übersicht
- Plug&Play-Busse
- IrDA Infrarot-Datenübertragung
- Bluetooth Mobilkommunikation
- Powerline Communication (PLC)
- **Übertragungssysteme der Zukunft**
- Anwendung und HCI

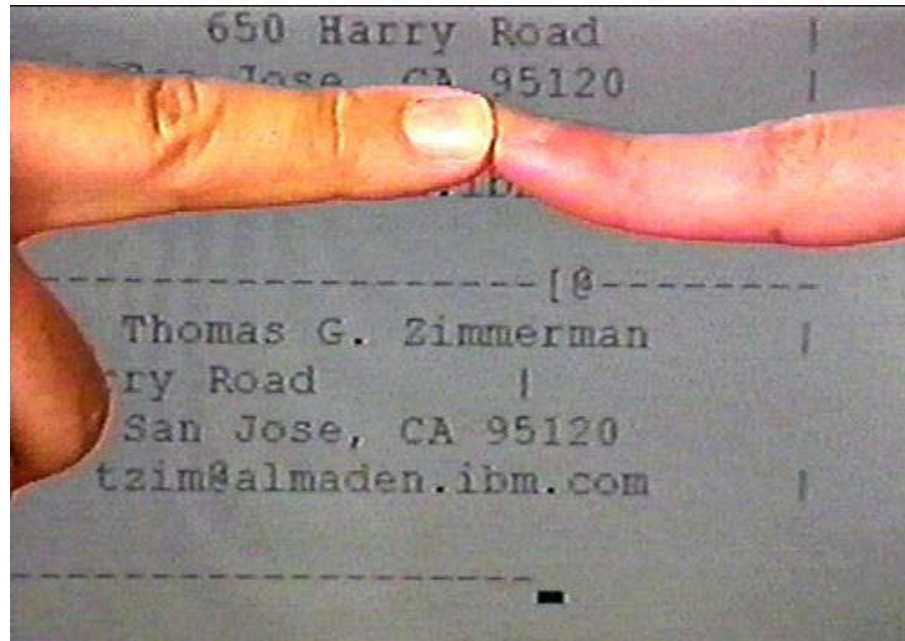
Intra-Body Kommunikation

Zimmerman's Personal Area Network

- Tom Zimmerman, MIT MediaLab 1996
- Übertragung von Daten durch den menschlichen Körper
 - „Visitenkarte beim Händeschütteln übertragen“



- Ströme im nA-Bereich
- Datenrate: einige kb/s



Intra-Body Kommunikation

Vorteile

- berührungskontrollierte Verbindung
- energieeffizient
- Kopplung virtuelle/reale Welt

Anwendungen

- Datenaufnahme durch Berührung
- Verbindung zwischen Mensch und Werkzeug bei mobiler Arbeit
- Historie der Interaktion mit Dingen
 - z.B. automatisches lückenloses Protokoll für Laborexperimente:
 - ➔ (automatische) Reproduzierbarkeit
- Personalisierung von Geräten sobald sie in die Hand genommen werden
 - z.B. Shared Appliances in Arbeitsgruppen
- U.Washington: 56kbit



Quelle: Portalano-Projekt
University of Washington

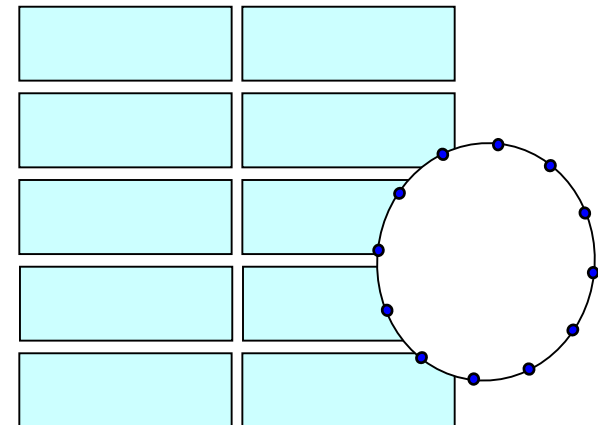
Networked Surfaces

Oberflächen als Übertragungsmedium

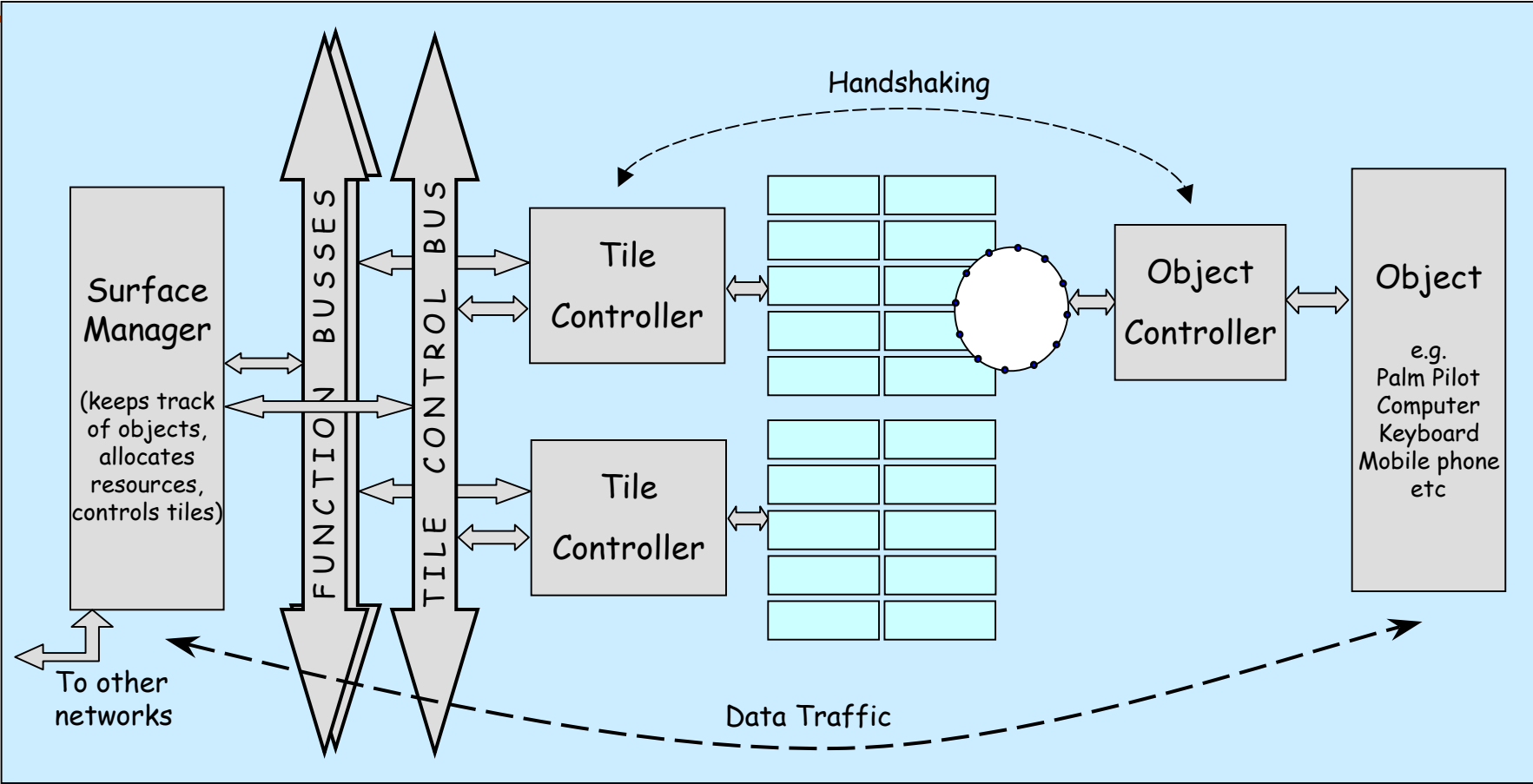
- Projekt an der University of Cambridge <http://www-ice.eng.cam.ac.uk/>
- z.B. Schreibtischoberfläche zur Vernetzung darauf abgestellter Geräte
 - Kabeleliminierung PC + Peripherie
 - Synchronisation mitgebrachter mobiler Geräte
 - Stromversorgung abgestellter Geräte

Physikalische Verbindung

- Aufbau der Oberfläche aus Kacheln
- Runde Kontaktfläche als universelle Schnittstelle am Gerät
- Wahl der Geometrie sichert erforderliche Anzahl von „Pins“

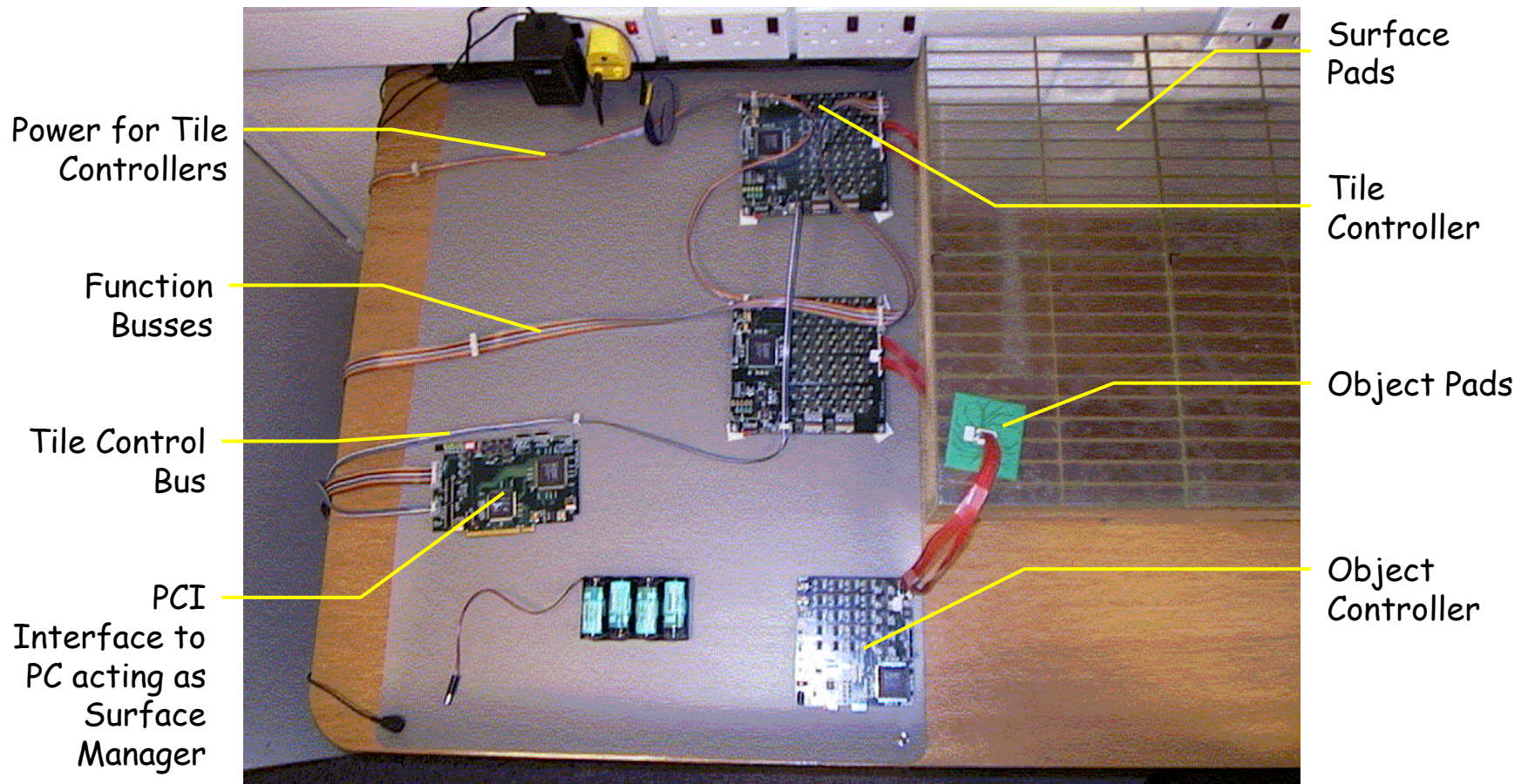


Networked Surfaces



Quelle: F. Hoffmann, J. Scott
LCE Group, U of Cambridge

Networked Surfaces



Netzwerktechnologien für UbiComp

- Einführung und Übersicht
- Plug&Play-Busse
- IrDA Infrarot-Datenübertragung
- Bluetooth Mobilkommunikation
- Powerline Communication (PLC)
- Übertragungssysteme der Zukunft
- Anwendung und HCI

Anwendung und HCI

Anwendung und HCI bestimmt den Einsatz!

- Jackentasche -> kabellos frei
- Mobiles Objekt im Raum -> sichtgebunden
- Aktive mechanisches Objekt -> Kabelgebunden

Kontexte können abgeleitet werden

- Automatische Erkennung der Lokation, der ID des Benutzers ➡ implizite Interaktion

Einsatzgebiet bestimmt sich durch Technologie und HCI

- Reaktionszeit, Qualität der Darstellung, Bequemlichkeit des Geräts und der Bedienung

Anwendung und HCI

Anbindung

- Kabelgebunden
- Kabellos sichtgebunden
- Kabellos frei

Anwendung und HCI

Anbindung

- Kabelgebunden
- Kabellos sichtgebunden
- Kabellos frei

Sicherheit

- lokal sicher
- lokal sicher
- unsicher

Kontext

- Zuordenbarer Kontext: verschiedene, meist Lokation
- impliziter Kontext: Lokation, jemand berührt, ist gerichtet zu

Technische Charakteristika

- Bestimmen Einsatz: Geschwindigkeit Aufbau, Rekonfiguration, Datenrate, Zuverlässigkeit

Gewünschte Dienste

- Sprache, Multimedia, Daten

Energieverbrauch

- ist ein HCI Kriterium: Immer leere Geräte sind nicht verwendbar

Größe

Anwendungsbeispiel

Business-Karte von Mobiltelefon auf PDA

- Anwendung
 - Direkte, explizite Interaktion in 2 Stufen
 - Auswahl, Drücken der Tasten
 - Implizite Verwendung von erlernten kognitiven Mustern
 - Zueinander gerichtet = Zusammengehörig
- Technologie
 - Kabelgebunden: Explizite Auswahl durch Kabel (unbequem, fehleranfällig)
 - Drahtlos IrDA: Zeigen = Auswahl (implizit!)
 - Drahtlos Bluetooth: Nähe & explizite Wahl = Auswahl