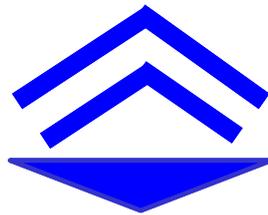


Scriptum zur Lehrveranstaltung

Telematik

Mobile, multimediale und kooperative Teledienste



Kernfach Praktische Informatik (UL)
Studiengang Informationstechnik (BA)
Umfang: 2 SWS
15 Wochen

Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus Irmischer
Universität Leipzig
Institut für Informatik
Lehrstuhl Rechnernetze und Verteilte Systeme (em.)

Dresden, den 04. September 2008

Inhaltsverzeichnis

1	Telematik - Neue Kommunikationstechnologien und Teledienste	4
1.1	Einführung Telematik	4
1.2	Teledienste im Überblick	6
1.2.1	Traditionelle Teledienste	6
1.2.2	Advanced Teleservices	8
2	Entwicklung der modernen Kommunikationsinfrastruktur	11
2.1	Innovation Telekommunikation	11
2.2	Entwicklung der technischen Kommunikation	12
2.2.1	Telegraf und Telefon (Ursprung)	12
2.2.2	Analoge Fernsprechnetze	12
2.2.3	Weitere Entwicklung der Telekommunikation	13
2.3	Multimediadienste über Kabelfernsehen	15
2.4	Hochleistungskommunikation	16
2.4.1	Ausgangspunkt ISDN	16
2.4.2	Entwicklung zum Breitband-ISDN	17
2.4.3	Entwicklung von Gigabit-Netzen	18
2.4.4	Integrierte Breitbandkommunikation	18
3	Mobile Computing (Ubiquitous Computing)	20
3.1	Informationsversorgung, Mobilität und Innovationen	20
3.2	Ubiquitous Computing	24
3.2.1	Technologien im Ubiquitous Computing	24
3.2.2	Visionen des Ubiquitous Computing	26
3.3	Portable Endgeräte	28
3.3.1	Anforderungen und Charakteristika	28
3.3.2	Tragbare Computer	28
3.3.3	Moderne Bedienoberflächen	30
3.3.4	Technische Realisierungen (Auswahl)	31
3.4	Neue mobile Dienste	32
3.5	Drahtlose Kommunikationssysteme	35
3.5.1	Merkmale der drahtlosen Kommunikation	35
3.5.2	Technische Aspekte der drahtlosen Kommunikation	37
3.5.3	Wireless LAN (WLAN)	39
3.5.4	Drahtlose Nahverbindungen	42
3.5.5	Mobilfunknetze (Auswahl)	42
3.5.6	Neuere und zukünftige Systeme	46
4	Mobile Verteilte Systeme (Nomadic Computing)	49
4.1	Mobilität und Ressourcen	49
4.1.1	Integration von Mobilität und Ressourcen	49
4.1.2	Ressourcenverwaltung	51
4.2	Mobilität im Internet	53
4.2.1	Internet-Protokolle für den mobilen Einsatz	53
4.2.2	Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)	53
4.2.3	Mobile Internet Protocol (mobile IP)	54
4.2.4	Cellular IP	57
4.3	Dienstvermittlung in mobilen Umgebungen	59
4.3.1	Dienstverwaltung in drahtlosen Netzen	59
4.3.2	Dienstvermittlung in WPAN und größeren Netzen	59
4.3.3	Dienstvermittlung mit Jini	61
4.3.4	Weitere Systeme zur Dienstvermittlung	63
4.4	Mobile Ad-hoc-Netze (MANET)	64

5	Multimedia in Computersystemen.....	65
5.1	Einführung zu Multimedia	65
5.2	Begriffe, Sichten und Daten	65
5.3	Multimedia-Anforderungen	68
5.4	Medientypen.....	70
6	Multimedia-Applikationen	71
6.1	Übersicht zu Multimedia-Anwendungen	71
6.2	Audio- und Videokonferenzsysteme (AVCS).....	72
6.3	Teleteaching / Distance Learning	74
6.4	Gestaltung virtueller Welten im Internet.....	76
6.4.1	Virtual Reality Modeling Language (VRML).....	76
6.4.2	Programmierung in VRML	78
7	Kooperative Systeme	82
7.1	Kooperationsmodelle in offenen verteilten Systemen	82
7.2	Verteilte Anwendungssysteme (CSCW).....	86
7.3	Büroautomatisierung und –kommunikation.....	86
7.4	Workflow-Management-Systeme	88
7.5	Teleworking	90
8	Wireless Personal Area Networks (WPAN).....	91
8.1	Nahbereichskommunikation.....	91
8.2	Infrarot-Netze (IrDA).....	91
8.3	Bluetooth	94
8.3.1	Nahbereichs-Funktechnologie für portable Geräte	94
8.3.2	Architektur von Bluetooth.....	96
8.4	Neue Entwicklungen der drahtlosen Geräteanbindung.....	98
8.4.1	Drahtlose Identifikationstechniken (RFID, NFC)	98
8.4.2	Weitere Entwicklungen	98
8.4.3	UWB (Ultra Wideband) und W-USB (Wireless USB)	101
8.4.4	WLAN und FritzBox-WLAN.....	101
9	Satellitennetze.....	103
9.1	Satellitenkommunikation	103
9.2	Kanalzuordnung	104
9.3	Anwendungen von Satellitensystemen (Auswahl).....	105
10	Positionierung und Navigation	107
10.1	Verfahren zur Positionsbestimmung	107
10.1.1	Grundlagen zur Positionierung.....	107
10.1.2	Verfahren und Systeme	108
10.2	Satellitennavigation.....	109
10.2.1	Grundlagen der Satellitennavigation	109
10.2.2	Global Positioning System (GPS)	110
10.2.3	Differential GPS (DGPS)	114
10.2.4	Wide Area Augmentation System (WAAS)	115
10.2.5	Weitere Systeme zur Satellitennavigation.....	115
11	Abbildungsverzeichnis	117
12	Literaturverzeichnis	119

1 Telematik - Neue Kommunikationstechnologien und Teledienste

1.1 Einführung Telematik

Telematik = Telekommunikation + Informatik: Verbindung von Informatik und (insbes. digitalen) Telekommunikation, ausgewiesen durch neue Kommunikationstechnologien und Teledienste, vor allem aus den Bereichen Hochgeschwindigkeitskommunikation, Mobilkommunikation und Telediensten zu kooperativen Arbeiten, Multimedia und Mobile Computing.

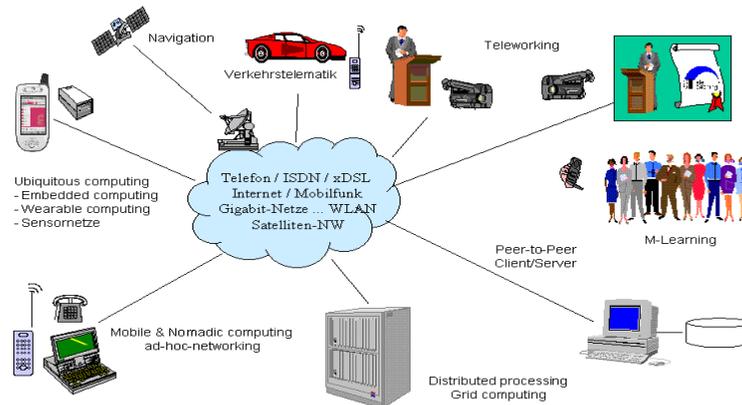


Abbildung 1.1: Einsatzbereiche Telematik

Netze zur Daten- und Rechnerkommunikation

Analoge Kommunikationstechnik

- Telefon (Reis, Bell), Faksimile, Telex
- Vermittlungstechnik (Strowger), Signalisierung, Übertragung (Hertz, Nyquist, Shannon)

Digitale Kommunikationstechnik (Kupferkabel, 64 kbit/s; LWL > 100 Mbit/s; Funkwellen)

- Paket- und Leitungsvermittelte Datennetze, Internet, mobile IP; Teledienste
- Telefonnetze, Zugangsnetze: PSTN, ISDN, ADSL, VDSL, ...

Aufbau von Daten- und Rechnernetzen

- privat / öffentlich; Kabel (wired) / kabellos (wireless): Funk (terrestrisch, Satellit, nah)
- WAN, LAN, MAN (z.B. ARPAnet, Internet, FDDI, Ethernet (Novell), Token-Ring (IBM))
- Hochgeschwindigkeitsnetze-Netze (Fast/Gigabit-Ethernet, B-ISDN/ATM, optische Netze (SDH/WDM), dark fiber)
- Mobilfunknetze (GSM, GPRS, UMTS, HSDPA), DECT, WLAN, Bluetooth, IR, RFID, ...

Standardisierungen

- ISO: OSI-Referenzmodell, B-ISDN-Referenzmodell (SDH / ATM, SDH / WDM)
- Quasi-Standards: TCP / IP und Internet, IEEE 802.11, WAP-Forum, ...

Anwendung:

Verteilte Systeme, z.B. mit Plattformen RPC, RMI/Java, CORBA, Componentware DCOM, EJB, .NET, Web-Services und Kooperationsmodelle wie Client/Server, Peer-to-Peer.

Entwicklungslinien

Auf Basis der WDM-Technologie können mit Glasfasertechnik höhere Geschwindigkeiten erzielt werden. Die leitungsgebundene Kommunikation im Festnetz liegt zwischen 100 Mbit/s und mehreren Tbit/s, im Gigabit-Ethernet z.Zt. 1 / 10 / 40 / 100 Gbit/s ("100GET").

Bei den zellulären Mobilfunksystemen finden sich heute folgende Systeme: GSM, DCS ~> GPRS, EDGE ~> UMTS, HSDPA ~> LTE. Im WLAN-Bereich ist dominierend der Standard IEEE 802.11, und in Entwicklung das Mobile Broadband System (W-ATM ~> IP, UWB). Weitere Entwicklungslinien bilden Satellitensysteme zur Satellitenkommunikation (Übertragung, Positionierung, Navigation), Wetterbeobachtung u.a.m..

Es entstehen immer neue Kommunikations- und Informationsdienste für das Internet, wie World Wide Web, WAP, i-Mode und mobile-IP. Im Internet wird im Bereich Gruppenkommunikation (multicast, SIP), Dienstgüte, VoIP, IPv6 und der Sicherheit geforscht. Neue Anwendungen in den Bereichen E- bzw. M-Commerce, E-Cash, E-Learning (E: electronic; M: mobile) und TV über Handy sowie im Mobile Computing (ubiquitous/nomadic), u.a. Embedded Computing, Wearable Computing, Sensornetze.

Neue Kommunikations- und Informationsdienste

Kommunikationsdienste:

Hierzu zählen die Vermittlung von Diensten (Trading) und Netzen (Virtual Private Networks, VPN), Dienstgüte, Infrastrukturnetze, Ad-hoc-Netze, P2P-Netze und Mobilfunknetze.

Anwendung von Telediensten:

Computer Supported Cooperative Work (CSCW), wie Teleworking (z.B. Telescript), Teleteaching und Telepräsenz, Simultaneous Engineering und automatisiertes Büro.

Ubiquitous und Mobile Computing (z.B. mobiler Service-Ingenieur), RFID, Sensornetze.

Audio- und Videokonferenz, PIM, Push Email, MM-Mail, WAP und i-mode sowie interaktiven Fernsehen (VoD, Video-on-Demand), digitales TV (DVB).

Im Bereich des E-Commerce: Tele-Shopping und Home-Banking.

Dienste in Verteilten Systemen:

Client/Server-Systeme, WfMS, EDI, Groupware, VDBS, Peer-to-Peer und Web Services; SOA. Einsatz von Verteilungsplattformen, u.a. OSF DCE, OMG CORBA, RMI/Java, DCOM, .NET und J2EE (mit Enterprise Java Beans). Damit lassen sich Formen des Nomadic Computing (Mobile Distributed Computing) realisieren. Anwendungen in Haushalten, Schulen, Universitäten, Tele-Bibliotheken, Bildungsportale, Verkehrstelematik, Grid Computing etc.

Interaktive, multimediale, persönliche Computer

Verbesserung der Nutzungsqualitäten und Bedienungsfreundlichkeit.

Traditionelle Handys

- Mobiltelefon (inkl. SMS), ergänzt durch Kamera, TV, Navigator
- Email (Push-Dienst), Internet-Zugang

PDA (Personal Digital Assistant), z.B. Smartphones

- Organizer, Mobiltelefon, Internet, Email, Navigator
- Multimedia-Funktionen: Kamera, Videorecorder, DVD-Player, TV, Live-Video

Portable PC's: Laptop, Notebook, Sub-Notebook

Neue Anwendungsmöglichkeiten, u.a.

- dynamische Visualisierung, Animation
- interaktive und individuelle Videodarstellung und Manipulation (z.B. VoD)
- Ubiquitous und mobile Computing, mobiles Surfen im Internet (WAP), Sensornetze
- Telemedizin, Telerehabilitation, wearable computing, PIM, Push Email.

Gesellschaftliche Auswirkungen

Zusammenwachsen der Technologien und Märkte für Computertechnik, Telekommunikation, Mobilkommunikation, Unterhaltungselektronik. Beispiele: Hochauflösendes digitales Fernsehen. digitaler Hörfunk / TV (DVB), Multimedia (Integration von Daten, Graphik, Text, Bewegtbild, 3D), Multifunktions-Handys (Tel., PDA, Kamera, Navigation, MP3-Player, TV).

Dominanz des Internets (WWW) und Mobiltelefonie, "mobiles" Internet (WAP, i-Mode).

Vorteile in kommerzieller Gesellschaft bei Nutzung der Telekommunikation (Verfügbarkeit über Informationen; Probleme: ältere und behinderte Menschen), bedenkliche Inhalte, Informationsflut (Beherrschbarkeit, Missbrauch), Sicherheit. E-/M-Commerce: Börsendienste, Home-Banking, Tele-Shopping (11.09.01-Syndrom).

1.2 Teledienste im Überblick

1.2.1 Traditionelle Teledienste

Teledienste (Teleservices)

Es sind Telekommunikationsdienste, gestützt auf Daten- bzw. Rechnernetzen (Telefon- bzw. (öffentliche) Datennetze, Rechnernetze wie Internet, LAN usw.). Nutzung der nachrichten- und rechtechnischen Mittel (kabel bzw. kabellos).

Unterteilung:

- Traditionelle Teledienste (Standarddienste). Basis: (öffentliche) Telefon- und Datennetze und Anbieter. Bereitstellung von Träger- und Telediensten.
- Advanced Teleservices (neue Telekommunikationsdienste). Basis: moderne Rechner- und Kommunikationsnetze, Internet sowie Mobilfunknetze.

Standardisierte Teledienste von öffentlichen oder privaten Anbietern (Auswahl):

Sprachkommunikation über das Telefon (inkl. Anrufbeantworter, Anklopfen, ...), Faksimile-Übertragung (FAX-Dienst), Telex und Teletex (Bürofern schreiben), Teletext, Bildschirmtext und Datex-J, Bildtelefon und Datenübertragungsdienst (Datex-P, IP).

Die elektronische Post ist ein asynchroner Teledienst, der nach dem Briefkastenprinzip funktioniert: ein Rechnernetz übernimmt die Datenübertragung. Nachrichten werden zwischengespeichert und können vom anderen Teilnehmer abgerufen werden. Somit entstehen Verzögerungszeiten, aber die Teilnehmer müssen nicht aktiv anwesend sein. Beispiele für synchrone Kommunikation sind interaktive Audio- und Videokonferenzen und Internetdienste.

Öffentliche Datennetze und Dienste

Ein Datennetz ist ein Nachrichtennetz zur Datenübertragung zwischen daran angeschlossenen Teilnehmern. Diese Teilnehmer können Computer, computerisierte Terminals und Ein/Ausgabegeräte sein. Datennetze werden eingesetzt als Trägerdienste (Bearer Services) für Netzdienste, zur Bereitstellung netzeigener Teledienste und als Basis für Rechnernetze.

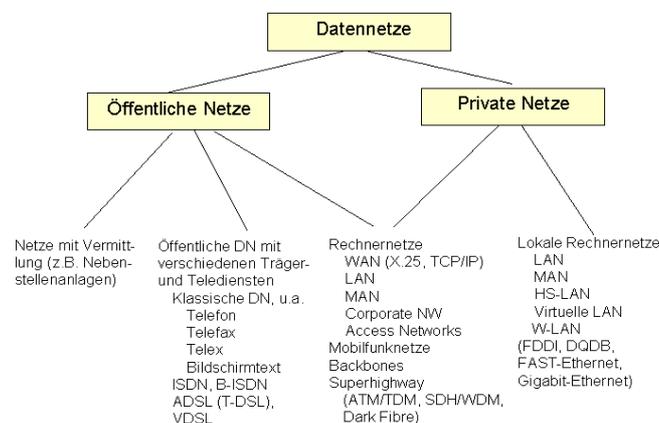


Abbildung 1.2: Daten- und Rechnernetze

Telekommunikationsdienste

Teledienste (Tele-Services, Unified Services und Standard-Dienste): Sie überdecken ggf. alle 7 Schichten des ISO/OSI-Modells. Es werden die erforderlichen Protokolle zur Verfügung gestellt, insbesondere für Anwendungsdienste. Beispiele für traditionelle Teledienste: Telefon (Fernsprechen), Telex (Fernschreiben), Teletex (Bürofern schreiben), Bildschirmtext (Datex-J -> spätere T-Online-Dienste).

Trägerdienste: überdecken i.allg. nur die unteren Schichten des OSI-Modells, d.h. sie sind übertragungsorientiert und bieten eine codeunabhängige Übertragung. Vorrangig werden sie

zur Datenübertragung im Fernsprech- bzw. PV-Netz eingesetzt. Dabei erzielen sie eine höhere Leistung als die Teledienste. Beispiele für Trägerdienste: Datex-P/X.25, IP, xDSL, VDSL.

Umwandlungsdienste (sog. Conversion Services, Gateway Services): bieten Möglichkeit der Umwandlung von Diensten. Bsp: Teletex ~> Telex, Bildschirmtext ~> Telex, ISDN ~> IP.

Zusatzdienste sind Mehrwertdienste (Value-Added-Services). Sie bauen auf Träger- und Telediensten auf und können zusätzliche Funktionen wie zum Beispiel Weckruf und Fernsteuerung bereitstellen. Weiterhin Online-Dienste.

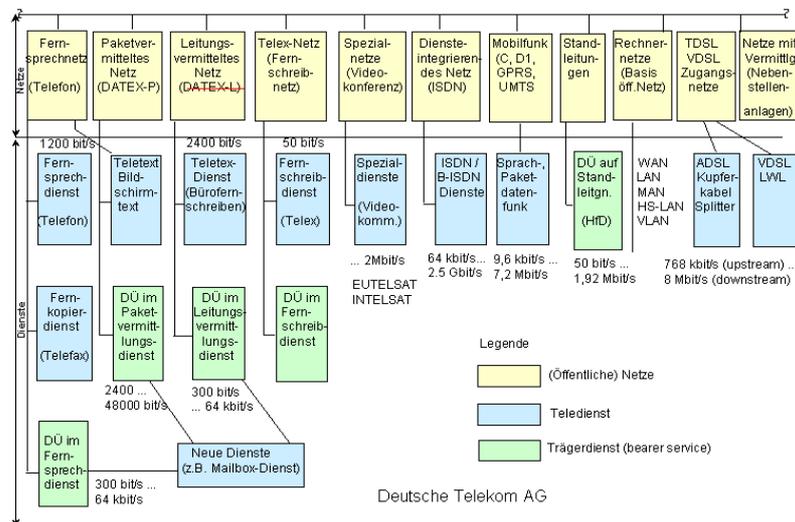


Abbildung 1.3: Öffentliche Datennetze und Dienste (Beispiel Telekom)

Ausgewählte Telematikdienste

Elektronische Post (Mailbox)

Der Mailbox-Service ist eine *asynchrone Kommunikation* zwischen Mensch und Computer über dialogfähige Terminals. Basis bildet die Briefkastenmethode: eine Nachricht wird in die Mailbox des Adressaten gelegt und bleibt dort solange, bis er sie abrufen. Anschließend kann er die Mail weiterverarbeiten.

Ausgangspunkt ist das ARPAnet mit SMTP und Postformat RFC 822 (POP: Post Office Protocol). Ein Maildienst ist nicht nur eine Sonderform des Dateitransfers, sondern auch eine Form der Mensch-Maschine-Kommunikation. Über Email lassen sich strukturierte Texte, sowie Audio- und Videodateien versenden. Die Nachrichten enthalten Versanddaten, wie Adressen, Namenslisten (u.a. Kopien), Bezug zum Inhalt (Subject).

Viele private und staatliche Telefongesellschaften haben den Service elektronische Post in ihr Dienstangebot aufgenommen. Zur Vermeidung eines Chaos wurde 1984 von der CCITT die Protokollserie X.400 als Empfehlung für sog. Message Handling Systems (MHS) definiert. ISO übernahm dies unter der Bezeichnung MOTIS (Message-Oriented Text Interchange System). 1988 beide Standards miteinander abgeglichen. Ergebnis: MOTIS/X.400-Standard.

Dem gegenüber stehen die E-Mail Systeme in TCP/IP-Netzen (elm, pine, Mailbox-Dienste in www-Browsern: Mosaic, Netscape Messenger, Mozilla Thunderbird, Microsoft Outlook).

Aufbau eines Mailbox-Systems: Protokolle POP3 und IMAP

Ein Mailboxsystem besteht aus folgenden Komponenten:

- Speicher (Folder) für
 - Empfangene Nachrichten (Inbox)
 - Gesendete Nachrichten (Sentbox)
 - Zu sendende Nachrichten (Draftbox)
 - Gelöschte Nachrichten (Trashbox)
 - Zu archivierende Nachrichten (Storagebox), für Spam und Werbung (Junk)

- Nachrichtenverwalter für
 - Verwaltung der Nachrichten (Senden, Empfangen, Löschen, ...)
 - Verwaltung der Nachrichtenspeicher
 - Koordinierung der Wechselwirkungen mit anderen Teilnehmern

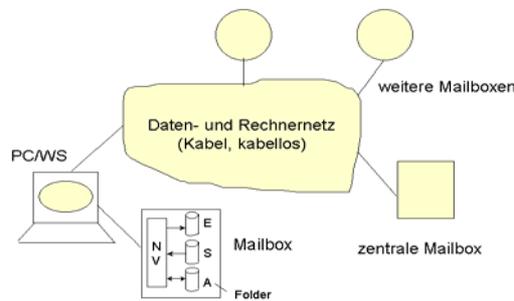


Abbildung 1.4: Aufbau eines Mailboxsystems

Interaktive Telefonkonferenzsysteme (Audio/Video-Konferenz)

Es sind Beispiele für die *synchrone Kommunikation*. Es können Text, Audio, Bilder und Videosequenzen übertragen werden. Multicasting (Gruppenadressierung, Tunneling).

Auswahl:

- Internet: Mbone (Multicast-Backbone) und Mbone-Tools (vic, vat, wb, ...)
- Microsoft Netmeeting auf Basis von H.361
- ISDN-basierte Systeme auf Basis von H.320 (Picture Tel, ProShare, Hicom)
- Visitphone: Entwicklung der UNI Leipzig /RNVS auf der Basis von ATM und IP mit M-JPEG 25Bilder/s in PAL-Qualität. Ergänzung 3D-Darstellung (Vid3D)..
- DFNVC: ein AVC-Dienst des DFN im G-WiN

Spezieller Telekonferenzdienst: Chatdienst - Austausch von Textinformationen mehrerer Nutzer im Dialog.

1.2.2 Advanced Teleservices

Basis: MM-Arbeitsstationen (PC / WS), portable Computer, Infrastruktur- / Ad-hoc-Netze
Hochleistungsdatennetze, Internet, Mobilfunknetze, W-LAN, WPAN, Satelliten

Kommunikation

Der Kommunikationsbereich in der **Individualkommunikation** unterstützt:

- Dienstleistung und -vermittlung
- Vermittlung von Netzen
- Kooperative Systeme: Client/Server (Web), Peer-to-Peer (Gnutella), Web Services
- WWW, Web-Online-Dienste, Email.

Im Unterhaltungsbereich unterstützt die **Verteilkommunikation**

- Interaktives Fernsehen
 - Erweiterung der Einwegkommunikation, Nutzung Set-top-Boxen
 - Multimediale digitale Fernsehgeräte mit interaktiver Bedienung und Rückkanal zum Sender (z.B. VoD)
 - Internetzugang (Web, VoIP) über TV-Kabel
- Digitales Fernsehen (DVB-T / C / S)
- Hochauflösendes TV (HDTV: Full HD 1920 * 1080 Pixel, 100 Hz, Blu-Ray-Technik)
- Interaktives, rechnergestütztes Lernen.

Integration von Individual- und Verteilkommunikation.

Kooperative (verteilte) Systeme

Grundlage bilden alle Formen der computer- und telekommunikationsgestützten Gruppenarbeit (CSCW: Computer Supported Cooperative Work). Realzeit, Ressourcenverbund.

Anwendungen (Daten, Bild, Sprache): Client/Server- bzw. Peer-to-Peer-Kooperationen

- Teleworking (Simultaneous Engineering, Electronic Publishing)
- Telepräsenz (Fernwirkung und -steuerung)
- Bürokommunikation, Tele-Universität (Distance Learning)
- Telemedizin, Tele-Rehabilitation
- Musiktäuschbörsen, Ad-hoc-Netz-Telekonferenzen

Electronic Commerce

E-Commerce und E-Business decken die Bereiche Teleshopping, Homebanking, E-Cash und Electronic Shopping (z.B. im Internet, Ebay) ab. M-Commerce ist dazu das mobile Pendant (mobiler Internetzugang, z.B. WAP, i-mode bzw. mobile IP).

Multimedia-Anwendungen (Auswahl)

- Audio- und Videokonferenz (Gruppenkommunikation, synchrone Kommunikation)
- Kollaborationssysteme, Multimedia-Mail
- Einsatz von VRML (3D-Räume, virtuelle Realität)
- Informationssysteme (z.B. im Web, News, Chat)
- Telefonie im Internet (VoIP: Voice-over-IP)

Mobile Computing

Komponenten: Mobilrechner und Mobilkommunikation. Mobile Computing unterstützt allgegenwärtige (ubiquitous) Erreichbarkeit mit portablen Rechnern und drahtloser Kommunikation. So können Raum und Zeit überwunden werden. Zurzeit vorrangig Sprachübertragung. Der Trend geht verstärkt zur Übertragung von Text- und Videodaten, drahtloser Internet-Zugang, TV per Handy, Navigation. M-Commerce: WAP, i-mode, mobile IP; PIM, Push Email.. Nomadic Computing integriert die Nutzer- und Geräte-Mobilität in verteilte Anwendungen. Portable Computer: Laptops, Organizer, PDAs, Handhelds.

Audio/Video-Konferenzsysteme

Übertragung von Texten, Sprache, Musik, Geräusche, Bilder und Videosequenzen. Die synchrone Kommunikation kann zwischen zwei oder mehreren Partnern stattfinden. Anforderung an Hochgeschwindigkeitsübertragung (mindestens 20Mbit/s) für TV-Qualität. Einsatz von Datenkompressionsverfahren: JPEG, M-JPEG, MPEG und H.261. Bandbreitenreservierung.

Nutzungsszenarien

- Konferenzschaltung zwischen mehreren Teilnehmern. Adresse: <nutzer>@<domain>
- Konferenzteilnehmer können sich sehen und hören
- Shared-Applications, z.B. Whiteboard
- Ergänzung durch asynchrone Kommunikation: E-Mail, MM-Mail.

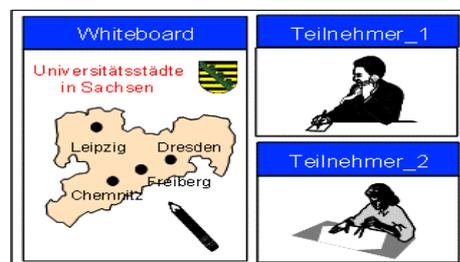


Abbildung 1.5: Audio/Video-Konferenz und Whiteboard

Teleworking

Mobilität (Gerät, Dienst, Nutzer) -> Portable Geräte, Ortsunabhängigkeit (Telecommuting, Fernpendeln).

- Mobilität in Telekommunikation und Computing (ubiquitous Computing).
 - Allseitige und ständige Erreichbarkeit an einem beliebigen Ort, zu beliebiger Zeit, in beliebiger Form und mit jedem Service (any place, any time, etc.).
 - Umfassende Informationsversorgung durch weltweite Vernetzung: Fest- und Mobilnetze (Kabel, Funk, Satellit), u.a. Internet, Zellularfunk, Satelliten --> Information Highway.
- Realisierung als mobile verteilte Systeme (nomadic computing)
 - Komponenten: Mobilfunknetze, Internet (mobile IP), portable Computer, Middleware.

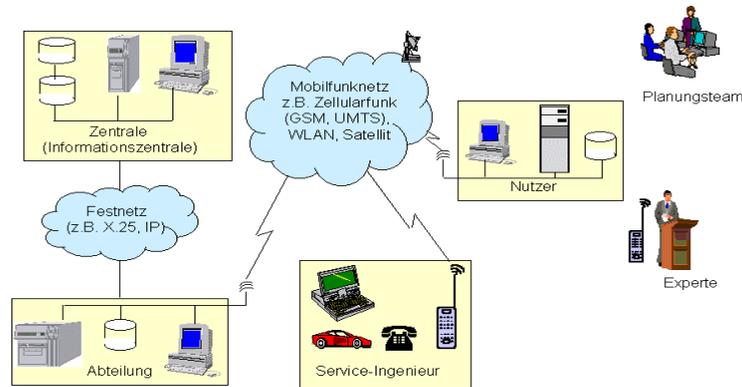


Abbildung 1.6: Teleworking (mobiler Service-Ingenieur)

Mobilkommunikation

Universelle Erreichbarkeit („überall und jederzeit“): ubiquitous computing. Realisierungen:

- Terrestrische digitale Mobilfunknetze in dicht besiedelten Gebieten, z. B.
 - D1/D2 – Funknetze, Standard ETSI/GSM, 900MHz
 - E1/E2 – Funknetze, Standard ETSI/DCS-1800, 1800MHz
 - GPRS, EDGE, UMTS/IMT-2000, PDC, IS-95/CDMA u.a.
 - Bündelfunknetze, Pagersysteme
- Satellitenkommunikation in dünner besiedelten Gebieten,
- WLAN (IEEE 802.11, HIPERLAN), Wimax,
- Nahbereich (Infrarot, Bluetooth, RFID, Zigbee, UWB, W-USB,
- Neuere Entwicklungen, u.a. RFID, NFC, Zigbee, Wimax, UWB.

Geringe Übertragungsleistung -> Einschränkungen für Multimedia. Neue Formen der Dienstleistungen für Mehrwert-Kommunikationsnetze, z.B. Erreichen eines mobilen Teilnehmers und Positionierung (Telemedizin), Sprach-, Daten- und Bildübertragung und mobiler Zugang zum Internet (mobile IP, WAP, i-Mode). Anwendungen im Bereich des ubiquitous Computing: Embedded Computing, Wearable Computing, Sensornetze.

2 Entwicklung der modernen Kommunikationsinfrastruktur

2.1 Innovation Telekommunikation

Internationale Initiativen

National Information Infrastructure (NII): Agenda for Action (1994), sog. Clinton/Gore-Initiative für einen Information Superhighway. Zielstellungen: Überwindung der Nachteile aus räumlicher Distanz und anderer Zugangsbarrieren.

1. **Landesweiter Verbund**: Hochleistungsnetze, mit eingebundenen Computern, multi-medialen Datenbanken, entsprechende Computer und Kommunikations-Endgeräte.
2. **Telearbeit**: Fernpendeln (*telecommuting*) zwischen Wohnort und Arbeitsplatz über den "electronic highway".
3. **Verbesserungen im amerikanischen Sozialwesen**, insbesondere
 - Bildungswesen (Distance Learning/Education): beste Lehrer sollen allen Lernwilligen zur Verfügung stehen, unabh. von Lokalisierung und individuellen Einschränkungen.
 - Gesundheits- und Sozialsystem: effizienter Zugriff auf die Dienste für jeden Bürger.

Initiativen in Europa:

Aktionsprogramm der EU (1994) zur Schaffung und Nutzung neuer Infrastrukturen:

- Aufgaben der Privatwirtschaft: Schaffung der technologischer Grundlagen;
- Aufgaben der Regierungen: Schaffung neuer Rahmenbedingungen, z.B. Aufbrechen der staatlichen Monopole für Telekommunikation (Deregulierung).

Vorgabe Ende 1997: Wegfall Monopol für Sprachkommunikation (Telefondienst) in EU

- 01.01.95: Privatisierung Deutsche Bundespost Telekom zur Deutschen Telekom AG.
- 01.01.98: Freigabe für neue Telekommunikationsanbieter,

Besonderheit: Wegbrechen der 2 Säulen der klassischen Telekommunikation:

- Technologisch stabile, langfristige Entwicklung des Telefondienstes.
- Monopolstellung behördenmäßig organisierter staatlicher Telefongesellschaften.

Kommunikations-Infrastruktur (Netze und Medien)

Kabelgebundene Netze (wired networks)

Telefonietyrische Netze

- Analoges Fernsprechnet (Telefon, Faximile): Kupferkabel, Sprache 4 kbit/s; POTS -> PSTN (Public Switched Telecommunications Network)
- Dienstintegrierendes Digitalnetz (ISDN): 64 kbit/s (PCM)

Datenübertragungsnetze

- Paketvermittlungsnetze (PVN / PBX: X.25, Frame Relay; Internet: IPv4 / IPv6)
- Lokale Netze (LAN), Campus-/Backbone-Netze (MAN), u.a. Gigabit-Ethernet, VPN Kupferkabel, Koaxialkabel, LWL: 10 /100 Mbit/s ... n Gbit/s
- Hochgeschwindigkeitsnetze: XTP, B-ISDN: ATM/TDM, SDH/WDM (-> Megabitnetze).
- Photonische Backbone-Netze (Highways): DWDM, dark fiber (-> Gigabitnetze); Internet-2 LWL; 10 Gbit/s ... n Tbit/s
- Zugangsnetze (ADSL, VDSL, PON, Local Loop). Kupferkabel: 8 Mbit/s, LWL 100 Mbit/s
- Intelligente Netzfunktionen (Anwendungs-/Nutzungsgerechte Dienste, on-demand)

Kabellose Netze (wireless networks): mobile computing: ubiquitous & nomadic & embedded Terrestrische Mobiltelefonie (incl. Datenpaketfunk)

- Zellularfunknetze (mobile, persönliche Kommunikation): GSM, GPRS, EDGE, UMTS, HSDPA: 9,6 kbit/s ... 7,2 Mbit/s; mobile IP, DECT
- Bündelfunk (Truncated Radio), Pagersysteme

Mobile Datenübertragung (lokaler Bereich)

- Lokale Funknetze (WLAN): IEEE 802.11, HIPERLAN, Wimax; 2 ...100 Mbit/s

- Nahbereichskommunikation (WPAN): IR, Bluetooth, Sensornetze, UWB; RFID, W-USB ...
- Verteil- und Satellitenkommunikation
- Verteilkommunikationsmedien: Rundfunk, Fernsehen; Kabelnetze für
 - Interaktives Fernsehen und Multimedia-Dienste (set-top-box), Internet-Anschluss und Internet-Telefonie
 - Videokommunikation (multimedial, interaktiv), Live-Streaming, HDTV
- Satellitenkommunikation: Positionierung, Navigation, Wetter udgl.

2.2 Entwicklung der technischen Kommunikation

2.2.1 Telegraf und Telefon (Ursprung)

Telegraf und Telefon

Ursprünge der technischen Kommunikation liegen in den Erfindungen

- Elektromagnetischer Telegraf (Gauß und Weber 1833). Einführung des Morsetelegrafen in Praxis (ca. 1840). Kontinente überspannende Weitverkehrskommunikation; insbes. staatliche und militärische Nutzung.
- Telefon: Philipp Reis (1861), Alexander Graham Bell (Patent 1876, praktisch durchgesetzt), Elisha Gray (1876). Damit auch Telekommunikation für private Nutzer.

Somit wurde es möglich, Zeichen und akustische Sprachsignale mittels elektrischer Impulse bzw. zu den Sprachsignalen analoger Ströme zu übertragen. Das daraus entstandene Telefonsystem (PSTN) wurde mit dem Ziel der Übertragung der menschlichen Sprache entwickelt und installiert, weniger für die Datenübertragung.

Erfindung der Vermittlung

Damit Verbindungen zw. beliebigen Benutzern (Teilnehmern) herstellbar. Erste Fernsprechvermittlung (1877) per Hand („Handverbindung“, Handvermittlung): Übertragungsleitungen an den Vermittlungsknoten über Kontakte zu einer durchgehenden Verbindung geschaltet..

Erfindung des Wählers (Strowger, N.Y., 1892): Elektromechanische Schalteinrichtung, wurde durch Wählimpulse des Teilnehmers selbsttätig eingestellt. Damit ohne Bedienpersonal wahlweise Verbindung herstellbar („Wählverbindung“, Wählvermittlung).

Erfindung der elektronischen Verstärkerröhre (R. von Lieben, 1906) und Selbstwähltechnik lösten schrittweise die Handvermittlung ab.

2.2.2 Analoge Fernsprechnetze

Entwicklung

Basis: Telefon, Wähler, Vermittlung (POTS: Plain Old Telephone Systems):

Zunächst Entwicklung der „Ortsamtstechnik“. 1908 (Hildesheim): Erste automatische Vermittlungsstelle in Europa für 900 Teilnehmer (Fernverbindungen noch handvermittelt).

1923 (Weilheim/Oberbayern): weltweit erste vollautomatische Netzgruppe (ortsübergreifende Verbindungen wurden mittels Netzkennzahlen ermöglicht).

~> Aufbau PSTN: Public Switched Telecommunications Network.

Letztes handvermitteltes Ortsnetz 1966 in Uetze bei Hannover eingestellt. 1994 Potsdam letzte Handvermittlung automatisiert.

Leistung und Technik

Netz-Ausdehnung (Entfernung und Kapazität) ermöglicht durch

- Verstärkertechnik auf Grundlage des gegengekoppelten Verstärkers und
- Frequenzmultiplex-Übertragung mittels Trägerfrequenztechnik (Frequenzband auf n Nutzer aufgeteilt, damit viele Fernsprechverbindungen über *eine* breitbandige Leitung).

Analoge Übertragungstechnik mit beeindruckender Leistung: Übertragungssystem V 10 800 realisierte bei ca. 60 MHz Bandbreite 10 800 Telefonkanäle zu je 3,1 kHz Bandbreite.

Vermittlungstechnik: neben *direktgesteuerte elektromechanische Wählertypen* (Drehwähler, Hebdrehwähler, Edelmetall-Motor-Drehwähler, Fallwähler) treten nun *indirekt gesteuerte Koppelvielfache* aus matrixförmig angeordneten Kontakten. ~> Ausbau zu Koppelnetzen in mehrstufig vernetzter Anordnung.

Auf dieser Technik erfolgte der Selbstwählferndienst (SWFD) und die automatische weltweite Fernsprechkommunikation. Seit ca. 1970 ist in Deutschland die nationale Fernwahl vollständig automatisiert, nachfolgend dann auch die internationale Fernwahl. Das weltweite analoge Fernsprechnetzt umfaßte bereits 1998 > 900 Mio. Anschlüsse. „Größte Maschine der Welt“: 2001: 1,3 Mrd., 2006: 1.8 Mrd. Konstante Wachstumsrate von 6 ... 7 % pro Jahr.

Telefonie

Telefon: Repräsentant der Fernsprechnetzt-Infrastruktur (Individualkommunikation). Hohe Akzeptanz, in Verbindung mit Mobilversion der ständige Begleiter des Menschen.

Technische Realisierungen: Analoges Telefonnetz, Digitalisiertes Netz und Vermittlung (ISDN), Telefonie über Internet (VoIP: Voice over IP), Satellitentelefonie, Terrestrische Mobiltelefonie (GSM ... UMTS), Schnurlose Telefonie im Nahbereich (DECT).

Charakteristika der klassischen Telekommunikation

Langfristige Stabilität der technischen Prinzipien zur Spracherfassung, -übertragung, -vermittlung und -wiedergabe: keine technologischen Sprünge. Wirtschaftliche Organisation: Weltweit als Monopoldienst angeboten. Individualkommunikation durch Telefondienst gezeichnet. Politische Aspekte: Viele Länder im Telefonbereich noch weit unterversorgt.

2.2.3 Weitere Entwicklung der Telekommunikation

Verteilkommunikation (VK)

Funktechnik bildet die große Innovation in der 1. Hälfte des 20. Jahrhunderts. Entwicklung zum weltweiten Massenmarkt durch Einführung der VK-Medien Rundfunk und Fernsehen.

Verteilkommunikation (Streaming, Broadcast): Ein Sender erreicht viele Empfänger. Rückkanal Teilnehmer -> Sender ist in der klassischen Rundfunktechnik nicht bekannt.

Schnelle Verbreitung, aber auch bedenkliche Auswirkungen (Unterhaltung, Werbung).

Anwendung: Ausstrahlung Hörfunk, Fernsehen, Rund-Funktechnik (Paging).

3. Jahrtausend: Digitalisierung der Übertragung (Satellit, terrestrisch).

Technische Entwicklungen der Telekommunikation (Individualkommunikation)

Grundlage bilden mehrere HW-orientierte Basis-Innovationen:

- Mikroelektronik (Mikroprozessoren, Halbleiterspeicher),
- Optoelektronik (einschließlich Glasfaserübertragung),
- Funktechnik (Terrestrischer Mobilfunk und Satellitentechnik).

Bruch der traditionellen Telekommunikation (über 100 Jahre klassische Analogtechnik).

1. Übergang Analogtechnik --> Digitaltechnik

Analogtechnik:

Nachteile trotz hoher Leistung im Fernsprech-/Fax-Bereich:

- Keine Trennung von Nutzsignal und Störeinflüsse bei Verstärkung /Wandlung der Signale.
- Übertragungsqualität sinkt bei größeren Entfernungen (Dämpfung).

Digitaltechnik:

- Erlaubt, eingehende gestörte (z.B. verrauschte) Digitalsignale fehlerfrei zu regenerieren.
- Fehlererkennung bei größeren Störungen durch Hinzufügen von Redundanzbits.
- Behebung der Verfälschungen durch Fehlerkorrekturmaßnahmen, z.B. Mobilfunknetze: Forward Error Correction (FEC). Bei Daten-/Rechnernetzen i.allg. Wiederholungen (CRC: Cyclic Redundancy Code).

- Kostengünstige Qualitätsvorteile und Leistung in Übertragung und Informationsspeicherung (Unterhaltungselektronik, Datenspeicherung) ~> Verdrängung der Analogtechnik.

2. Optoelektronik und Lichtwellenleiter (Glasfaserkabel)

Damit Revolutionierung der Nachrichtenübertragung. Bisher waren dominierend

- Kupferdoppeladern (z.B. häuslicher Telefonanschluss), Kupferkabel sind verlegt, Nutzung Telefon bzw. Stromversorgung
- Koaxialkabel (z.B. Übertragung von Fernsehsignalen).

Glasfasertechnik

Lichtimpulse statt in anderen Übertragungsmedien übliche elektrische Signale; Vorteile:

- Höhere Übertragungskapazität (gemessen in Megabit/s bzw. Gigabit/s),
- Störsicher, leicht verlegbar, Herstellung nicht rohstoffaufwendig.

Zusammen mit den Komponenten zur Verstärkung, Vermittlung und Verteilung bedeutet die LWL-Technik die Zukunft der drahtgebundenen Telekommunikation

- Breitbandnetze (B-ISDN, Gigabitnetze, SDH/WDM) und Dienstgüte-Bereitstellung,
- Neue Lasertechnik und Multiplexingverfahren (DWDM) -> Übertragungskapazität Tbit/s. Überlassene Leitungen (dark fiber).

3. Mobilkommunikation

a) Zunächst Einsatz der Funktechnik für individuelle, kabellose Sprachkommunikation, z.B.

- Terrestrischer Bereich: Zellularfunksysteme (Mobiltelefonie), z.B. C-Netz (analog, 1G). Digitalisierung -> MFN 2G (ISDN-Verlängerung). In Deutschland Lizenzen für 4 Netze
 - D1 (Telekom AG, 1991), D2 (Vodafone): Standard GSM (900 MHz), 9.6 kbit/s.
 - E1 (E-Plus, o.tel.o), E2 (RWE/Veba, O2): Standard DCS 1800 (1800 MHz), 9.6 kbit/s.
- Heimbereich: schnurlose Telefonie, z.B. DECT (Europa), PHS (Japan), PCT1900 (USA).
- MFN 1/2G eingeschränkt für Datenübertragung (Datenpaketfunk, Paketvermittlung)
 - Modacom (9.6 kbit/s, X.25), ab 2000: GPRS (-> MFN 2.5G: 60 ... max. 171,2 kbit/s).
 - EDGE (-> "3G", Enhanced Data Rates for GSM Evolution; EGPRS: max. 345,6 kbit/s), Telekom (DE): 220 kbit/s.

- Weiterhin: Bündelfunknetze (Standard TETRA), Paging (ERMES), Rund-Funknetz.

→ Dienste: Sprachübertragung, SMS, einfache MM- und DÜ-Funktionen.

b) Entwicklung Technik (Übertragung, Geräte) im höheren Frequenzbereich: 1.8 GHz ~> System PCN (Personal Communication Network).

c) Entwicklung von Systemen für multimediale Dienste (Sprach- und Datenkommunikation)

- Mobilfunksysteme der 3. Generation (MFN 3G): IMT-2000, Frequenz 2000 MHz
 - USA (3GPP2): CDMA2000 [, EDGE]
 - Europa (3GPP): UMTS (Universal Mobile Telecommunications System).
- Lizenzvergabe DE: 2000, Nutzung ab 2004. Kopplung / Integration von Mobilfunk, Satellitenfunk, Breitband-ISDN. Nutzung GPRS für Paketfunk. Standard: 384 kbit/s.
- Version 5: HSDPA (High Speed Downlink Packet Access): 1,8 Mbit/s₂₀₀₆ ... 7,2 Mbit/s.

- Breitbandige flächendeckende Mobilfunknetze, z.B.

LTE (Long Term Evolution): Testbetrieb ab 2007, z.B. Dresden. Ergänzung Wimax.

→ Dienste: Sprache, MMS, Internet-Zugang, DÜ, Navigation, TV, Push Email, Live Video.

- Drahtloser Internet-Zugang: mobile IP, WAP (UMTS), i-mode (PDC).
- Weltweit verfügbare, persönliche Telefon- bzw. „Kommunikations“-Nummer ~> UPT: Universal Personal Telecommunication, Kleinstzellenstruktur (à MFN 4G)

d) Lokale drahtlose Kommunikation (Sprache und Datenkommunikation):

- Lokale Netze: WLAN (Wireless LAN), z.B. IEEE 802.11, HIPERLAN, HomeRF. Nahbereichskommunikation: WPAN (Infrarot, Bluetooth).
- Mobile Broadband System: W-ATM (ATM/AAL2 -> IP), Wimax.
- Weitere Entwicklungen der drahtlosen Kommunikation (ab Cebit 2004/2005): lokal, nah

- RFID (Radio Frequency Identification) und NFC (Near Field Communication),
 Zigbee und NanoNet,
 Wimax (IEEE 802.16), UWB (Ultra Wideband), W-USB (Wireless USB).
 e) Ubiquitous Computing: Embedded Computing, Wearable Computing, Sensornetze.

4. Satellitenkommunikation

Wichtigste Innovation in der Funktechnik der letzten 40 Jahre ist die Einführung von Nachrichtensatelliten (Clark: 1965). 2 dominierende Anwendungen:

- Nutzung zur gebündelten Übertragung mehrerer tausend Telefongespräche und Fernsehkanäle, auch über interkontinentale Entfernung. Sie gehören zur Netzinfrastruktur der Telekommunikationsgesellschaften (in Konkurrenz zu den internationalen Seekabeln).
- Verteilung von Fernseh- und Rundfunkprogrammen direkt zum Teilnehmer („Schüssel“).

Für eine dritte Anwendung zukünftig starke Entwicklung prognostiziert: direkte interaktive Individualkommunikation über Satellit (Satellitentelefon, -fax). Aber: LEO-System Iridium im Jahre 2000 abgeschaltet.

Neuer Dienst über Satellit: Internet-Anschluss über Satellit ~> somit TV-Anschluss, Internet, Telefonie (Satelliten-Telefonie bzw. VoIP) über Satellit; ggf. Kostenfrage.

Aufbau von Kommunikationssatellitensystemen:

- GEO-Satelliten (Geostationary Earth Orbit): ca. 36.000 km Höhe, 3 Stück (z.B. System Inmarsat für Schiffskommunikation, TV-Übertragung usw.).
- LEO-Satelliten (Low Earth Orbiting): weltweit verteilte, niedrig fliegende Satelliten (ca. 1000 km Höhe, 70 Stück) im Gegensatz zu geostationären Satelliten.
 System Iridium (Motorola: 77 -> 66 Satelliten; Abschaltung 2000).

Mit LEOS niedrige Sendeleistung der LEO-Satelliten-Handhelds für mobile Teilnehmer für die interaktiven Satellitendienste möglich. Weitere Satellitensysteme u.a. für Positionierung, Planetenforschung, Wetter, Spionage, Militär usw.

2.3 Multimediadienste über Kabelfernsehen

Verteilkommunikation über Breitbandkabelnetze

Kabelfernsehen: Nutzung der vorhandenen Breitbandkabelnetze der Verteilmedien (Rundfunk, Fernsehen) für videogestützte multimediale Anwendungen: sog. „Kabel-TV“. Basis: i.allg. Koaxialkabeltechnik [~> Glasfaser].

set top box: Anschluss aller Haushalte, die mit Kabel-TV-Anschluss und TV-Gerät ausgestattet sind. Zusatz: set top box (rechnergestützte Anschlusseinheit mit spezieller Fernbedienung).

Rückkanal zum Service Provider: Erweiterung der bisherigen Verteilsysteme: Rückkanal zum Informationsanbieter. Interaktive Auswahl (Abruf) neuer Dienstleistungen durch Nutzer:

- Fernsehsendungen bei Bedarf (video-on-demand),
- Videospiele, auch mit entfernten Teilnehmern (game-on-demand),
- Interaktive Dienstleistungen (service-on-demand), u.a. Teleshopping, Home-Banking.

PC-Nutzer von Multimediadiensten:

Zukünftig sind Nutzer im verstärkten Maße mit einer persönlichen, Multimedia-orientierten PC-Ausrüstung ausgestattet. Damit Anforderung nach verbesserten Dienstleistungen von den Kabelnetz-orientierten Informationsanbietern gegenüber reinen set-top-box-Kunden.

Verteilmedien in privaten Haushalten:

Verfügbarer Frequenzbereich der Koaxialkabel-Infrastruktur liegt bei ca. 500 MHz. Durch *Digitalisierung* der Videoübertragung (z.B. digitales Fernsehen, DVB) und hocheffiziente *Bildkompressionstechniken* können den Teilnehmern bis zu 400 individuell wählbare Programme in höchster Qualität angeboten werden. PC-Nutzer mit Multimediadiensten: Multimedia-orientierte, persönliche PC-Ausrüstung in Konkurrenz zur einfachen set-top-box-Nutzung. Neuer Dienst: Internet über Kabel (Satellit) durch Kabelnetzbetreiber (z.B. Kabel Deutschland). Damit auch Telefonie über TV-Kanal (Internet, VoIP).

Interaktive multimediale Dienste (Interaktives Fernsehen)

Struktur eines Systems zur Versorgung von Haushalten mit interaktiven Multimedia-Diensten (vom privaten bis zum semiprofessionellen Bereich):

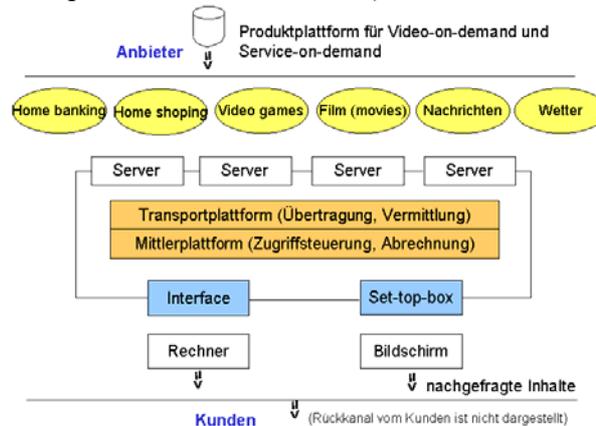


Abbildung 2.1: Interaktive Multimediadienste

Informationslieferanten (Anbieter von Inhalten): Fernsehsender, Touristik, Verlage, Banken. Angebot auf zentralen Rechnern (Servern) bereitgestellt ~> Client/Server-Modell. Im Internet: Musiktaschbörsen (z.B. Gnutella, Napster) oder File-Sharing (wie KaZaA) ~> P2P.

Kunde (Teilnehmer): Einwahl über TV/set-top-box oder Multimedia-PC in die sog. Mittlerplattform. Mittlerplattform regelt benutzerbezogene Fragen, u.a. Zugangsberechtigung, Gebührenerfassung und -berechnung. Darunterliegende Transportplattform übernimmt Telekommunikationsaufgaben, wie Übertragung der Benutzerwünsche zu den Servern, Auslieferung der Multimedia-Daten an Kunden über das Kabelnetz.

Digitales Fernsehen

Ab 3. Jahrtausend digitale Übertragung von TV ~> verbesserte Übertragungseigenschaften (Qualität, Bildpunkte, Parallelität, Einstellbarkeit, ...). Vorteile für TV-Provider (Gebühren).

Standard DVB (Digital Video Broadcast): DVB-T, -C, -S.

Hochauflösendes Fernsehen (HDTV: High Definition TeleVision):

Neue Flachbildschirme (LCD, Plasma, Bildschirmgröße 32“, 37“, ... 46“), Blu-Ray-CD.

Sendungen ab 2010 angekündigt (z.B. arte).

Parameter für TV-Wiedergabe:

Auflösung: Full-HD: 1920 * 1080 Pixel

HD-Ready: 1368 * 768 Pixel

100 Hz-Technik (Unterstützung schneller Bildwiedergabe)

HDMI-Anschluss (direkte Übertragung Video-/Audiosignale, ohne Analogwandlung)

2.4 Hochleistungskommunikation

2.4.1 Ausgangspunkt ISDN

Telefoniedienst und Digitalisierung:

- Telefondienst dynamisches Segment, insbesondere im internationalen Fernspreverkehr.
- Konzeption Ende 70er Jahre: Bedarfsdeckung unterschiedlicher Netzdienste nicht durch viele dienstespezifische Netze (wie Telefon, Telefax, Datennetze, ...), sondern durch ein universelles diensteintegrierendes Netz. Schlüssel dazu: Digitalisierung der Übertragungs- und Vermittlungstechnik und Rechnersteuerung (Zentralzeichenkanal).

Internationale Entwicklung zum ISDN

- Internationale Standardisierung durch CCITT/ ITU - TS (1985),
- Produktentwicklungen und Versuchsbetrieb (1986), Regelbetrieb (ab 1988).

Merkmale des S-ISDN (Schmalband- bzw. Narrowband-ISDN)

- Digitale Übertragung und Vermittlung für B-Kanäle á 64 kbit/s (Basiskanal),
- Rechnersteuerung, Zentralkanal-signalisierung im Kernnetz,
- Digitaler Teilnehmeranschluss mit 2 B-Kanälen (Basisanschluss S_0) oder Vielfachen von 30 B-Kanälen (Primärratenanschluss, Primärmultiplexanschluss S_{2M}),
- Signalisierung im Anschlussbereich über einen separaten D-Kanal mit 16 kbit/s.

Einschätzung: ISDN vorrangig für Telefonie ausgelegt (PCM), Nutzung als Zugangsnetz für Internet nur begrenzt. Nicht geeignet für qualitätsgerechte Übertragung hochauflösender (Farb)-Video-sequenzen und schnelle Datenübertragung zwischen Arbeitsplatzrechnern.

Trend

Bildgestützte Kommunikation (breitbandig, wired/wireless) \leadsto dazu sind für die einzelnen Teilnehmer viel höhere Übertragungsleistungen bereitzustellen als mit ISDN (breitbandiges Zugangsnetzwerk). Erweiterung mittels xDSL-Netzwerke, wie ADSL, SDSL (Nutzung der höheren Frequenzen in den Kupferkabeln). MFN GMS, UMTS sind als drahtlose Verlängerung des ISDN konzipiert.

Die Akzeptanz des ISDN war aus unterschiedlichen Gründen zunächst sehr gering. Ebenso zögerliche Standardisierung: USA, Europa (Euro-ISDN, CAPI-Schnittstelle).

2.4.2 Entwicklung zum Breitband-ISDN

Breitbandkommunikation

Eine Übertragungs- und Vermittlungstechnik, die eine geforderte (Übertragungs-) Bandbreite zur Verfügung stellt, ist ATM (in den 90er Jahren als mögliches technisches Rückgrat kommender weltweiter Hochgeschwindigkeitsnetze prognostiziert). *Anmerkungen:*

- ATM seit Mitte der 90er Jahre in starker Konkurrenz zu anderen Hochgeschwindigkeits-technologien auf Basis Lichtwellenleiter, u.a.
 - SDH / WDM, Hochgeschwindigkeitsprotokolle, Multiplexing-Verfahren, DWDM.
 - Internet 2, IPv6 (Next Generation Internet), Gigabitnetze, dark fiber.
- Dominanz der IP-Dienste (ATM-Dienste nur ca. 2 - 3 %),
- Fast-/Gigabit-Ethernet im LAN-Bereich (100GET).

Fortschritte in der Quellcodiertechnik für Sprach-, Festbild- und Bewegtbildkommunikation (Prädiktion, Entropie-Codierung, Bewegtbildkompensation, Vektorquantisierung) ermöglichen Reduzierung der natürlichen Quellbitrate: Sprache: 64 kbit/s \rightarrow 8 und weniger kbit/s, Video: 140 Mbit/s \rightarrow 1 - 2 Mbit/s.

Anfang der 90er Jahre Festlegung auf **B-ISDN/ATM**; seit Mitte der 90er nicht mehr unumstritten. Zwar Unterstützung von *Echtzeitübertragung* und *QoS* (Quality-of-Services), aber fehlende Anwendungen mit ATM-Diensten (97% IP-Dienste), eindeutige Tendenz zu **IP**.

Zwei Techniken haben die Entwicklung zum B-ISDN nachhaltig beeinflusst:

1. Optische Nachrichtentechnik

Die bis Anfang der 90er Jahre vorherrschende Plesiochrone Digitale Hierarchie (**PDH**) mit Bitraten bis 140 Mbit/s nicht mehr tragfähig für die darüber hinausgehende optische Übertragungstechnik. Entwicklung der SONET-Hierarchie (Bellcore/USA) leitete die internationale Standardisierung der Synchronen Digitalen Hierarchie (**SDH**) ein mit den Hierarchiestufen: STM 1 (155 Mbit/s), STM 2 (620 Mbit/s), STM 3 (2,5 Gbit/s), STM 4 (10 Gbit/s).

SDH ermöglicht durch erweiterte Steuerinformationen ein flexibles Multiplexen/Demultiplexen niederratiger Datenströme sowie der Kanäle für das Netz-Management.

Einsatz faseroptischer Verstärker und optischer Schalter (Transponder) schafft auch die Grundlage für eine im optischen Bereich durchführbare Vermittlung: zunächst mit Durchschaltvermittlung (bis 1995), durch WDM-Technologie (Wavelength Division Multiplexing) auch mit Paketvermittlung (ab 1996/97), ATM (Cell Relay), aber insbes. SDH/WDM.

Damit Voraussetzungen für ein photonisches Breitbandnetz geschaffen. Basis: neue LWL (Glasfaserkabel) und Lasertechnik. Übertragung über Lichtsignale ("Lichtfarben").

2. *Schnelle Paketvermittlung*

Die 2. Entwicklung erfolgte im Bereich der Paketvermittlung, und zwar im Cell Relay. Zugehöriges Übermittlungsverfahren: **ATM** (Asynchroner Transfer Modus). Es ist eine rein hardwaremäßige Realisierung mit Paketvermittlungsprinzip auf Basis des virtuellen Verbindungskonzepts und leichtgewichtiger Protokolle (lightweight protocols).

Damit schnelle und flexible Übermittlung möglich. Mit Entwicklung SDH/WDM auch IP-Netze als schnelle Paketvermittlungsnetze. Heutige Internet- und Forschungsnetz-Backbones (Abilene/NGnet, TEN-155, GÉANT-2) und G-/X-WiN nutzen den IP-Dienst (ATM ggf. zusätzlicher Dienst) ~> Tendenz eindeutig zu IP-Netzen.

2.4.3 *Entwicklung von Gigabit-Netzen*

Optische Netze

Einsatz von Glasfasertechnik (LWL) und SDH/WDM-Verfahren (Synchronous Digital Hierarchy / Wavelength Division Multiplexing) statt bisher ATM / TDM (Time Division Multiplexing). Einsatz im G-WiN (ab 2000) und GÉANT ~> 2004 Ausbaustufe 4 (10,5 Gbit/s).

Beim DWDM-Verfahren werden mehrere Trägerwellenlängen parallel genutzt. Unter Verwendung WDM und weiterer optischer Komponenten, wie Add-/Drop-Multiplexer, Verstärker und Switches, können sog. **optische Kommunikationsnetze** (photonische Netze) aufgebaut werden. Noch bessere Ausnutzung des LWL durch sog. dark fiber. Diese sind nicht mehr an die starre SDH/WDM-Struktur gebunden, müssen aber vom Provider erst konfiguriert werden (Einsatz z.B. im GÉANT-2 ab 2005, im X-WiN ab 2006).

Optische Cross-Connects ermöglichen in Kombination von Raum- und Wellenlängen-switching flexible Strukturen mit einer Leistung bis zu mehreren hundert Gbit/s (-> Terabit/s).

Beispiele Abilene / NGnet: 622 Mbit/s bzw. 2.5 Gbit/s, 1999 (USA)

G-WiN: 2.5 Gbit/s (9/98) ... 10.5 Gbit/s (2003/04)

X-WiN: Nachfolger, ab 2006, Nutzung dark fiber

Damit technologische Voraussetzungen für einen *Information Superhighway* (Datenautobahn) gegeben. I.d.R. professionelle Anwendungen (z.B. Telemedizin, Grid-Computing, industrielle Überwachung / Steuerung komplexer Aufgaben, telekooperative Entwurfsprozesse).

2.4.4 *Integrierte Breitbandkommunikation*

Individual- und Verteilkommunikation

Individualkommunikation:

Interaktive Dienste zwischen individuellen Benutzern bzw. Endeinrichtungen, u.a. mit Fernsprechen (Telefonnetz, terrestrische Funknetze, Satellitentelefonie), Rechner- und Datenkommunikation, Internet (WWW, VoIP), Videokonferenz, Multimedia-Applikationen usw. Typischer Einsatz: Internet und WWW, Online-Dienste usw.

Verteilkommunikation (Rundfunk und Fernsehen):

Abwicklung über getrennte Netze (Breitbandkabelnetze, Funk (terrestrisch, Satellit)). Bisher nur geringe Benutzerinteraktionen möglich (Einwegekommunikation). Breitbandige Individualkommunikation bietet die Möglichkeit, die Rundfunk-/TV-Versorgung einzubeziehen, mit wesentlich höheren Grad an individueller Benutzerinteraktion. Dienste hin zum interaktiven Fernsehen (z.B. Video-on-Demand).

Existierende Lösungsvarianten für eine integrierte Infrastruktur:

- Nutzung des auf Koaxial-/Kupfer-Leitungen beruhenden Verteilnetzes auch für Individualkommunikation durch Einführung eines Rückkanals: neben Nutzung für TV/Rdfk. auch Internetzugang (Web, Internet-Telefonie (VoIP)), angeboten von Kabelnetzbetreibern.
- Nutzung der höheren Frequenzen in bestehenden Telefon-Kupferanschlussleitungen für Breitband-Anwendungen:

ADSL: asymmetrische Digitalübertragung i.d.R. bis 8 Mbit/s *downlink* (Provider -> Teilnehmer) und ca. 800 kbit/s *uplink* (Teilnehmer -> Netzprovider),

- SDSL: symmetrische Digitalübertragung: 2 Mbit/s *downlink* und *uplink*.
- Entwicklung und Bereitstellung xDSL für Glasfaserverbindungen (VDSL).
- Satellit (z.B. Astra): Internetanschluss (Web und Telefonie (VoIP)); Kostenfrage.
- Lichtwellenleiter-Anschlussnetze mit unterschiedlicher Durchdringungstiefe bis zum
 - Wohnviertel (Fibre to the Curb, FTTC),
 - Wohn- / Fabrikgebäude (Fibre to the Building, FTTB),
 - Wohnung oder Büro (Fibre to the Home, FTTH).
- Vollständige optische Verkabelung bis Endeinrichtung (PON: Passive Optical Networks).
 → Hochrasige Backbone-Netzwerke, Teilnehmeranschluss über Zugangs-Netzwerke.

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)

Zugangsnetzwerk (Access Network): Asymmetrische Datenübertragung, Breitbandiges Übertragungsverfahren, Nutzung bestehender Telefonleitungen (Kupferdoppeladern).

Leistung: ADSL erlaubt je Entfernung und Leitungsqualität folgende Übertragungsraten:

- downstream (Provider --> Endkunde): max. 8 Mbit/s
- upstream (Endkunde --> Provider): max. 768 kbit/s

TDSL: ADSL-Dienst der Telekom AG (flächendeckender Einsatz ab 2000).

Geschäftskunden: Direktzugang mit abgestuften Transferraten von 2 / 4 / 6 / 8 Mbit/s downstream und max. 768 kbit/s upstream (ab 2006: T-DSL 16000)

<i>Privatkunden:</i>	T-DSL	768 kbit/s downstream	128 kbit/s upstream
(Angebot)	T-DSL 1000	1.024 kbit/s downstream	128 kbit/s upstream
	T-DSL 2000	2.048 kbit/s downstream	128 kbit/s upstream (ab 2005)
	T-DSL 3000	3.072 kbit/s downstream	384 kbit/s upstream
	T-DSL 6000	6.144 kbit/s downstream	512 kbit/s upstream (ab 2006)

Optische Übertragung und Vermittlung

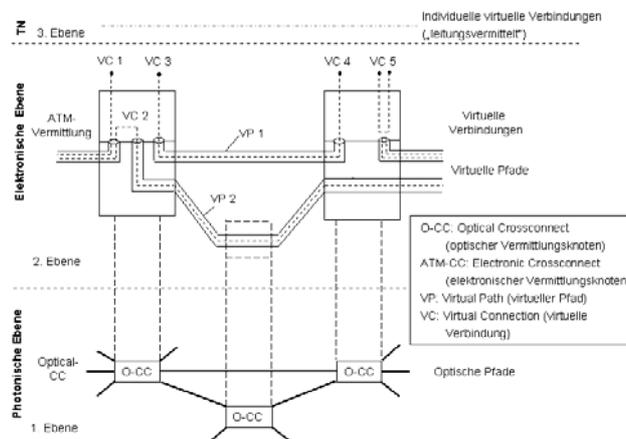


Abbildung 2.2: Mehrebenenstruktur optischer Netze

Die optische Vermittlung hochratiger Datenströme (optische Durchschaltevermittlung) ermöglicht eine flexibel konfigurierbare, zweistufige Infrastruktur von hochratigen Kanälen (echte „Datenautobahnen“ oder Information Superhighways), bestehend aus über optische Vermittlungsknoten (Optical Crossconnect, O-CC) aufgebaute optische Pfade (sog. 1. Ebene) und über elektronische Vermittlungsknoten (Electronic Crossconnect, ATM-CC) aufgebaute virtuelle Pfade (VP: Virtual Path), sog. 2.Ebene.

Beide Pfadnetze werden nicht durch Teilnehmeraktionen gesteuert, sondern vom Netzbetreiber über das *Netz-Management* bedarfsgerecht bereitgestellt.

Die 3. Ebene bilden dann die durch den Teilnehmer gesteuerten, individuell aufgebauten virtuellen Verbindungen zwischen Teilnehmern und Dienst Anbietern (service provider), die über die durch optische und virtuelle Pfade bereitgestellte Infrastruktur geführt werden.

3 Mobile Computing (Ubiquitous Computing)

3.1 Informationsversorgung, Mobilität und Innovationen

Mobile Computing

Oberbegriff für Anwendungen auf der Basis von Mobilkommunikation. Im engeren Sinn: Anwendungen auf portablen Computern, die sowohl offline betrieben als auch online verbunden sein können (i.d.R. drahtlos, wireless). Realisierung verschiedener Formen von Mobilität. Verschiedene Begriffe im Zusammenhang mit Mobile Computing, u.a.

- Ubiquitous Computing, pervasive Computing, Handheld Computing,
- Nomadic Computing, embedded Computing, Sensornetze,
- Wireless Applications (wie OBEX, SyncML, PIM, Push Emails, WAP, ...)

Charakteristik

- Portable Computer + Mobilkommunikation (drahtlose Telekommunikationssysteme),
- Terminal-, Nutzer-, Service- Mobilität.

Komponenten des Mobile Computing

- **Mobile Computer** (portable Endgeräte): Verarbeitungsleistung.
Bewegliche, leichte, tragbare, energiearme Stationen und Handheld Computer, z.B. Laptop, Notebook, PDA, Palmtop, Pocket Computer, Organizer, WAP-/TV-Handy, Wearables, Docking Station, Headsets, Navigationsgerätes, Smartphones ..
Neuartige Bedienoberflächen: Stift, Touchscreen, LCD-Monitor, Sprachein/ausgabe.
Ergonomische Bedienbarkeit. Offline/online-Nutzung.
- **Mobilkommunikation** (wireless communication): Übertragungsfunktion.
Modem-Übertragung mit Anschluss an Festnetz ("Festnetzerweiterung").
Mobilfunksysteme (drahtlose Netze): Mobiltelefonie, Paketfunk, Datenübertragung, u.a.

WLAN, MFN	im terrestrischen Bereich (lokal, entfernt)
Mobile IP	im Bereich des Internet (entfernt)
Satellitenübertragung	im erdfernen Bereich
Nahbereichskommunikation	WPAN (IR, Bluetooth), Zigbee, UWB, RFID, Sensoren

Begriffe aus Computingsicht

Allgegenwärtiger Computer:

Ubiquitous Computing (1991, Mark Weiser): allgegenwärtige Erreichbarkeit: anywhere, anytime, anyplace (z.B. Mobiltelefonie). Bei PC-Nutzung: UbiComp.

Pervasive Computing: "durchdringend", "überall vorhanden".

Embedded Computing („smarte“ Gegenstände), Sensornetze (Sensoren + Funk).

Nomadic Computing: Integration in Mobilität der Anwendung (nomadisierend), mobile distributed Computing.

Personal Computing: Persönliche Nutzung: Laptop, Organizer ... Smartphones.

Tragbare Computer (tragbare Endgeräte):

Handheld Computing bzw. Palm Computing: Geräte passend in Handfläche, Stiftbedienung u./o. Tastatur. Geräte: Organizer, PDA (Personal Digital Assistant).

Wearable Computing: Tragbar am Körper bzw. integriert in Kleidung ~> Wearables.

Augmented Reality: Ergänzung der physischen Realität durch Daten (z.B. "Datenhelm").

Begriffe aus Nutzersicht

Drahtlose Telefonie

- Sprachübertragung (Circuit Switching): GSM, DCS: 9,6 kbit/s; EDGE, UMTS: 32 kbit/s; Hohe Teilnehmerzahlen: weltweit 1,8 Mrd., DE: 82,8 Mio. Anschlüsse (2006, lt. Bitkom).
- SMS (Short Message Service): 2,8 Mrd. p.d., 1 Billion p.a. (2006, lt. GSM Association).

Drahtlose Datenübertragung

- Paketfunk (Packet Switching): GPRS: 40... 60 (115) kbit/s; EDGE, UMTS: 384 kbit/s, LTE;

- HSDPA (High Speed Downlink Packet Access): 1,8 Mbit/s (= 28 * ISDN) ... 7,2 Mbit/s.
- Dienste: MMS, WAP, mobiler Internetzugang, Handy-TV, mobile Navigation, LBS, Email.
- Email über Handy: automatisches Zustellen der Emails
- Push-Dienste, wie Blackberry oder Danger (Sidekick) bzw. Funambol.
 - Email-fähiges Mobiltelefon, Push-Emails auf Handy (ständige Verbindung zum Email-Server über GPRS oder UMTS); Blackberry-Dienst RIM: Remote In Motion, Kanada.

Begriffe aus Netzsicht

Infrastrukturnetze: Mobilrechner ist in Netzwerkstruktur (meist Fetznetz) integriert, u.a. Zugriff auf Server. Mobile Vernetzung (engl.: Mobile Networking). I.d.R. drahtlose Verlängerung des Festnetzes, z.B. GSM, UMTS für ISDN.

Ad-hoc-Netze: Spontane Vernetzung, kurzfristig, ohne aufwendige Konfiguration. Keine feste Kommunikationsinfrastruktur. Typische Anwendung: Peer-to-Peer (P2P).

Andere Begriffe: MANET (Mobile Ad hoc Networks), Mobile-mesh Networking, ...

Embedded Networking: Embedded Systems: Für Steuerungs- und Kontrollaufgaben in Haushalts-, Unterhaltungs- und Konsum-Elektronik bzw. technische Geräte, z.B. Automobile. In Haushaltgeräten: Everyday Computing ("Kühlschrank").

Mobilkommunikation (drahtlos, wireless): elektromagnetische Wellen. I.d.R. Funknetze.

Innovationen der Kommunikations-Infrastruktur

Telefon (Sprach-) / Datenverkehr, Mobiler Anschluss an Internet (Mobile IP; WAP, i-Mode)

Es existieren verschiedene Mobilfunknetze, u.a.

Zellularfunk (Cellular Radio), Standards und Dienste:

öbl A-, B-, C- Netze (analog, 1G)

D1- / D2- Netz; GSM-900-Standard (ETSI, digital, 2G)

E1- / E2- Netz, PCN (UK): Basis: DCS-1800-Standard (ETSI, weltweit, digital, 2G)

GSM: Global System for Mobile Communications (Europe), 900 MHz

DCS: Digital Cellular System (Europe, World), 1800 MHz

Spezielle Dienste: SMS (Short Message Service), Faxabruf, Handy-TV

Neuere Netze: 2.5G: GPRS, 3G: EDGE, UMTS, CDMA2000, HSDPA, 4G: LTE, MBS.

GPRS: General Packet Radio Service EDGE: Enhanced Data Rates for GSM Evolution

UMTS: Universal Mobile Telecommunications System (Europe), 2000 MHz

HSDPA: High Speed Downlink Packet Access LTE: Long Term Evolution

Daten-Paketfunk: Modacom, Mobitex, Ardis (1G); GPRS (2.5G), HSDPA (3G)

Bündelfunk (Trunked Radio)

Satellitenkommunikation (Rundfunk, TV, Telefonie, Internet (Web, VoIP), Navigation)

Schnurlose Telefone (DECT, PHS, PCN1900)

Funk-LAN (IEEE 802.11, ETSI HIPERLAN), HomeRF, W-ATM (Mobile Broadband)

Nahbereich (WPAN): Infrarot (IrDA), Bluetooth, W-USB

Ergänzungen: RFID, Zigbee, NanoNet, Wimax, UWB (Ultra Wideband).

Formen der Mobilität

Terminal-Mobilität (Endgeräte-Mobilität): Bleibt ein Endgerät vernetzt, während es sich bewegt, handelt es sich um Terminal-Mobilität (z.B. Mobiltelefonie). In der Regel wird dies durch drahtlose Netze und portable Geräte realisiert.

Nutzer-Mobilität: Kann ein Nutzer ein beliebiges Endgerät verwenden, um seine Dienste zu nutzen, handelt es sich um Nutzer-Mobilität. Die eindeutige Identifikation des Nutzers kann zum Beispiel über eine Chipkarte gewährleistet werden. Bekannte Netze sind PCN (Personal Communication Networks, UK).

Service-Mobilität (Dienste-Mobilität): Ist der Zugriff eines Dienstes unabhängig vom Ort so handelt es sich um Service-Mobilität. Beispiel: weltweiter Zugriff auf eigene Emails.

Nutzungsformen im Mobile Computing

Offline: Portable Endgeräte als eigenständige Computer oder Organizer, nicht permanent mit Internet oder anderen Geräten verbunden (*disconnected mode*). Verbindung erfolgt zu festgelegten Zeitpunkten. Synchronisation mit PC, z.B. abgekoppeltes Büro, PIM.

Online:

- Ubiquitous computing: Mobilrechner und (drahtlose) Kommunikation sichert allseitige und ständige Verfügbarkeit der Informationen (*connected mode*).

Neue Formen: Internetanschluss über Handy (z.B. WAP, i-mode), PIM (Personal Information Manager), Push Email, mobile Navigation u.a.

- Nomadic Computing (nomadisierende Teilnehmer): Integration der Mobilrechner in ein verteiltes Anwendungssystem (mobile distributed system).

Beispiele: mobiler Service-Ingenieur, mobile Verkaufsberatung oder Börsendienst.

Anwendungen von Mobile Computing

Ubiquitous Computing

Mobilrechner (z.B. PDA), Nutzung E-Mail (Push), DB-Zugriffe

Handy, Organizer: Mobil-Telefonie / -Fax, E-Mail, PIM, SMS, TV, ...

Nomadic Computing / Mobile Distributed Computing

Informationsverbund mit Zentrale

Nutzung zentraler Verarbeitungsprozesse und Daten

Nutzung allgemeiner Informationsdienste, z.B. Online-Dienste

Mobiler Internet-Zugang (Handy, WAP, Portale)

Anwendungsbereiche (Auswahl)

Mobiles Büro, PIM, Börsendienst, Geschäftsreisen, Vertrieb (Außendienst)

Inbetriebnahme, Wartung (Service-Ingenieur)

Mobile Transportsysteme, Warenumschlag, Logistik, Umweltüberwachung (Sensornetze)

Telematik im Auto und Verkehr, embedded computing

Mobile Informationsdienste (Fahrplan, Reservierung, Hotel, Flug, ...)

LBS (Local Based Services, mit Lokalisierung), u.a. elektronischer Reiseführer

Medizinischer Notdienst, Telemedizin, Mobile Datenerfassung / -ausgabe (z.B. Geologie)

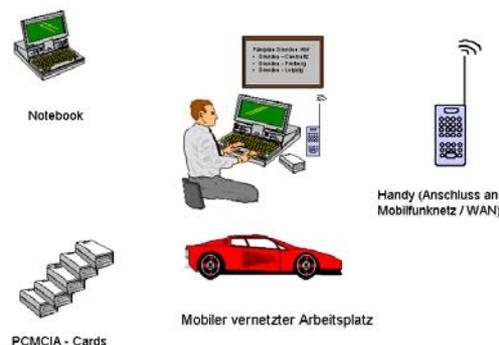


Abbildung 3.1: Einsatzszenarium Mobile Computing (Beispiel)

Einsatzszenarien

- Eigenständiger Computer: offline (disconnected), online (mit Netzverbindung)
- Ubiquitous Computing: Telefonie, Wearable bzw. Embedded Computing, Sensornetze
- Handheld-Computing (Mobilnetz, Satellitenübertragung; nah: IR, Bluetooth),
Minicomputer (PDA, smartphone), Leitungs- und Paketvermittlung, Sprache, Stift.
Nutzung: Tel., SMS, Kamera..., Organizer. PIM mit PC-Synchronisation (z.B. SyncML),
Emails über Handy (Push-Dienste), Handy-TV, Navigation, Internet (WAP, i-mode).
- Mobile Station mit Festnetz-Kooperationen (Nomadic Computing),
Anschluss Internet (DHCP, mobile IP), SLP, Jini, UpnP.

Kommunikations-Infrastruktur (generisches Beispiel)

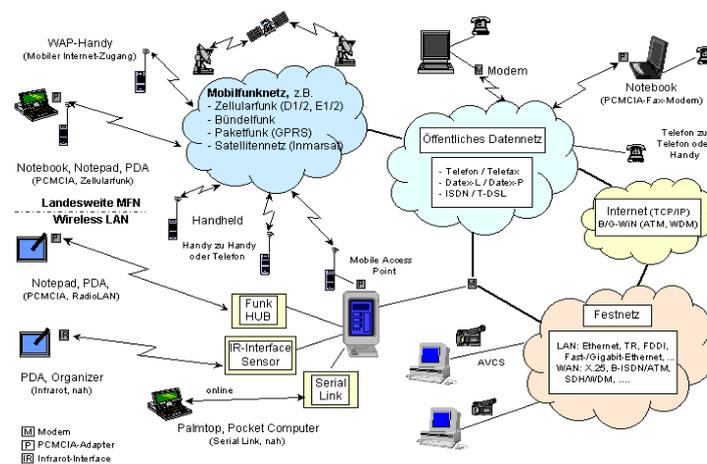


Abbildung 3.2: Generische Kommunikationsinfrastruktur

Entwicklungsrichtungen (ab CeBIT 2006)

Mobile Nutzungsformen und Leistungsmerkmale

- Schneller Internetzugang über Mobiltelefon, Handy-TV (UMTS-Internet o. Digitales TV),
- Download von Musik oder Filmen, Surfen mit DSL-Geschwindigkeit,
- „Turbo-UMTS“: Einsatz HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) für schnelle Datenübertragung: 2006 1,8 Mbit/s (= 28 * ISDN) ~> später 7,2 Mbit/s.

Schneller Netzzugang

- DSL mit Downloadgeschwindigkeit bis 16 Mbit/s (= 250 * ISDN), u.a. durch Arcor, AOL, Hansenet („Alice“), T-Mobile.
- „Triple Play“-Produkte: Verbindung Telefon, Internet, Fernsehen. Programme beim IP-TV (Fernsehen über Internet-Protokoll) nicht mehr über Kabelanschluss oder Antennen übertragen, sondern per Internet; z.B. Hansenet 100 Sender. IP-TV benötigt keinen PC, sondern Set-top-Box verbindet Internet und Fernseher.
- Kabelnetzbetreiber bieten digitales TV, Telefon und Internet in DSL-Geschwindigkeit.
- Großflächige Verbreitung des digitalen Fernsehens über DVB-T.

Handy-TV

- Funkstandards für digitales TV über Handy: DVB-H und DMB,
- Probleme: Angebote, Akkuleistung, Gebühren.

Navigation

- Satellitennavigation (GPS), portable Navigationsgeräte
- in Kompletteräten, Minicomputern PDA (wie Tomtom, Garmin, Falk, ...) oder Handys.

Mega-TV

- Flachbildschirm und hochauflösendes Fernsehen (HDTV),
- Bildformate: 16:9-Breitformat oder HDTV-Standard (Premiere),
- Verbesserte Bildqualität mit DVD-Nachfolger Blu-ray / Sony (statt HD-DVD / Toshiba).

Digital Living (living in virtual world)

- Große HDTV-Geräte, zusammen mit Media-Center, Handys und Digitalkamera,
- Riesige Flachbildschirme, digital und kabellos vernetzt, im gesamten Haus oder Wohnung.

DVD-Nachfolge Blu-ray

Entscheidung zwischen Blu-ray (Sony, blauer Laser) und HD DVD (Toshiba, roter Laser).

Warner Brothers für Blu-ray ~> Toshiba stellt HD DVD ein (16.02.2008).

Blu-ray:	Blau-violetter Laser, Scheibe mit Durchmesser 12 cm
(Sony)	Speicherkapazität 27 GB (Single Layer), 54 GB (Dual Layer)
	Übertragungs-/Speichergeschwindigkeit: 36 Mbit/s
	Relevante Codecs: MPEG-2, H.264, VC-1, MPEG-4

HD DVD (High Density Digital Versatile Disc):

- (Toshiba) Roter Laser, Scheibe mit Durchmesser 12 cm
- Speicherkapazität 15 GB (Single Layer), 30 GB (Dual Layer)

LCD- oder Plasma-Bildschirme

- Toshiba nur noch LCD-Displays, Rückprojektions- und Röhrenfernseher als Auslaufmodelle, Plasmageräte unsicher. 7G LCD-Display: kontrastreiches Bild, höhere Auflösung, längere Lebensdauer, geringerer Stromverbrauch.
- 2005 vorgestellte Nachfolgetechnik SED für Plasma markteif, aber hoher Energiebedarf.
- Weiterentwicklung MP3-Player, Kameras, Fernsehen, Festplattenspeicher. Laptop, PC, Media-Center (z.B. Multimedia-Laptop Qosmio G30 mit Soundsystem, MS Windows XP Media Center Edition, mobiler Fernseher, Videorecorder, HiFi-Anlage).

Elektronische Hörbücher ... Reiseführer (2008) ~> Local Based Services

- Hörbuch: Nutzung über Handy, MP3-Player oder Mini-Computer (Smartphone, PDA).
- Reiseführer: Mit Navigationssystem, lokationsbedingte Informationen (z.B. Museum), optional Hörbeiträge.

Wireless USB (W-USB)

- Funktechnologie im Nahbereich zum drahtlosen Anschluss peripherer Geräte.
- 2 Spezifikationen für die funkbasierte Erweiterung des USB-Standards:
 - CWUSB (Certified Wireless USB) durch USB Implementers Forum.
 - WUSB von Cypress Semiconductors, nicht von USB-Organisation unterstützt.
- W-USB basiert auf UWB- (OFDM-) Technologie (siehe ECMA-368, WiMedia Alliance). Übertragungsraten entfernungsabhängig:
 - 480 Mbit/s (bis 3 m, spezielle Chips für bis 9 m), 110 Mbit/s (bis 10 m).
- Übertragung im Frequenzband zwischen 3,1 und 10,6 GHz, aufgeteilt in 5 Bandgruppen. Ein Band belegt Bandbreite von 528 MHz. Frequenzen weltweit noch nicht freigegeben. Frequenzfreigabe des Bereiches 6 bis 8,5 GHz durch EU für 2010 erwartet.
- Für DE erfolgte Frequenzfreigabe am 16.01.2008, erste Geräte auf Cebit 2008. Geräte als einfaches Device, Host (HUB für 127 Devices) oder Inhouse-Equipment. Stellt MSC-Funktion (Mass Storage Device) für Lese/Schreibzugriff auf Speicher bereit.

3.2 Ubiquitous Computing

3.2.1 Technologien im Ubiquitous Computing

Allgegenwärtiger Computer

Ubiquitous Computing kennzeichnet den allgegenwärtigen Computer, der als unsichtbarer Hintergrundassistent agiert und ständige Erreichbarkeit sichert. Voraussetzungen:

- Miniaturisierter Computer: leistungsstark, Massenmarkt, Mikroelektronik. Gesetz von Gordon Moore: die auf einem Chip integrierten elektronischen Komponenten verdoppeln sich aller 18 Monate (Prozessoren in Leistung und abnehmender Größe).
- Kommunikationstechnik:
 - drahtgebunden:* Internet (TCP/IP), Zugangsnetze (xDSL), optische Netze (SDH/WDM).
 - drahtlos:* Mobilfunknetze (Handys), drahtloser Internet-Zugang via WLAN, Satellit, Bluetooth bis hin zu neuen Technologien wie FemToCell, UWB, Zigbee, RFID.

Das „drahtlose Jahrhundert“ bereits vor 100 Jahren vorhergesagt. A. Brehmer „Die Welt in 100 Jahren“ (1910): „Die Bürger jener Zeit werden überall mit ihrem drahtlosen Empfänger herumgehen, der irgendwo, im Hut oder anderswo angebracht sein wird“.

Technologieentwicklungen (Auswahl)

- Intelligente Netze: drahtloser Zugriff, Datenbankorientierte Dienste aus Festnetz, Integration von Lokalisierungsdiensten (z.B. LBS: Local Based Services).

- Einsatz eingebetteter Prozessoren und miniaturisierter Sensoren in Verbindung mit Datenkommunikation in Alltagsgegenständen.
- Zugang zum Internet und Einbezug der Internet-Dienste ~> „all IP“.
- Neue Materialien (Entwicklungen aus der Materialwissenschaft), u.a.
 - * lichtemittierende Polymere („leuchtendes Plastik“), die Displays aus hochflexiblen, dünnen und biegsamen Plastikfolien ermöglichen;
 - * elektronische Tinte und smart paper (z.B. in kleinsten Kapseln schwimmen elektrisch unterschiedlich geladene schwarze und weiße Pigmente -> aufgetragen auf Folie -> Anlegen einer Spannung -> bringen Pigmente nach oben und erzeugen Punkt in der entsprechenden Farbe).
- RFID (Radio Frequency Identification): Chip mit Antenne, Funkverbindung, ohne Akku (Nutzung magnetische Induktion). Einsatz in Produkten zur Identifikation / Lokalisierung.

Lokalisierung mobiler Objekte

Verschiedene Systeme und Technologien

1. Satellitenbasierte Positionierung (Navigation):

Positioning-Prinzip: Satelliten teilen per Funk dem Beobachter (Navigationsgerät) ihre genaue Position und die Uhrzeit (Atomuhr) mit. Empfänger bestimmt daraus die Position.

Bekannte Systeme bzw. Entwicklungsvorhaben:

- GPS (USA, Global Positioning System), GLONASS (Russland).
- Galileo (EU, ca. 2013), COMPASS (China, ca. 2010), IRNSS (Indien) ~> GNSS (global).

Einsatz von Korrektursystemen, wie DGPS, WAAS, EGNOS, GAGAN, ...

Systeme bisher nur im Freien einsetzbar. Genauigkeit: einige Meter (Problem der Uhren).

Entwicklungsziele: Verbesserung der Genauigkeit, Verkleinerung der Module, Reduzierung des Energiebedarfs, Anwendung in geschlossenen Räumen. Ab 2007 GPS-Chips mit schwächeren Signalen und weniger Energieverbrauch. Einsatz in Mobiltelefonen zur Ortsbestimmung auch dann, wenn keine direkte Sichtverbindung zum Satelliten besteht.

2. Netzwerk-basierte Positionierung:

Nutzung von Adressierungsinformationen in existierenden Netzwerken, wie MFN (GSM, UMTS), WLAN. I.allg. *Tracking-Prinzip:* Lokalisierungsinformation liegt beim Provider, muss ggf. an Endgerät verteilt werden (Sicherheitsproblem). Verschiedene Ansätze:

1. Bestimmung der Funkzelle von Sendern, deren Positionen bekannt sind ~> *ungenau*, auch wenn man die mit der Entfernung abnehmende Signalstärke berücksichtigt.
2. Laufzeitbestimmung der Signale und daraus abgeleitete Entfernungsmessung sowie Ortsbestimmung mittels Triangulation ~> *aufwendiger*, aber *präziser*.

Generelles Problem: Location Privacy - Wachsende Gefahr der mißbräuchlichen Anwendung.

Positionierung mit Mobilfunksystemen:

MFN können Handys orten, z.B. kennt GSM die Zelle, in der sich Handy aufhält. Genauigkeit durch Zellgröße bestimmt (in Ballungsgebieten wenige 100 m, in ländlichen Gebieten bis 35 km). Allerdings kennt Basisstation die Entfernung der Handys zur Sendeantenne der Funkzelle mit einer Granularität von ca. 550 m (bedingt durch technische Gründe, u.a. Synchronisation). Entfernungsbestimmung aus Laufzeitmessung des Funksignals. Falls Handy im Überlappungsbereich mehrerer Funkzellen, kann aus Messung der Laufzeitunterschiede die Position auf etwa 300 m genau ermittelt werden. Provider nutzen dazu Datenbankaufzeichnungen und Analogievergleiche. Bei UMTS ist eine 10-fach höhere Genauigkeit möglich.

Positionierung mit WLAN:

Nutzung der WLAN-Zugangspunkte in städtischen Gebieten. Viele Städte bereits mit hoher Dichte von WLAN-Basisstationen, deren Zellenstruktur bekannt ist (typische Zellengrößen von einigen zig Metern); z.B. Seattle (Herbst 2004): 1200 Stationen / km².

Kennt man die Ortskoordinaten der festen Stationen, kann eine Lokalisierungsgenauigkeit von 20 – 40 m erreicht werden. Öffentlich zugängliche Datenbanken enthalten bereits über eine Million Netze mit deren eindeutiger Kennung und Ortskoordinaten bei fast 100%-iger Abdeckung in städtischen Gebieten, sog. Hot-spots, auch innerhalb von Gebäuden.

3.2.2 Visionen des Ubiquitous Computing

Marc Weiser

M. Weiser: The Computer for the 21st Century. Scientific American 265 (3), pp. 66-75, 1991
Entwicklungsinnovationen (Ausgangspunkte):

- miniaturisierte Sensoren,
- kleine, energiearme, preiswerte Prozessoren mit integrierter drahtloser Kommunikation,
- Fernidentifikation durch passive und unsichtbare Elektronik,
- präzise Lokalisation,
- neue Materialien (flexible Displays, elektronische Tinte und Papier, ...).

Integration der kleinen, preiswertigen und energiearmen Sensoren mit Kommunikationsfähigkeit in Alltagsgegenstände ~> totale Informatisierung.

Marc Weiser (1991, Xerox-Forschungszentrum, Silicon Valley) propagierte den allgegenwärtigen Computer, der unsichtbar den Menschen unterstützt („in the 21st century the technology revolution will move into the everyday, the small and the invisible“).

Daraus neue Anwendungsformen für Ubiquitous Computing kreiert:

- Embedded Computing: Kleine und preiswerte Prozessoren, Sensoren, Speicher und Kommunikationsmodule in Alltagsgegenstände integriert.
- Wearable Computing: Integration der Bauelement in Kleidung bzw. Tragen am Körper.
- Sensornetze: Ausstattung der Umwelt, um diese zu beobachten bzw. zu steuern.

Embedded Computing

Ziel: Alltagsdinge „smart“ machen, um Informationen zu verarbeiten. Dazu erforderlich:

- Mikroprozessoren klein, preiswert und verknüpft mit drahtloser Kommunikation.
- Sensoren, die Informationen aus der Umgebung aufnehmen.

Realisierung durch einen einzigen, kleinen Chip, der Umgebungsparameter wahrnimmt, diese verarbeitet und ggf. weiterleitet. Somit können Alltagsgegenstände kommunizieren und kooperieren ~> „smarte“ Gegenstände. Diese können sich Vorkommnisse merken, und bei Einsatz von Lokationssendern auch kontextbezogen verhalten. Beispiele:

- Rasensprinkler in Verbindung mit der Wettervorhersage im Internet.
- Kreditkarte und Armbanduhr - beide mit winzigen Beschleunigungssensoren (gemeinsam geschüttelt, verbreiten per Funk ihr jeweiliges Schüttelmuster in der Umgebung. Kreditkarte dann nur noch wirksam, wenn Armbanduhr mit gemeinsamen Schüttelkontext in unmittelbarer).

Wearable Computing

Elektronische Elemente in miniaturisierter Form in Kleidung, Armbanduhren, Schmuckstücke integriert. Beispiel: Retinaldisplays. Es sind Brillen, die im Gestell einen kleinen Laser eingebaut haben. Der Laser erzeugt ein Bild, das auf ein kleines Prisma im Brillenglas gelenkt und auf die Retina (Netzhaut) projiziert wird. Das Bild entsteht also nicht auf dem „Schirm“, sondern wird Punkt für Punkt ins Auge geschrieben. Somit könnten Computer auf Bildschirme verzichten. Man kann auch Informationen einblenden, die situationsabhängig nützlich sind.

Beispiele: Nutzung Kamera (Fotohandy) und Softwaresystem zur visuellen Objekterkennung (M. Satyanarayanan), Überwachung des Gesundheitszustandes (z.B. Med-Shirt (München)).

Sensornetze

Sensoren sind „Fühler“, die Eigenschaften der Umgebung (Temperatur, Feuchtigkeit, Stärke eines Magnetfeldes, Strahlungsintensität usw.) wahrnehmen und in elektrischer Form weiter-

leiten. Verknüpfung der Sensoren mit Funktechnologie, so dass sich diese drahtlos vernetzen können ~> Sensornetze. Anwendungsszenarien von Sensornetzen gehen davon aus, dass eine große Zahl hochgradig miniaturisierter Sensoren in die Umwelt eingebracht werden (z.B. aus Flieger abgeworfen). Die Sensoren sollen die unmittelbare Umgebung beobachten, können sich bei Bedarf mit benachbarten Sensoren vernetzen, ihre Arbeit untereinander abstimmen und Ergebnisse austauschen. Beispiel: Messung Temperatur und Ausbreitungsrichtung ~> Schlußfolgerung auf Waldbrand.

Gegenwärtiges Problem: Technik der massenweisen Herstellung kleiner und energiearmer Sensoren, die sich automatisch vernetzen. Durch die geringe Größe und dass keine physische Infrastruktur (Verkabelung, Stromanschluss usw.) benötigt wird, kann die Instrumentierung in flexibler und unsichtbarer Weise erfolgen. Anwendungsbeispiele: Monitoring von Umwelt, militärischer Bereich, Infrastruktursysteme, Verkehrssysteme, Produktionsprozesse usw.

Technologietrend geht in Richtung einer umfassenden Informatisierung der Welt: Sensoren beobachten die Umwelt und Alltagsgegenstände werden „smart“ ~> sie wissen, wo sie sich gerade befinden, welche anderen Dinge / Personen in der Nähe sind, was in der Vergangenheit mit ihnen geschah, und teilen ihre Erkenntnisse anderen Gegenständen mit. Damit Fragen des Datenschutzes und Verletzungen der Privatsphäre (Privacy) berührt. Smarte Gegenstände und sensorbestückte Umgebungen häufen Unmengen von Daten an.

Anwendungsmöglichkeiten „smarter“ Alltagsdinge

Smarte und kommunikationsfähige Dinge, u.a.

- Autos können vor Stau auf Gegenfahrbahn warnen,
- Mobiltelefon kann sich erinnern, wann und wo zuletzt in Nähe des Schlüsselbundes,
- Mülltonne registriert die Recyclingfähigkeit des Inhaltes,
- Arzneyschrank verwaltet die Haltbarkeit der Medikamente,
- Wohnungsheizung und Auto korrespondieren über Zeitpunkt der Rückkehr.

Lokalisierungstechnologien mit hohem Anwendungspotential, u.a.

- Wiederauffinden verlorener Gegenstände,
- „Fahrtenschreiber“: Aufzeichnen wo sich Gegenstand befindet, gekoppelt mit Zeitstempel, z.B. bei Mietautos. Aufzeichnen der Bewegungsspur -> Auffinden von Taschen usw.
- Verlorenen Kleidungsstücke der Kinder, Alarmmeldung, Angabe der Position,
- Überwachung von auf Bewährung freigelassener Sträflinge sowie ungetreuer Ehepartner.

Ökonomischer Mehrwert kooperierender smarter Alltagsdinge, u.a.

- Lokalisierung von Produkten in der Produktions- und Lieferkette,
- Kundenakzeptanz von Produkten ~> bessere individuelle Werbung,
- Automatische Preisregulierung von Waren in Kaufhalle (nach Angebot, Alter usw.),
- Dynamische Autoversicherungen (abhängig, ob schnelle oder langsame Fahrt, ob gefährliche Überholmanöver, wo Wagen abgestellt, welche Straßen gefahren).

Einsatz in industriellen Produkten, u.a.

- Haushaltgeräte, Werkzeuge, Spielzeug, Kleidungsstücke usw. erhalten fernabfragbare elektronische Identität bzw. Sensoren zur Wahrnehmung des Kontextes (wo genutzt),
- hybride Produkte, die sich aus physikalischen Leistungen (z.B. Medikament) und Informationsleistungen (z.B. Verlauf einer Grippeepidemie),
- Armbanduhren, die die Kinder lokalisieren.

Aktuelle Entwicklungen

Elektronisches Papier

Dünnes, biegsames Plastik-Display, eine Mischung aus Computerbildschirm und Papier.

- Elektrisch leitender Kunststoff mit kleinen Kugeln, in denen Farbstoffpartikel auf elektrische Spannung reagieren. Dadurch lässt sich die Darstellung ändern.
- E-Papier seit den 70er Jahren, aber ohne Marktreife.

Britische Firma Plastic Logic Limited, Airportpark Dresden (www.plasticlogic.com):

- Ende 2005: Patent für rollbares E-Paper, ein 10-Zoll-Polymer-Display. Produkte ca. IV/2008.
- Statt Displays dünne leichte Displayrollen mit geringem Energieverbrauch, integrierte Batterien.

Mögliche Anwendungen: Elektronische Zeitungen, Wörterbücher, professionelle Anwenderbücher, E-Mails, entfernte Nutzung über integrierte kabellose Anschlüsse (z.B. Handy).

RFID und smart floor

RFID (Radio Frequency Identification): hauchdünner Transponder-Chip (Etikett) und Sende/Empfangseinheit. Datenübertragung über elektromagnetische Wellen ohne Berührung und Sichtkontakt. An Waren oder beweglichen Gütern angebrachte Transponder geben Auskunft über Standort oder Zustand von Gegenständen. Ausgewählte Einsätze

- Warenkorb: Waren in Kaufhalle automatisch gescannt und abgebucht.
- Service Roboter auf Basis „smart floor“ (Fa. Vorwerk): Polyestergerewebe, in das ein Netz aus RFID-Chips integriert ist und unter Bodenbelägen installiert werden kann. Anhand der in den Chips gespeicherten Informationen kann Roboter auf der Bodenfläche „navigieren“.

Weitere neuartige Einsätze: Identifikation von Medikamenten, Lebensmittel, Waschmaschine (automatische Programmauswahl, Kleidungschips), Erkennung von Computerviren.

3.3 Portable Endgeräte

3.3.1 Anforderungen und Charakteristika

Anforderungen an mobile Stationen

- leicht, tragbar, handlich, einfache und ergonomische Bedienbarkeit,
- neue Formen: Headsets (Brille, Kamera usw.), Wearables, Handhelds (PDA, Handy)...

Gleiche Leistungsfähigkeit wie Desktop-Computer können tragbare Computer erreichen:

- leistungsfähige und platzsparende Peripherie (Tastatur, Stift, Anschlüsse für Drucker und Kommunikation), neue Batterietechnik (Lithium-Ionen-Akku)
- neue Bildschirmtechnik (monochrom / coloured, LCD-Display, Touchscreen)
- Speichererweiterung (Flash)
- Direkte / lokale / entfernte Verbindung (PCMCIA-Slots ~> integrierte Bauelemente (Netzkarten, IR, Bluetooth, W-USB) oder extern, z.B. USB-Sticks.

Erweiterungen: Stift- und Sprachbedienung, Nahbereichskommunikation (Infrarot u./o. Bluetooth), Web-Anschluss, umfangreiche Multimediafähigkeiten (audio, video), TV, Navigation..

Charakteristika mobiler Stationen

Beweglichkeit der portablen Computer (Terminal-Mobilität) und Nutzer (personelle Mobilität) -> ständige Änderung Topologie und Zustand, dynamische Systemkonfiguration.

Mobilstationen mit *geringeren Ressourcen* (Energie, Perfektion), flüchtige Speicher (Informationsverlust), Akku/Sicherungsbatterie.

Geringe Leistung der *Mobilkommunikation*: Niedrigere und wechselnde Übertragungsraten, höhere Fehlerraten, Unzuverlässigkeit, häufige Verbindungsunterbrechung.

Nicht ständige Verfügbarkeit der Mobilstation, Wiederanlauf, Fehlerbehebung: Eingeschränkte *Dienstqualität* (Quality of Service, QoS) -> Restriktion im multimedialen Anwendungsbereich. Arbeiten im abgetrennten (disconnected) Modus: Inkonsistenzprobleme.

Elektromagnetische Umweltverträglichkeit (EMUV): Elektrosmog.

3.3.2 Tragbare Computer

Bekannte Typen

Laptop, Notebook, Sub-Notebook, Power-Notebook

Pocket-Computer: „Westentaschengröße“ bzw. größeres LCD-Display (z.B. Cassiopeia).

Formen: PDA (Personal Digital Assistant): Organizer, Smartphone.

PIC (Personal Intelligent Communicator): Communicator, Handheld.

Handhelds: in Hand gehalten, andere Hand für Bedienung. Sprache (Telefonie), Ergänzungen: Kamera, TV, Navigation, Push-Email, PIM (SyncML-Synchronisation). Speziell: für mobilen Internet-Zugang (WAP-fähige Handhelds, i-mode).

Smartphone: Kombination aus Handy und Mini-Computer (PDA), z.B. iPhone, G1.

Wearables: befestigt am Armband, Headsets, ..., medizinische Überwachung.

Chipkarten: nicht selbständig, integriert, z.B. für M-Commerce, Nutzeridentifikation.

Merkmale: Größe, Gewicht, Standby-Zeit, Gebühren.

PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association)

Standardisierungsgremium der Industrie. PCMCIA-Karten ursprünglich zur Speichererweiterung mobiler Endgeräte. Heute ist es eine allgemeine Schnittstelle für Einschubkarten im Scheckkartenformat. PCMCIA-Standard beschreibt die physikalischen Ausmaße der Steckkarte, die elektrischen Eigenschaften der Schnittstelle zum Rechner und Anforderungen an die Software. Neben Speichererweiterungskarten heute auf dem Markt auch Ethernetadapter, Faxkarten und Wireless LAN-Adapter. Ab 2000 häufig integrierte Bauelemente.

Notebook Computer

Typen: Laptop, Notebook (z.B. Sony, HP, IBM), Notepad (z.B. Toshiba), Sub-Notebook (z.B. Aero 8000/Compaq, MacBook Air/Apple).

Der Leistungsumfang eines Notebooks ist analog zum PC. Betriebssysteme und Anwendungen sind kompatibel. Ein Notepad hat in der Regel einen Stift als Eingabemedium. Auf dem hochauflösendem Bildschirm kann damit geschrieben werden, unterstützt durch geeignete Betriebssysteme. Subnotebook Funktionalität wie Notepad, aber etwas größerer Leistungsumfang (Beispiel: Aero8000/Compaq mit Windows CE).

Pocket-Computer

2 Formen: PDA und PIC (ggf. kombiniert).

Betriebssysteme:

- Windows CE (Microsoft): Pocket-PC-Betriebssystem (~> Windows Mobile). Office-CE-Anwendungen sind kompatibel zu den Desktop-Office-Anwendungen (Pocket-Word/Excel/PowerPoint). Weiterhin bietet es die Synchronisation der Organizerfunktionen (über Exchange/Outlook). Inbox: neues Office für Windows-CE-basierte Pocket-PC.
- Epoc (für Psion, Symbian, Nokia).
- Palm-OS (für 3Com, 3Com-Spin-off Palm Computing).
- Android (OpenSource, Open Handset Alliance (OHA, u.a. Google, T-Mobile) für G1).

Die Kommunikation erfolgt über Mobilfunk (Inhouse-Devices), PCMCIA-Modems bzw. offline (Kabel, USB); z.T. auch eingebaute Funkmöglichkeiten für Nahbereich (Infrarot, Bluetooth, W-USB).

Personal Digital Assistant (PDA): elektronischer Taschenplaner (Organizer). Zusätzliche Leistungsmerkmale, u.a. Kommunikation (GSM, GPRS, UMTS), Multimedia-Funktionen. Beispiele: Psion 5a, Palm Pilot bzw. IIIc, Cassiopeia E-i056 (Casio), iPAC (Compaq), iPod.

Personal Intelligent Communicator (PIC): Handheld-Computer. Zusätzlich Organizer- und Kalenderfunktionen sowie Telefon- und E-maildienst (Push). Beispiel: Nokia, iPhone.

PDA und PIC werden über einen Stift bedient. Da sie unter speziellen Betriebssystemen laufen, sind PC-Anwendungen mit ihnen nicht kompatibel. Einige Anwendungen bieten aber z.B. Synchronisation mit MS Outlook bzw. SyncML. Übertragung mit Explorer / Windows.

Mobiltelefon („Handy“)

Handhelds: in einer Hand gehalten, mit anderen Hand „bedient. Wichtigste Nutzung: drahtlose Telefonie: Mobilfunknetze (terrestrisch, Satellit), Ergänzung Kurznachrichtendienst (SMS): 2007 DE ca. 23 Mrd. SMS, 116 Mio. MMS. WLAN, schnurlose Telefonie (DECT).

Moderne Handys mit Multimedia-Erweiterungen, u.a. Kamera, Navigation, Web-Zugang, TV (DVB-T, DBM), PIM ~> sog. Smartphones (Handheld-Computing).

Erstes Handy: 13.06.1983, Motorola, Martin Cooper. Erstes tragbares Telefon: DynaTAC 8000X Motorola (genannt „Bimmelnder Knochen“ bzw. „Stiefel-Phone“).

2008: ca. 3,3 Mrd. Handys in Nutzung. Nutzung in USA: 7 h p.m. & p.p.

3.3.3 Moderne Bedienoberflächen

Stiftbedienung

Einfache und ergonomische Bedienung, als Maus und Tastatur nur bedingt verwendbar. Einsatz als Mousersatz zum Auswählen von Objekten auf dem Bildschirm und als Schreibgerät. Texte werden entweder handschriftlich über einen Zeichenerkennung oder über Bildschirmtastatur eingegeben. Mit Stift können auch Freihandzeichnungen eingegeben werden, die später allerdings, da als Bitmap gespeichert, nur mit hohem maschinellem Aufwand auswertbar sind.

Besonderheiten zur Stiftbedienung

Die Erfassung der Daten ist schwierig, unter anderem wegen der kleinen Displays und eventuellen Verwackelungen. Der Stift wird i.d.R. zum Zeigen, Klicken und Auswählen genutzt. Nicht immer wird aber die „Handschrift“ richtig erkannt. Gestaltungskriterien sind:

- wenige Informationen auf Display, große Bedienelemente, Texteingabe minimieren,
- Daten, die nicht maschinell auszuwerten sind, sind als Annotationen zu behandeln,
- Eintragungen in List-Boxen bzw. Multiple-Choice-Fragen ähnliche Oberflächen.

Viele Anwendungen sind noch auf Maus und Tastatur ausgerichtet, deshalb schwierig auf die Stifteingabe zu übertragen. Aber der Stift spricht Personen an, die mit Papier und Bleistift vertraut sind (z.B. Erinnerungshilfen für Personen mit Gedächtnisdefiziten).

Beispiel: Gedächtnishilfesystem MEMOS (Universität Leipzig)

Neuropsychologische Therapiehilfe mit bidirektionalem PDA (System MEMOS). Erprobung und Einsatz in Tagesklinik für kognitive Neurologie der Universität Leipzig.

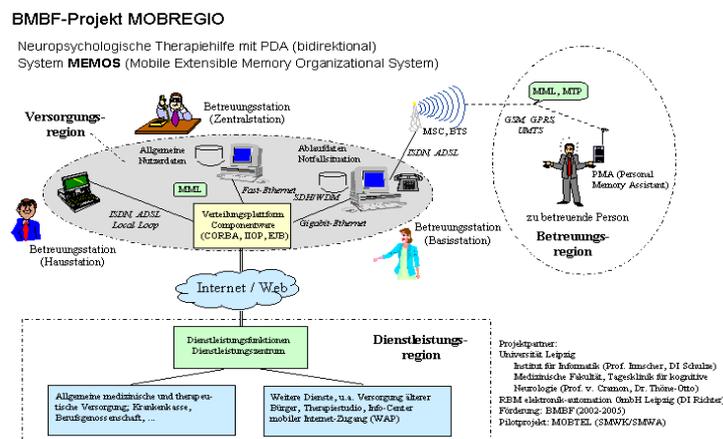


Abbildung 3.3: System MEMOS (BMBF-Projekt MOBREGIO)

Sprachbedienung

Spracheingabe dient (neben Telefonie) zur Bedienung und zur Dateneingabe. System erkennt und interpretiert Sprache. Spracherkennungssysteme verfügen über ein eingeschränktes Vokabular. Sie sind geeignet für einfache Steuerungsaufgaben oder für die Datenerfassung bei wenigen, fest vorgegeben Begriffen. Eine umfangreichere Spracherkennung ist problematisch, bspw. durch anfallende Störgeräusche. Sprache kann wie Schrift als Annotation abgespeichert werden, somit digitalisier- und speicherbar. Damit entfällt aber der Spracherkennungsprozess. Realisierbar sind Voice-Mail-Anwendungen sowie gesprochene, abgespeicherte, übertragene und abgespielte Bedienungshinweise.

Weiterer Standard: Voice XML: Internet-Zugriff mittels sprachgesteuerter Dienste. Gründung eines Forums (1999): AT&T, IBM, Lucent, Motorola. Ergebnis: Standard Voice XML 1.0. Reguliert Programmierung von Anwendungen, die gesprochene Anfragen erlauben: Call Center, Datenbank-Zugriffe, Web-Informationendienste. Zugriffe werden sowohl per Sprachdaten (MFN) als auch über Telefonnetz unterstützt. Voice XML basiert auf dem Beschreibungsstandard XML.

3.3.4 Technische Realisierungen (Auswahl)

Neue Handheld-Generation

Organizer-Konferenz Mobile Insights 2000: Vorstellung neuer Konzepte

- Microsoft: Pocket-PC mit Mini-Office,
 - IBM: Sprachzusatz für marktführende Palm-Geräte (Palm: 70 % Marktanteil in USA).
- Pocket-PC: Microsoft zusammen mit HW-Herstellern Compaq, Casio, Hewlett-Packard
- Neue Windows-CE basierte Handheld-Generation (~> Windows Mobile).
 - Mini-Office Inbox: Mail-Client Outlook, Text (Word), Tabellen (Excel), Anlegen Ordner.
 - Bearbeitung von E-Mail-Anhängen: Organizer können Bild- und Tondateien darstellen.
 - Allianz von Microsoft mit Compaq und T-Mobil: basierend auf Exchange werden Anwendungen für Pocket-PCs, WAP-Geräte oder Handys mit HTML-Browser entwickelt.

IBM: Entwicklung eines speziellen Viavoice-Kerns für Geräte ohne Tastatur

- Prototyp eines Personal Speech Assistant (PSA), lässt sich als Deckel auf einem Palm III befestigen und erkennt 500 Wörter.
- Mittels Text-to-Speech-Modul können E-Mails vorgelesen werden.
- PSA hört auf Steuerbefehle, nimmt kurze gesprochene Memos auf, längere Diktate werden als Audiodatei gespeichert und später an PC übergeben.

Weitere Entwicklungen:

- PDA mit Navigationssystem: offline (Download der Landkarten), online (GPS), z.B. Palm III (Garmin), Tomtom, Falk usw.
- MDA: Organizer, Mobiltelefon, Kamera.
- Apple: iPod (Organizer, 2006), iPhone (Handy, 2007), MacBook Air (Subnotebook, 2008).
- Google: Betriebssystem Android, Browser Chrome, Smartphone G1 (2008).
- TV-Handys, Navigationshandys (Cebit 2006), Smartphones (Cebit 2007).

~> Hohe Dynamik, wenig Standardisierung, Akzeptanzfragen.

Mobile World Conference (Messe Barcelona 2008, Veranstalter: GSM Association): Trends

- Mobiles Internet: Zugang zum Internet über MFN. Bsp.: WML (WAP), i-mode, iPhone/Apple. Erweiterung Bedienkomfort, z.B. Google-Betriebssystem Android, Verlängerung Akku-Zeit, z.B. leistungsstarker Silverthorne-Chip/Intel.
- Smartphones: Minicomputer mit Telefoniefähigkeit. Nutzung für moderne Datendienste. Marktführer Nokia: Absatz ca. 115 Mio. Geräte p.a.
- Navigation (z.B. Navteq/Nokia), zunehmend für gezielte Werbung (LBS).
- FemtoCell: Handy-Hotspot für Heimbereich, Nutzung Flatrate-Tarife im Festnetz. Femto-Cell-Handys kommunizieren mit eigenem Hotspot und xDSL-Verbindung.

Smartphones

T-Mobile MDA : Organizer, Stiftbedienung, Anschluss über GPRS, Windows Mobile 5.0

T-Mobile MDA Varrio: HSDPA-fähiger MDA, Bedienkomfort durch Track-Wheel, Betriebssystem Windows Mobile 5.0

iPhone (Apple): Kombination Mobiltelefon / Multimedia-Player / Internetmaschine: Abspielen von Video, Musik, Fotos. Kamera, Internet-Telefonie / Web-Browser (Safari), Google Map (elektronische Karten. Betriebssystem MacOS X. Bluetooth, 802.11b, EDGE. Touchscreen (nur 1 Telefontaste), 12 mm dick. Ergänzung zu iPod, ab 2007.

iPhone 3G (2008): 3-fache Geschwindigkeit, mit Übertragungssystem UMTS, z.T. auch HSDPA, mit Satellitennavigation GPS, Speicherkapazität: 16 bzw. 8 Gbyte.

Konkurrenzprodukte zu iPhone 2G von HTC, Samsung (F480), Nokia (N95), LG, Sony Ericsson; zu iPhone 3G von Samsung (SGH-i900), Sony Ericsson (Xperia X1).

Samsung: SGH-i900 Omnia („PC im Taschenformat“): Design ähnlich Apple-Handy, Touchscreen (3,2 Zoll), Anwenderanpassungen möglich. Zugriff auf Office-Dokumente und Outlook. Ausstattung mit WLAN, Bluetooth, HSDPA und EDGE und 5-Megapixel-Kamera.

Xperia X1 (Sony Ericsson, Mobile World Congress, Barcelona 2008): Handy mit Organizer, Multimedia-Funktionen und Internetzugang. Merkmale: 3“-Bildschirm mit hoher Auflösung (800 * 480 Pixel), 65 536 Farben, Touchscreen, Betriebssystem Windows Mobile (mit Outlook für die Kommunikation, Media-Player, Internet Explorer für mobiles Web, Office).

G1 („T-Mobile G1 with Google“): Smartphone von Google und T-Mobile (Kombination von Handy und MiniComputer). Schwerpunkt: mobile Internet-Nutzung. Konkurrenz zu iPhone. Hardware: HTC (Taiwan), WiFi und UMTS, Qwertz-Tastatur, Touchscreen, Kamera.

Browser: Abgespeckte Version von Google Chrome. Installierte Anwendungen mit schnellem Zugriff auf Amazon’s Musik-Shop und Download von Liedern aufs Handy. 3D-Navigation.

Betriebssystem Android: Open Source, Leitung Unternehmenskonsortium OHA (Open Handset Alliance, u.a. T-Mobile, Google). nutzereigene Anwendungen (über Android Market).

3.4 Neue mobile Dienste

Breitband-Mobilfunk (UMTS & HSDPA)

UMTS und HSDPA als Alternative zum DSL-Festnetzanschluss: somit Voraussetzungen für mobiles Surfen, Video-Streaming, Telefonie, TV. Weltweit ca. 80 UMTS-Netze, davon ca. 60 in Europa. (12/2006). 2,3 Mill. Nutzer in Deutschland (weltweit viertgrößtes Netz).

Aufrüstung mittels HSDPA (High Speed Downlink Packet Access), auch als Broadband-UMTS oder Turbo-UMTS (Vodafone) bezeichnet: 1,8 Mbit/s (2006) ~> später 3,6 bzw. 7,2 Mbit/s. Wo HSDPA nicht verfügbar, dort UMTS (384 kbit/s), sonst GPRS (56 kbit/s).

T-Mobile bietet EDGE in DE mit Datenturbo-GPRS mit 220 kbit/s an.

Neben den Flatrates bieten alle 4 MF-Netzbetreiber (T-Mobile, Vodafone, E-Plus, O2) auch volumen- und zeitbasierte Tarife an. Volumentarife: web’n’walk XL (T-Mobile), Fair-Flat (Vodafone, O2); Sitzungstarife: Web-Session (gebührenfrei für bestimmtes Δt , Vodafone).

Handy-TV im UMTS

Ab 2006 in DE zwei *Übertragungsstandards* für mobiles Fernsehen:

- **DVB-H** (Digital Video Broadcasting for Handheld), Tests bei norddeutsche TV-Anstalten, Basis: digitales Antennenfernsehen DVB-T (terrestrial).
- **DMB** (Digital Multimedia Broadcasting) in Süddeutschland (Testbeds), Basis: Infrastruktur des Digitalradios DAB (z.B. DAB Sendernetzbetreiber Hessen Digital Radio).

Videoqualität und Komprimierung in beiden Verfahren gleich. Fernsehbild 320 mal 200 Bildpunkte. DMB robuster gegenüber Störungen, DVB-H hat mehr Kapazität pro Kanal:

DVB-H: ca. 30 Programme pro Kanal (für einen weiteren DVB-H-Kanal müsste aber ein TV-Sender im bereits voll belegten digitalen Antennenfernsehen DVB-T geopfert werden),
DMB: nur 4 Programme pro Kanal (allerdings noch freie Frequenzen, die für DMB-Kanäle genutzt werden können).

Geräte für Handy-TV (UMTS): Geräte bereits im asiatischen Raum verfügbar, in Deutschland z.T. noch in Entwicklung. Seit CeBIT 2006 einige TV-Handys angekündigt. Samsung: SGH-P900 (Basis DMB), SGH-P910 (Basis DVB-H). Nokia: N92 (Basis DVB-H).

Probleme:

- Akzeptanz: Pilotprojekt Oxford (400 TN) -> Nutzung ca. 3 h p.w., Interesse bei 80%.
- Medienanstalten noch unschlüssig bezüglich Handy-TV-Netz-Betreiber.
- Nutzungsform auch noch unklar: Free-TV mit kostenpflichtigen interaktiven Zusatzdiensten, Pay-TV oder Mischform. Akku (z.Zt. reicht Energie für ca. 1 h).

Handy-TV in Deutschland (Auswahl):

Mobil-TV-Provider MFD (Mobiles Fernsehen Deutschland), Köln: erster Mobil-TV-Anbieter mit Sendelizenzen für das DMB-Netz (Digital Multimedia Broadcasting) für gesamtes Bundesgebiet: Juni 2006: Sendung in 6 Städten, seit 04. September 2006 auch im Raum Leipzig, Hamburg, Hannover, Dortmund und Gelsenkirchen.

Live-Videos im mobilen TV

Verbreitetste Form des mobilen Fernsehens zur Fußball-WM: UMTS-Video-Stream: von einem Großrechner werden TV-Daten direkt aufs Mobiltelefon gesendet. Bildgüte gewöhnungsbedürftig: ruckelnde Bildfolge, Bälle in Pixeldarstellung usw.

T-Mobile: 20 WM-Begegnungen ausgestrahlt („gestreamt“). Voraussetzung: UMTS-Handy.

O2: keine Live-Übertragung. Dafür „O2 Fußball-Show“: Hintergrundberichte, Interviews, Pressekonferenzen. Programm kostenlos, Gebühren für Datenübertragung.

Vodafone: diverse WM-Sondersendungen und WM-Magazine als Live-Stream.

Nachrichtenpokale im Mobilfunk

Zugriff über SMS und MMS:

Online-Portale der Mobilfunkanbieter mit aktuellen Informationen: Live-Ticker, MMS-Infoservice, aktuelle Meldungen, z.B. aktuelle Spielstände von Fußballspielen per SMS, Nachberichte zu Sportveranstaltungen per MMS.

Zugriff über WAP und Internet:

Zur Vermeidung von SMS-Empfang oder Werbe-SMS kann man Infos auch aktiv suchen. Yahoo: WAP-Portal (de.wap.yahoo.com). T-Mobile: Portal „t-zones“ (wap.t-zones.de).

Mobiler Internetzugang (Surfen im Internet über Handy)

Probleme beim Zugriff auf Web-Seiten und Darstellung auf Handy: Paketdatenübertragung, ständige Online-Verbindung, Handy-Displayfläche, Datenvolumen.

Zugehörige Übertragungsprotokolle und Datenformate für Web-Seiten: WAP (Wireless Application Protocol): optimiert den Zugriff auf Web-Seiten von Handys. 7-schichtiger Protokollstack. Entweder Konvertierung von HTML in WML-Struktur (Datenverluste, ohne Bilder und Gestaltungselemente) oder Zugriff auf spezifische WML-Server.

- WML (Wireless Markup Language): berücksichtigt die begrenzte Übertragungskapazität und die geringe Displayfläche,
- Strukturierung des Dateninhalts in Cards und Decks, Bitorientierte Übertragung.

WAP entspricht somit einem WWW der Mobilfunknetze.

Email über Handy

Email-Dienste im Mobilfunknetz:

- Pull-Dienst: manuelle Abfrage des Email-Servers über Handy,
- Push-Dienst: automatisches Zustellen der Emails auf das Handy.

Push-Email: Emails automatisch auf Handy übertragen (ständige Verbindung zum Email-Server über GPRS oder UMTS). Voraussetzung: Push-Email-fähiges Mobiltelefon.

- Push-Dienste, wie Blackberry oder Sidekick (Fa. Danger, USA; auch bei T-Mobile).
RIM (Remote In Motion): Blackberry-Dienst des kanadischen Unternehmens RIM.
- Alternativen zu Blackberry: Exchange Email-Postfach von Microsoft (Fa. Schlund+Partner, Karlsruhe), Push2you (Main-Gruppe/Stuttgart, für Java-Programme), E-Mail-to-go (Fa. Space2go/Berlin für Mobilcom).
- Funambol: Version v6 (seit 08/2008 v7) - Nachfolger der Open-Source-Lösung *Sync4j*.
Funambol-Server-SW (Open Source): www.funambol.com.
Bereitstellung von Push-Email und PIM-Daten.
 - Unterstützung POP3, IMAP und MS Exchange, Lotus Domino.
 - Verbesserte Push-Email-Funktionen, zeitgleich auch mehrere Email-Systeme abfragbar.

- Vorgefertigte Konfigurationen u.a. Google Mail (Google Gmail), Yahoo Mail, AOL Mail. PIM-Daten werden per SyncML ausgetauscht. SW-Paket:
- Server Bundles (PIM & Email Bundle: Server Komponenten, App Server, Connector) – für Windows und Linux.
- Client- und Plug-In-SW: Java ME Email Client, Outlook, Plug-Ins für Windows Mobile (Smartphone, PocketPC), Blackberry, iPod/Apple, noch nicht für PalmOS.

Navigation mit Handy

Satellitenbasierte Positionierung (GPS, zukünftig auch Galileo). Beim Empfänger werden die vom Satelliten empfangenen Signale ausgewertet und der Standort bestimmt. Routenplanung dann im Gerät oder im Internet (Verwendung von Kartenmaterial).

Verschiedene Geräte:

- Fest installierte Geräte in PkW's
- Mobile Geräte auf Basis eines PDA's, z.B. Tomtom, Garmin (Basis Palm), Falk u.a.
Über Bluetooth Anschluss an Handy zur Ausgabe
- Navigationshandys (Sprachausgabe, Positionszeiger Display; Problem Energie), z.B. Tomtom Mobile 5 (enthält Navigations-SW mit GPS-Empfänger, Navigation und Routenplanung im Handy). Stauinfos gegen Gebühren.
Falk Activepilot (Internet-basiertes Navigationsprogramm mit GPS-Empfänger. Routenplanung und Navigation über Internet, Stau-Infos inklusive).

Personal Information Manager (PIM)

PIM-Daten und -Nutzung

- PIM: Software zur Verwaltung persönlicher Daten, wie
 - Kontakte, Termine, Aufgaben, Notizen und
 - im erweiterten Sinn auch Dokumente wie Briefe, Faxe, Emails, RSS-Feeds.
- PIM-SW sowohl für einzelne Benutzer als auch für Netzbetrieb (WAN, LAN).
Bei NW-Lösungen ist Benutzer- und Datenverwaltung (u.a. Zugriffsrechte) erforderlich.
- Ergonomische Benutzeroberfläche, z.B. Mitschreiben während Telefonats, schnelles Auffinden von Kontaktdaten, Auflisten aller mit dem Kontakt verknüpften Aktivitäten usw.
- Verwaltung vieler unterschiedlicher Daten ~> hohe Anforderung an Speicher-Management der PIM-Software.

Anforderungen an PIM

- Grundfunktionen für Adressen, Termine, Aufgaben, Notizen.
- Erweiterte Funktionen: Selbstdefinierte Datenfelder in Adressverwaltung, Fotospeicherung, Erinnerungsfunktionen an voreingestellte Termine (z.B. Geburtstage) bzw. wiederholte Termine.
- Adressbezogene Aktionen, z.B. Anwählen von Telefonnummern, Adressieren von Briefen und Serienbriefen sowie Versand von Kurzmitteilungen.
- Kalendermodul mit Feiertagen, DIN-gerechte Kalenderwochen, Montag Wochenanfang.
Unterstützung verschiedener Kalender (privat, beruflich), mit Abgleichung.
- Neue Termine mit Zeitzonen, Kategorien und Prioritäten; Notizen auf Desktop ablegbar („gelbe Klebettel“).
- Teamfunktion für Abstimmung mit Vorgesetzten bzw. Verwandten.
- Alle Kalender- und Adressdaten sollten importierbar bzw. exportierbar sein.
- Synchronisation bzw. Datenaustausch mit Palm- und Pocket-PC-Geräten.

Verbreitete PIMs (Auswahl)

Microsoft Outlook – z.Zt. dominierendes PIM-Segment, Lotus Organizer (beide Windows), Mozilla Thunderbird + Mozilla Lightning bzw. Mozilla Sunbird (plattformunabhängig, GPL), Evolution (Unix, Linux, GPL), Novell Evolution (Unix, Linux, Mac OS X, GPL), WebPIM (Windows), Funambol (PIM und Push-Email, Windows bzw. Linux, Open Source).

3.5 Drahtlose Kommunikationssysteme

3.5.1 Merkmale der drahtlosen Kommunikation

Charakteristika drahtloser (wireless) Netze

- Kommunikation der mobilen Endgeräte untereinander (ubiquitous computing),
 - Integration der mobilen Geräte in existierende Infrastrukturen (nomadic computing).
- Verschiedene drahtlose Kommunikationssysteme, unterschieden in Reichweite, Datenrate, Geschwindigkeit der Endgeräte, Frequenzen usw.:

- Weitverkehrsnetze: Mobiltelefonie, Paketfunk, schnurlose Telefonie (DECT), mobile IP.
- Lokale Netze: lokale Funknetze (W-LAN), wireless ATM, HomeRF, Local Loop.
- Heim-/ Raumnetze: WPAN (Infrarot, Bluetooth, Zigbee, ...), Identifikation (RFID, NFC).

Kennwerte ausgewählter drahtloser Netze:

	W-LAN	W-WAN
Reichweite	5 - 500 m	global flächendeckend, z.B. BRD 95%
Datenrate	2 --> 54 Mbit/s	9.6 kbit/s _{GSM} -> 60 - 115 kbit/s _{GPRS} -> 384 kbit/s _{UMTS}
Geschwindigkeit	5 - 40 km/h	bis zu 250 km/h (ICE-3: 320 km/h)
Festnetzanbindung	lokales Netz, AP	PSTN, ISDN, Datex-P, Internet
Betreiber	privat	öffentliche Netzbetreiber
Typische Vertreter	Infrarot Funk-LAN	Modacom, Ardis, GPRS GSM / DCS, EDGE, UMTS / FPLMTS, HSDPA

Historische Entwicklung

Technische Basis drahtloser Übertragungssysteme: Funkwellen und Infrarot.

- Erste Versuche zur Funkübertragung im 19. Jahrhundert:
1886: Heinrich Hertz: Versuchsaufbau zum drahtlosen Induzieren von Funken. Nachweis der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen im Raum (Begriff "Funken", 20 m).
1896: Erfindung der drahtlosen Telegraphie, Morsecode, Einsatz in Schifffahrt
- Funkübertragung (elektromagnetische Funkwellen): eine der bedeutendsten Entwicklungen im 20. Jahrh., u.a. Satelliten, Rundfunk, TV, Funknetze.
- Im 20. Jahrh. vorrangig Sprachübertragung, wie Mobilfunknetze (Mobiltelefonie) und Bündel-/Betriebsfunk (z.B. Polizei, Taxi). Hinzu Systeme für lokale und nahe Kommunikation. Ersatz der analogen Systeme durch digitale Systeme. Zunehmend auch mobile Datenübertragung (Text, Grafik, Video).
- Zuerst Transport, Militär, Behörden ~> äquivalente Verlagerung in privaten Bereich.

Klassifikation

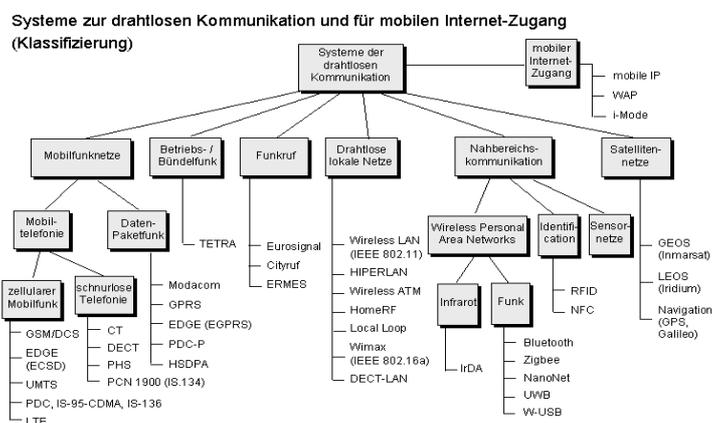


Abbildung 3.4: Systeme der drahtlosen Kommunikation

- Mobilfunknetze: Terrestrisch (landgestützt), zellularer Aufbau, Funkzellen vermittelt (Handover, Roaming) und verbunden durch ein drahtgebundenes Netzwerk (IWF).
 - Mobiltelefonie:
 - Zellularer Mobilfunk: Leitungs (Kanal) -vermittelt, flächendeckend, digital, Kosten gemäß Verbindungsdauer, u.a. GSM / DCS (2G, ETSI), EDGE (2.5G, *Enhanced Data Rates for GSM Evolution*), USCD, IS-95-CDMA, IS-136, PDC
 - ~> IMT-2000 (3G): UMTS / ETSI (3GPP) bzw. CDMA2000 / USA (3GPP-2), 2005.
 - ~> UMTS-Nachfolgetechnologie Long Term Evolution (LTE): 100 Mbit/s, Übertragung hochauflösender Videos, ab 2010 (verschiedene Projekte, u.a. EASY-C).
 - Schnurlose Telefonie: Verlängerung ISDN, Heim, digital, keine lokalen Kosten, auch LAN, Standard DECT (*Digital Enhanced Cordless Telecommunications*), PHS/Japan.
 - Datenpaketfunk: Paketvermittelt, u.a. Modacom (X.25), GPRS, EDGE (2.5G), UMTS mit Erweiterung HSDPA (Turbo-/Breitband-UMTS). Kosten gemäß Datenvolumen.
- Betriebs- bzw. Bündelfunk: analog zu Mobilfunknetze, digital, zellulär, Standard TETRA (*Trans-European Trunked Radio* ~> *Terrestrial Trunked Radio*). Innerbetriebliche Kommunikation zw. Teilnehmern und Betriebszentrale (z.B. Taxi). Erweiterte Funkmöglichkeiten, z.B. Multicast-/Broadcast-Rufe, Multiplexing FDD (Halbduplexbetrieb).
- Funkrufsysteme: Verteilkommunikation (unidirektional), analog Hörfunk. Paging ~> Standard ERMES.
- Drahtlose lokale Netze (Wireless LAN): lokaler Bereich, u.a. Büro, Fabrik, Infrastruktur oder Ad-hoc. Keine behördliche Regulierung, keine Übertragungskosten, u.a.
 - Wireless LAN (W-LAN) nach Standard IEEE 802.11 (verschiedene Standards, 2 – 54 (108) Mbit/s, Aufbau von hot-spots, Access Points),
 - HIPERLAN/1 und /2, nach Standard ETSI,
 - Wireless ATM (Mobile Broadband Communications, Trend IP statt ATM, 100 Mbit/s),
 - HomeRF für die drahtlose Überbrückung im Heimbereich,
 - Wireless Local Loop (WLL): Überbrückung der “Letzten Meile” zwischen Verteilungsknoten des Backbones und Endteilnehmer ohne aufwendige Verkabelung im Ortsnetz.
 - Wimax: breitbandige Funkverbindung für längere Distanzen, Standard IEEE 802.16a (Frequenz 3,5 GHz, Übertragungsrate 70 Mbit/s, Reichweite bis 50 km), für breitbandigen Internet-Anschluss.
- Nahbereichskommunikation: Kabellose Verbindung im Heim- und Körperbereich (“Raumnetze”), z.B. kabelloser Anschluss für Maus, Drucker, Digitalkamera, u.a.
 - Wireless Personal Area Networks (WPAN):
 - Infrarot-Netz: Infrarot-Übertragung, Standard IrDA, 0,1 - 16 Mbit/s
 - Funkbasierte Netze, u.a.
 - Bluetooth-Netz: Problem mit IEEE 802.11, 2 Mbit/s,
 - Zigbee: 868 MHz, 915 MHz, 2,4 GHz, 250 kbit/s, 10 - 75 m,
 - NanoNet: 2,4 GHz, 2 Mbit/s, 60 - 900 m,
 - UWB (Ultra Wideband): schnelle Funkverbindung, 3,1 - 10,6 GHz, 200 Mbit/s, 10 m.
 - W-USB (Wireless USB): Funk, UWB-Tech. (3,1-10,6 GHz), 480/110 Mbit/s, 3/10 m.
 - Entfernte Identifikationstechniken:
 - RFID (Radio Frequency Identification): entfernte Identifikation von Objekten,
 - NFC (Near Field Communication): Basis Identifikationstechnik RFID, Nokia/Sony
 - Sensornetze.
- Satellitennetze: flächendeckend, Satelliten untereinander vermittelt (GAN: Global Area Network), Erdstationen durch ein drahtgebundenes Netzwerk verbunden. Konkurrenz mit terrestrischen Mobilfunksystemen. Kommunikationssatellitensysteme, u.a.
 - GEOS-basierte Systeme, geostationär, u.a. Inmarsat (3 Satelliten, 36 000 km Höhe), für Schiffskommunikation und TV-/Rdfk.-Übertragungen,
 - LEOS-basierte Systeme, i.allg. zellularer Aufbau (Ortsveränderung durch Satelliten-

- umlauf), individuelle Kommunikation, u.a. Iridium (66 Satelliten, ca. 1000 km Höhe).
- Weitere Netze: Positionierung (GPS (Global Positioning System), Galileo), Wetter, ...
- Richtfunk: Stationäre Datenverbindung, mehrere Kilometer, z.B. zwischen Gebäuden.
- Automatisierungstechnik: Drahtlose Kommunikation in der industriellen Produktion, Robotik, Transportsysteme (u.a. Einsatz RFID, NFC).
- Verteilkommunikation: Rundfunk, Fernsehen; i.allg. unidirektional (~> interaktives TV).
- Wireless Applications: Mobiler Zugang zum Internet / WWW: mobile IP, WAP, i-Mode.

3.5.2 Technische Aspekte der drahtlosen Kommunikation

Besonderheiten der Funkübertragung

Unterschiede zw. drahtgebundener und drahtloser Übertragung vor allem in Schichten 1, 2.

- Störanfälligkeit: Funkübertragung wesentlich störanfälliger:
 - Kanäle nicht abschirmbar, Einfluss elektromagnetischer Störungen auf Übertrag.-daten,
 - Problem der Mehrwegeausbreitung: dabei gelangt ein Signal durch Reflexion, Streuung und Beugung mehrfach zeitversetzt beim Empfänger an,
 - Überlagerung verschiedener Signale erschwert Auswertung der Nutzdaten.
- Niedrige Datenraten:
 - geringe Bandbreiten der Frequenzbänder, keine Echtzeitübertragung (erst ab 4G)
 - viele Nutzer müssen sich ein Medium teilen,
 - höhere Datenraten durch höhere Frequenzen ~> aber aufwendiger, kostenintensiver,
 - störanfälliger, Energie-intensiver (Problem für Akkus bzw. Batterien der Mobilgeräte).
- Mithören der Kommunikation: Zusätzliche Sicherheitsmechanismen gegenüber drahtgebundenen Netzen erforderlich:
 - Mithören schwierig verhinderbar,
 - Erschweren der Nutzdatenauswertung beim Mithören durch Verschlüsselung,
 - Schlüssel nicht über Luftschnittstelle ausgetauscht.
- Hoheitliche Restriktionen:
 - Genehmigungen für den Betrieb von Funkanlagen,
 - Berücksichtigung landesspezifischer Einschränkungen durch Gerätehersteller,
 - unterschiedliche landesbedingte Handhabung bei Verteilung freier Frequenzen,
 - Gerätehersteller u.U. verschiedene Gerätevarianten für unterschiedliche Frequenzen.
- Medizinische Restriktionen:
 - Einfluss Gesundheit (EMUV: Elektromagnetische Umweltverträglichkeit), Elektromog,
 - Bundesweite Initiative „Bürgerwelle“, insbes. breitbandige Next-G-MFN.

Multiplexverfahren

Mehrere Übertragungsvorgänge gleichzeitig auf dem Übertragungskanal übertragen. Sicherung der Mehrfachausnutzung der Funkressourcen durch verschiedene Verfahren:

- * Raummultiplex (**SDM**, Space Division Multiplexing),
- * Frequenzmultiplex (**FDM**, Frequency Division Multiplexing),
- * Zeitmultiplex (**TDM**, Time Division Multiplexing),
- * Codemultiplex (**CDM**, Code Division Multiplexing),
- * und Kombination der Verfahren.

Weitere Unterscheidung bei den Verfahren in

Duplex Access: bidirektionalen Verbindung für gemeinsamen Zugriff von 2 Kommunikationspartner auf ein Medium. Entsprechende Varianten von Zeit- und Frequenzmultiplex: **TDD** (Time Division Duplex) oder **FDD** (Frequency Division Duplex).

Multiple Access: hierbei Medium von mehreren Sendern genutzt. Entsprechende Varianten: **SDMA** (Space Division Multiple Access), **TDMA** (Time Division Multiple Access), **FDMA** (Frequency Division Multiple Access) und **CDMA** (Code Division Multiple Access).

Raummultiplex

Ausnutzung der beschränkten Ausbreitung elektromagnetischer Signale. Nach ausreichender Entfernung sind Funksignale soweit abgeschwächt, dass andere Übertragung über gleichen Funkkanal nicht mehr gestört ist. Dadurch Funkfrequenzen mehrfach nutzbar \rightarrow Aufteilung der Gesamtfläche in Cluster (Zellen); erfordert Mobilitätsverwaltung der Teilnehmer (MSC). *Antennen mit Richtungscharakteristik:* Moderne Antennen können Richtung des Funksignals so steuern, dass nur schmales Segment der Funkzelle abgedeckt. Richtungsbestimmung aus Intensitätsmessungen. Dadurch gleiche Funkressourcen mehrfach verwendbar. Bessere Ausnutzung der verfügbaren Ressourcen.

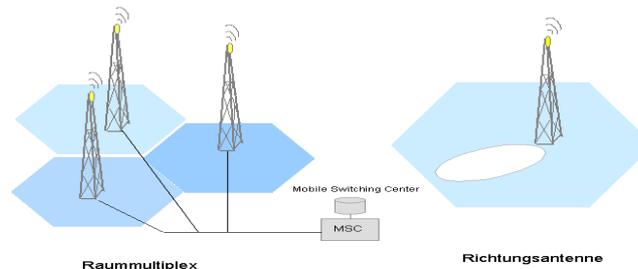


Abbildung 3.5: Zellen und Antennen im Raummultiplex

Frequenzmultiplex

Mehrfache Ausnutzung des Funkkanals durch Trägerfrequenztechnik (bekannt aus Rundfunk): mehrere Radiosender verwenden gleichzeitig das Medium. Ein Empfänger kann jedoch durch Einstellen einer bestimmten Frequenz exakt einen Sender herausfiltern (Tuning).

Breite des Frequenzbandes auf mehrere Sender aufgeteilt (exklusive Nutzung). Zusätzlich Sicherheitsabstände zwischen den benachbarten Kanälen (somit Anzahl begrenzt). Falls Duplexkanal zw. Sender und Empfänger benötigt, wird **FDD**-Verfahren verwendet. Üblicherweise Richtungen des Duplexkanals aufgeteilt in Uplink (mobiles Gerät \rightarrow Basisstation bzw. Satellit) und Downlink (Basisstation bzw. Satellit \rightarrow mobiles Gerät). Auch Wechsel der Frequenz zw. Uplink- u. Downlink-Kanal (z.B. Satellitentransponder).

Um Störungen auf Kanal entgegenzuwirken, wird Verfahren Frequency Hopping verwendet. Während einer Verbindung wird ständig die Frequenz gewechselt. Dazu eine für beide Seiten bekannte Pseudo-Zufallszahlenfolge verwendet.

Zeitmultiplex

Zeitliches Aufteilen einer Frequenz auf mehrere Sender, indem diese nacheinander einzeln das Funkmedium für eine bestimmte Zeit verwenden. Für einzelnen Sender ganzer Kanal verfügbar. Zeitraum der Belegung des Mediums: Zeitschlitz (engl.: Slot).

Kollision: unbeabsichtigte Mehrfachbelegung des Medium \rightarrow Zerstörung der Nutzdaten. Verschiedene Verfahren zur Synchronisation der Sender:

zentrale Verfahren: ein ausgezeichneter Sender stellt anderen Sendern periodisch Zeitschlitze zum Senden bereit. Gut geeignet für Systeme, wo bereits ein ausgezeichneter Sender verfügbar ist (Basisstation). Einfache Realisierung, geeignet für Geräte mit limitierten Ressourcen.

dezentrale Verfahren: keine ausgezeichnete Station, Stationen müssen Belegung der Zeitschlitze untereinander aushandeln. Anwendung u.a. bei W-LAN.

Falls ein Duplexkanal über Zeitmultiplex verwendet wird: TDD (Time Division Duplex). Hierbei wird dem Up- und Downlink zeitversetzt das Senderecht eingeräumt (Halbduplex).

Codemultiplex

Gleichzeitige Übertragung von Daten auf einer Frequenz durch verschiedene Codes. Ohne Codemultiplex \rightarrow Kollision. Spezifische Codierung der Daten sichert, dass Empfänger die Daten aus der Überlagerung *rekonstruieren* kann.

Bessere Frequenzausnutzung, da mehrere Sender eine Frequenz verwenden können. Anwendung im Mobilfunknetz UMTS und Satellitennavigationssystem GPS. Grundbestandteil des

Codemultiplex-Verfahrens sind sog. Spreizcodes: Jeder Sender bekommt eigenen Spreizcode. Empfänger muss diesen kennen und filtert das empfangene Signal: sog. Spreizen/Entspreizen. Ausgangssignal wird mit Spreizcode multipliziert. Spreizcode: unendliche Folge desselben Codeworts (Bits des Codewortes: sog. "Chips"). Vor Multiplikation wird jedes Bit des Ausgangssignals auf die Länge eines Codewortes des Spreizcodes ausgedehnt. Resultierendes Signal dann auf gemeinsamen Kanal übertragen. Empfänger rekonstruiert mit dem Spreizcode das Ausgangssignal (trotz Überlagerung).

Leistungsgrenze: Trennung der Signale bis zu bestimmten Rauschpegel möglich.

3.5.3 Wireless LAN (WLAN)

Eigenschaften

Verbund stationärer PC/WS oder portabler Rechner. Einsatz: Werksgelände, Büroräume o.ä.

Bekannte Netze: Wireless LAN: Funk (elektromagnetische Wellen), z.B. IEEE 802.11.

Schnurlose Telefonie (auch als WLAN): DECT (Europa), PHS (Japan), IS.134 (USA)

Ergänzung: Nahbereichskommunikation (Raumnetze): Infrarot, Bluetooth, ... (~> WPAN)

Verwendete bzw. vorgesehene Frequenzbänder (Frequenzbereiche für W-LAN):

Internationale Standardisierungen für W-LAN:

ETSI: HIPERLAN (HIPERLAN/1, HIPERLAN/2)

IEEE: IEEE 802.11 (breitbandig: IEEE 802.16)

Standardisierungen in IEEE 802.11 (Auswahl):

- IEEE 802.11a: ausgereifter Standard, im genehmigungspflichtigen 5 GHz-Band, 54 Mbit/s, 25 m. In einigen Ländern Europas noch nicht zugelassen (Deutschland geplant für > 2003).
- IEEE 802.11b: etablierter Standard, 11 Mbit/s, 300m, 2,4 GHz, auch Dual-Band-Zugangsknoten.
- IEEE 802.11g: 54 Mbit/s, lizenzfreies 2,4 GHz-Band, abwärtskompatibel, 11 und 54 Mbit/s, 300 m; Problem mit Bluetooth (Interferenzen); 54 Mbit/s auch im HIPERLAN/2.
- IEEE 802.11h: europäische Variante von IEEE 802.11a.
- IEEE 802.11i: Erweiterung des WLAN-Sicherheitskonzepts (WAP2).

Frequenzbereich bei 2,4 GHz:

- Lizenzfreier Frequenzbereich im ISM-Band. Nutzung durch WLAN, aber auch Bluetooth, Mikrowellen, schnurlose Telefone. Für WLAN ~> in Nähe Gefahr der Störungen in Übertragungsrate (nicht im Verbindungsaufbau, keine Datenverluste).
- Für WLAN sind in Europa 13 Kanäle vorgesehen. Bandbreite eines Kanals: 22 MHz. Abstand zwischen 2 Kanälen: 5 MHz
- Gefahr der gegenseitigen Störung bei direkt benachbarten Kanälen. Empfehlung: mindestens 5 Kanäle Abstand zwischen zwei benutzten Kanälen.

Systemarchitektur: 2 Guppen drahtloser LAN:

Infrastruktur-Netze:

Erweiterung existierender LAN um drahtlose Komponenten. I.allg. mehrere Funkzellen, Zugriff auf Festnetzrechner (Server) und Router, Verbindung zwischen drahtlosen Netz und Festnetz erfolgt durch Access Points (HUBs oder Basisstationen), die als Bridge oder Router fungieren ~> für hot-spots, i.d.R. Client/Server-Architektur.

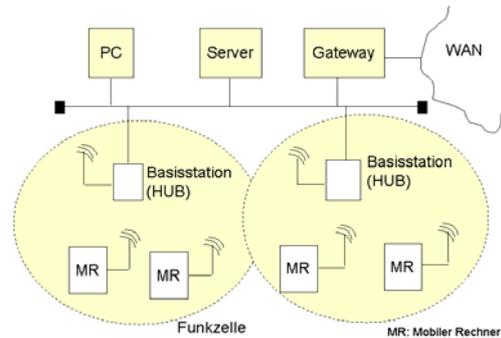


Abbildung 3.6: Netztopologie eines Infrastruktur-Netztes

Ad-hoc drahtlose Netze

Andere Bezeichnungen: MANET (Mobile Ad hoc Networks) bzw. Instant Infrastructure bzw. Mobile-mesh Networking. Spontaner Aufbau an beliebiger Stelle (z.B. Besprechungsräume), meist nur für begrenzte Zeit; dezentrales Routing.

Gute Unterstützung für Peer-to-Peer-Modell (P2P), z.B. Konferenzschaltung zwischen NBs. Ad-hoc-Netze erlauben Kommunikation der Stationen untereinander, keine Integration in eine übergeordnete feste Infrastruktur, gemeinsamer Server nur optional.

Laboreinsatz, Praktikum, Konferenz.

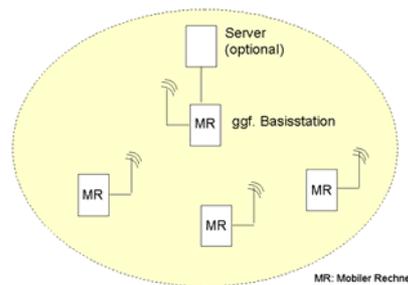


Abbildung 3.7: Infrastruktur eines Ad-hoc-Netztes

WLAN nach Standards IEEE 802.11 und ETSI/HIPERLAN

Protokolle

MAC (Medium Access Control): Legt Zugriffsverfahren auf das physikalische Medium fest, Gemeinsamer MAC-Standard sowohl für IEEE 802.11 als auch für ETSI HIPERLAN: Verfahren CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance), ähnlich Ethernet-Verfahren CSMA/CD (... / Collision Detection). CSMA/CA berücksichtigt insbesondere, dass drahtlose Übertragung störanfälliger und unzuverlässiger ist als im Festnetz. Keine Kollisionserkennung möglich.

LLC (Logical Link Control): Bei IEEE 802.11 wird das existierende LLC (IEEE 802.2) unverändert beibehalten, HIPERLAN sieht zusätzlich ein erweitertes (enhanced) LLC vor.

Charakteristika:

Reichweite bei nicht gerichteter Ausstrahlung: 100 ... max. 300 m (je nach Einsatzumgebung und aufgewendeter Energie). Geschwindigkeit der Endgeräte soll die Geschwindigkeit von Fußgängern (5 - 7 km/h) nicht überschreiten (IEEE 802.11); bei HIPERLAN: bis zu 40 km/h. Brutto-Datenraten: ca. 2 Mbit/s (802.11), 11 Mbit/s (802.11b), 54/108 Mbit/s (802.11a), zukünftig: Millimeterwellen-Funknetze mit 10 ... 300 Mbit/s, dann auch Multimedia-Anwendungen über Funk (Ergänzung durch IEEE 802.16, z.B. Wimax).

Spread-Spectrum:

WLANs als Spread-Spectrum-Systeme (Spreizband) in spez. Frequenzbändern betrieben:

ISM-Bänder (Industrial, Scientific, and Medicine) und HIPERLAN-Bänder.

Während bei Mobiltelefonsystemen jedem Netzbetreiber genau festgelegte Frequenzen zuge- teilt sind, teilen sich alle Nutzer das verfügbare Frequenzband gleichzeitig. Keine Lizenzen an ausgewählte Betreiber von Funksystemen vergeben. Jeder darf diese Bänder nutzen, muss aber ein Verfahren verwenden, das die gleichzeitige Koexistenz anderer Systeme erlaubt (RTS/CTS-Nachrichten in CSMA/CA) --> führt u.a. zu Einschränkungen in der erlaubten Sendeleistung und zu geringeren Reichweiten. Spread-Spectrum-Systeme erfüllen diese Anforderungen, indem sie das zu sendende Signal nicht in einem schmalen Frequenzband senden, sondern über das gesamte verfügbare Frequenzband spreizen. Durch Verwendung unterschiedlicher Spreizmuster können somit mehrere Systeme nebeneinander existieren. Sind Sender und Empfänger aufeinander abgestimmt (d.h. auf spezielle Spreizmuster syn- chronisiert), so erscheinen die Signale der anderen Systeme nur noch als kleine Störungen (Rauschen). 2 wichtige Spreizverfahren: Frequency Hopping und Direct Sequence.

Sicherheit in drahtlosen LAN

Verwendung von speziellen Verfahren zur Funkübertragung: Spread Spectrum Verfahren (Frequency Hopping und Direct Sequence), angewandt in Funk-LAN, sind schwer abhörbar, da Sender und Empfänger Hopping- oder SpreadSequenzen benutzen. (Spread Spectrum Ver- fahren ursprünglich im militärischen Bereich entwickelt, um schwer abhörbare Verfahren bereitzustellen).

Identifikation der Funkkarten: Während Installation kann für jedes Gerät eine eigene Identifi- kation vergeben werden. Diese Identifikationen werden dann bei der Datenübertragung mit abgeprüft, so dass die Nachrichten nur von den entsprechenden Funkkarten gelesen werden. Eindeutigkeit der Identifikationen ist von außen (Systemadministrator) zu gewährleisten.

Verschlüsselung der Nachrichten: Dazu stehen verschiedene Algorithmen (z.B. DES: Data Encryption Standard, Triple-DES, IKE/A) in HW / SW zur Verfügung. Allerdings nur geringe Unterstützung beim Einsatz und Schlüsselmanagement. Die benötigten Schlüssel müssen von Hand eingegeben werden. Alle Stationen müssen über gleiche Schlüssel verfügen.

Neuere W-LAN auf Basis IEEE 802.11 verwenden die Sicherheitsstandards auf Basis IEEE 802.11i (s. WEP, WPA). Bei Verwendung mobile IP zusammen mit W-LANs stehen damit auch zusätzliche Sicherheitsfunktionen zur Authentisierung zur Verfügung.

Standard IEEE 802.11i

- Erweiterung des Sicherheitskonzepts von WLAN (für LAN allg. in IEEE 802.11). Es ersetzt die unzureichenden Verschlüsselungsverfahren in WEP durch WPA 2.
- Moderne Router (z.B. DSL-Router/Modem Speedport W 501 V, Fritzbox, D-Link u.a.) un- terstützen IEEE 802.11i.

WEP (Wired Equivalent Privacy)

- Verschlüsselungsverfahren nach IEEE 802.11 auf Basis einer RC4-Chiffrierung (Strom- chiffrierer). Innerhalb des WEP-Mechanismus wird ein statischer Schlüssel festgelegt, der für die Verschlüsselung der Nutzdaten verwendet wird.
- Bereitstellung von Funktionen für Paketverschlüsselung (Schlüssellängen 40 / 64 / 104 bzw. 128 Bit) und Authentisierung (Challenge-Response-Verfahren).
- Verfahren gilt seit 2007 als extrem unsicher: WEP-Schlüssel kann in wenigen Minuten „ge- knackt“ werden ~> SW aircraft der TU Darmstadt (Tews, Weinmann, Pyshkin).

WPA und Nachfolger WPA 2 (Wi-Fi Protected Access 2)

- Sicherheitsstandard für WLAN nach IEEE 802.11a, b, g. Insbesondere WPA 2 imple- mentiert die Funktionen des neuen Sicherheitsstandards IEEE 802.11i.
- WPA und WPA 2 sehen eine Authentifizierung während des Verbindungsaufbaus vor (Fest- legung durch WPA-Kennwort).

- Die Nutzdaten werden durch ein Verschlüsselungsverfahren gesichert (automatisch generierter Schlüssel). WPA-Netzwerkschlüssel 8 ... 63 Zeichen (empfohlen > 20 Zeichen), wird in periodischen Abständen neu generiert.
- WPA nutzt für die Verschlüsselung das Verfahren TKIP (Temporary Key Integrity Protocol): es ist ein Stromchiffrierer RC4 (wie in WEP).
- Im WPA 2-Mechanismus ist zusätzlich das Verschlüsselungsverfahren AES-CCM definiert:
 - basiert auf dem Verschlüsselungsalgorithmus AES (Advanced Encryption Standard),
 - durch CCM (Counter with CBC-MAC) wird festgelegt, wie das AES-Verfahren auf WLAN-Pakete angewendet wird. Es ermöglicht WPA 2 auch im ad-hoc-Modus (wird TKIP später ablösen).

3.5.4 Drahtlose Nahverbindungen

Schnurlose Telefonie (DECT)

Schnurlose Telefonie (CT: Cordless Telephony) für Heim- und Unternehmensbereich. Kategorisierung als W-LAN oder W-WAN (Telefoniedienst), je nach Einsatz/Architektur.

DECT: Digital Enhanced (vormals European) Cordless Telecommunications. Europäischer Standard für digitale, schnurlose Nebenstellenanlagen. Massenmarkt (analog: Japan: PHS: Personal Handyphone System, USA: PCN 1900 (IS.134)).

Basisstation (Anschluss POTS, ISDN, xDSL), 1... n mobile Tel.-Stationen (Air Interface). Neben Sprachübertragung auch Datenübertragung ermöglicht Möglichkeit für W-LAN. Hierbei ist das verfügbare Frequenzband in 10 Kanäle aufgeteilt, die ihrerseits in 24 Zeitschlitz unterteilt sind. Nettodatenrate: 32 kbit/s je Funkkanal und Zeitschlitz. Durch geeignete Kombination der Kanäle lassen sich Datenraten von einigen 100 kbit/s erzielen. Datenraten aber deutlich geringer als in LAN bzw. WLAN.

Lokale Infrarot-Netze (IR, Infrared)

Typischer Vertreter der Nahbereichskommunikation (Raumnetz, WPAN), weniger als LAN.

Vorteile: keine regulatorischen Bestimmungen, keine Betriebslizenz erforderlich.

Klassische IR-Systeme: Strahlen diffus in alle Richtungen ~> Reichweite auf wenige Meter begrenzt. Signale leicht unterbrechbar, können keine Wände durchdringen. Im Freien nicht einsetzbar, da Sonnenlicht die Signale stört.

DÜ: 115 kbit/s (SIR). IR-Systeme mit LED's erlauben Datenraten bis zu einigen Mbit/s. Einsatz z.B. in Büros, um drahtlos vom portablen Rechner aus Drucker und andere Geräte anzusteuern. Auch für Inhouse-Positionierungen (z.B. System Cricket). Wegen geringer Reichweite auch als WPAN (Wireless Personal Area Network) bezeichnet.

Laserbasierte IR-Systeme: für Pkt-zu-Pkt-Verbindungen genutzt. Einsatz z.B. für drahtlose Kopplung zweier LAN's in verschiedenen Gebäuden. Datenraten bis zu 4 Mbit/s (FIR) bzw. 16 Mbit/s (VFIR) möglich.

3.5.5 Mobilfunknetze (Auswahl)

Eigenschaften

Drahtlose Weitverkehrsnetze (Wireless WAN, Mobilfunknetze).

- **Mobiltelefonie** (AMPS, GSM, UMTS), **Datenpaketfunk** (Modacom, GPRS, HSDPA).
- **Bündelfunknetze** (Chekker, TETRA), **Funkrufsysteme** (Pager, ERMES).

Übertragung in größeren geographischen Regionen, z.B. Funkversorgung in Ballungsgebieten, schwach infrastrukturierten Gebieten (Entwicklungsländer), entlang der wichtigsten Verkehrswege.

Verschiedene Systeme (ähnlich in Architektur): zellulare Netzwerke mit den Komponenten mobile Endgeräte, Basisstationen, Funkvermittlungsstellen (Switches).

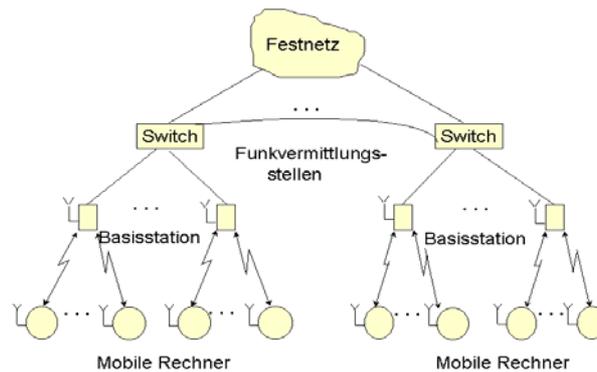


Abbildung 3.8: Hierarchische Architektur eines zellulären Netzwerkes

Hauptvertreter: *Mobilfunknetze* (MFN): GSM, DCS, GPRS, EDGE, UMTS, HSDPA.

Basisstation: zuständig für Funkversorgung in den Zellen, über Mobilvermittlungsstelle (MSC) mit Festnetz bzw. anderen MFN verbunden (IWF: Interworking Function).

Mobile Endgeräte: Geschwindigkeit darf (je nach System) bis max. 250 km/h betragen. Wesentliche Unterschiede in der Architektur: in der verwendeten

Verbindungsart: paketorientiert (verbindungslos), leitungsvermittelt (verbindungsorientiert)

Datenraten: 4...10 kbit/s_{GSM} ...43.6 kbit/s_{HSCSD} ... 115 (~> 384) kbit/s_{GPRS} ... 2 Mbit/s_{UMTS} ... 1.8 ... 7.2 Mbit/s_{HSDPA} (i.d.R. geringer als bei W-LAN)

Frequenzbereiche ausgewählter zellulärer Mobilfunksysteme (MFN)

Frequenzen	System	Land
417 - 427 MHz	Modacom	Deutschland
410 - 430 MHz	TETRA	Europa
450 - 470 MHz		
824 - 894 MHz	AMPS/CDPD	USA
890 - 915 MHz	GSM	Europa
935 - 960 MHz	(D1/2-Netz)	(Deutschland)
1710 - 1785 MHz	DCS 1800	Europa
1805 - 1880 MHz	(E-Netz)	(Deutschland)
1880 - 1900 MHz	DECT	Europa

Paketorientierte Funknetze

Klassische Paketfunknetze, Erweiterung der PVN (X.25) zur Datenübertragung: Modacom (Deutschland), Ardis (USA), Mobitex (Schweden, England, Frankreich), Mitte 90er eingestellt.

Modacom (Mobile Datenkommunikation)

Erweiterung der existierenden Paketvermittlungsnetze auf Basis X.25 (z.B. Datex-P) um einen Funkzugang („drahtlose Verlängerung X.25“). Bruttobitrate: ca. 8 kbit/s, Nettobitrate für den Nutzer: etwa 2 ... 4 kbit/s. Für kurzen und “burst“-artigen Datenverkehr und Übertragung kleiner Dateien ausgelegt.

Neuere digitale Paketfunknetze

- Datenpaketfunkdienstes GPRS (General Packet Radio Service):

Erweiterung GSM durch Paketfunk: 40 - 60 - 115 kbit/s (ab 2000) ~> max. 171,2 kbit/s (EDGE: EGPRS 345,6 kbit/s);

Architektur auf Basis von GSM, Einbezug Paketvermittlung und des Dienstes für hochratige *kanalvermittelte Datenübertragung* HSCSD (*High Speed Circuit Switched Data*, leitungsvermittelt, Kanalbündelung, max. 115,2 kbit/s). •UMTS:

Dienste für Sprach- und Paketübertragung (PVM 384 kbit/s), PVM z.T. über GPRS.

Nachfolgesystem LTE (Long Term Evolution). Broadband, 100 Mbit/s, ca. 2010.

- HSDPA (High Speed Downlink Packet Access):

Erweiterung UMTS (Standard, Version 5, 2002): Verbesserung im Downlink-Kanal

DSCH (Downlink Shared CHannel). Übertragungsraten 1.8 ₂₀₀₆ ... 7.2 Mbit/s.
 Paketfunknetze: Kosten für Anzahl der gesendeten Datenpakete, nicht für Verbindungszeit.

Zelluläre Mobilfunksysteme (analoge / digitale zelluläre Mobiltelefonsysteme)

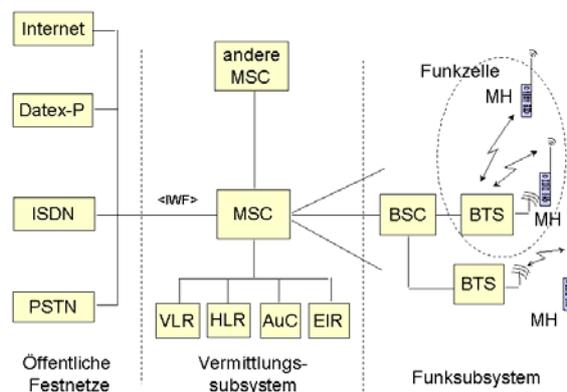
analog: C-Netz (DE), AMPS (USA): mobile Telefonsysteme, MFN 1G
 digital: GSM (D-/E- Netze (DE, Europa)), USCD, IS-95 (USA), PDC (Japan): MFN 2G
 Neben Sprachkommunikation erlauben diese Systeme auch die Datenübertragung
 - bei den analogen Systemen (C-Netz, AMPS) werden die Sprachkanäle benutzt und spezielle Modems verwendet,
 - bei digitalen Systemen (z.B. GSM, UMTS) werden spezielle Datendienste definiert.
 Grundprinzip: Raummultiplexing: Aufteilung des Funkbereiches in Regionen (Zellen). Nutzung Dämpfungseigenschaft. Wiederverwendung der Funkfrequenzen in entfernten Zellen (keine Beeinflussung).
 Wichtige Dienste: Roaming (automatisches Erkennen der aktuellen Funkzelle), Handover (automatisches Wechseln der Funkzelle), Mobilitätsverwaltung (Home Location Register, Visitor Location Register).

Global System for Mobile Communications (GSM)

Standard für digitale zelluläre Mobilfunksysteme für räumlich ausgedehnte Anwendungen. Europaweit einheitliches System zur drahtlosen digitalen Sprach- und Datenübertragung. ETSI: European Telecommunications Standards Institute.
 Dienste: Sprache (Telefon), Paketdaten (GPRS), Kurznachrichten (SMS, Signalisierkanal).
Standard GSM / ETSI:
 GSM: Global System for Mobile Communications (Standard), 900 MHz Übertragungsfrequenz. Netze: D-Netze (D1, D2). Betreiber D1: Telekom (DeTeMobil / T-Mobile), Betreiber D2: Mannesmann Mobilfunk GmbH / Arcor ~> Vodafone/Airtouch.
Standard DCS-1800 / ETSI :
 DCS-1800: Digital Cellular-System-1800 (Standard), 1800 MHz Übertragungsfrequenz. Netze: E-Netze (E1, E2); ähnlich GSM, kleinere Funkzellen, Betreiber E1: E-Plus / o.tel.o; E2: Viag Interkom / O₂.

Architektur von GSM

Grundstruktur:



Legende:

- | | | | |
|-------|--|------|-----------------------------------|
| BS: | Base Station (BSC + BTS) | VLR: | Visitor Location Register |
| BSC: | Base Station Controller | HLR: | Home Location Register |
| BTS: | Base Transceiver System | AuC: | Authentication Center |
| MSC: | Mobile Switching Center | EIR: | Equipment Identification Register |
| MH: | Mobile Host | IWF: | Interworking Functions |
| PSTN: | Public Switched Telecommunication Network (analoges Telefonnetz) | | |
| ISDN: | Integrated Services Digital Network (digitales Telefonnetz) | | |

Abbildung 3.9: Architektur GSM-System

Komponenten:

Basisstation (BS): Realisiert die Funkkommunikation mit den mobilen Endgeräten (MH) in den zugehörigen Funkzellen. Subkomponenten:

- BSC (Base Station Controller): zuständig für Steuerungsaufgaben,
- BTS (Base Transceiver System): zuständig für Funkübertragung.

Mobile Switching Center (MSC): Steuert und koordiniert die Basisstation im zugeordneten geographischen Bereich, u.a. Kontrolle der Verbindungen, Weiterleiten von Daten zu anderen MSC (Routing), Übergang zu den Festnetzen, wie ISDN, PSTN, Datex-P. Das MSC enthält HLR, VLR, AuC, EIR.

Home Location Register (HLR): Verwaltet Informationen über die mobilen Teilnehmer, die sich im zugehörigen Verwaltungsbereich angemeldet haben, u.a. Daten zur Authentisierung, Gebührenberechnung, Informationen zum aktuellen Aufenthaltsort der Teilnehmer.

Visitor Location Register (VLR): Enthält Daten der Teilnehmer, die sich gerade in dem zugeordneten Verwaltungsbereich aufhalten. Durch die Informationen im HLR und VLR werden Lokalisierung, Roaming, Handover und Authentisierung der Teilnehmer ermöglicht.

Mobilitätsverwaltung:

- *Handover*: automatisches Wechseln der Funkzelle (Weiterreichen der Aufenthaltskoordinaten bei Zellenwechsel, Messung Funkintensität).
- *Roaming* („Wandern durch die Zellen“): automatisches Erkennen der aktuellen Funkzelle.

Authentisierungs-Center (AuC: Authentication Center): Unterstützt Identifizierung und Authentisierung der Teilnehmer.

Equipment Identification Register (EIR): Verwaltet die einzelnen Endgeräte.

Sicherheit in GSM-Systemen

GSM bietet i.w. 2 Sicherheitsdienste: Sicherheit der Identität des Benutzers gegenüber dem System, Vertrauliche Kommunikation durch geeignete Verschlüsselung.

Identität des Teilnehmers durch persönliche Teilnehmernummer gesichert: Diese erhält Teilnehmer über die Chipkarte (SIM), die er in ein beliebiges Endgerät (Mobiltelefon) einschieben kann. Vorteil: Teilnehmer nicht an bestimmtes Gerät gebunden. Terminal-Mobilität und Nutzer-Mobilität somit voneinander getrennt. Identität des Teilnehmers ist wichtig für Erreichbarkeit (System muss wissen, wo Teilnehmer sich befindet, um Verbindung aufbauen zu können) und Gebührenabrechnung. Abhören der Funkstrecke wird durch Verschlüsselung der Verbindung zwischen Mobil und Basisstation abgesichert.

Verschlüsselung:

Schlüsselauswahl für die vertrauliche Kommunikation: Jeder Teilnehmer hat auf seiner Chipkarte seinen geheimen Schlüssel ‘Ki’ gespeichert. Schlüssel ‘Ki’ ist auch in dem für den Teilnehmer zuständigen Authentication Center (AuC) abgelegt.

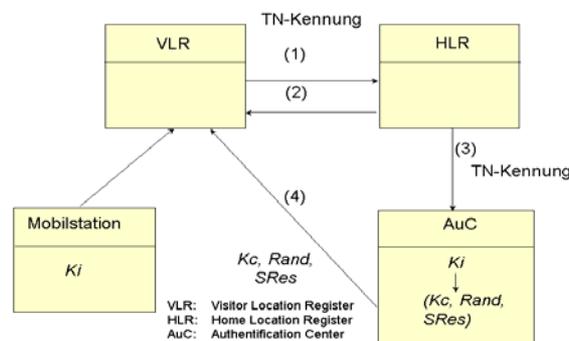


Abbildung 3.10: Schlüsselauswahl in GSM

- (1): sobald sich ein Teilnehmer anmeldet, wird seine TN-Kennung (nicht Ki) vom VLR an sein HLR übermittelt.
- (2): HLR bestätigt diese Meldung und wendet sich an AuC (3).
- (3): Beim AC wird der zu dieser TN-Kennung gehörige Schlüssel 'Ki' ermittelt und daraus ein zur Verschlüsselung der Verbindung einzusetzender Sitzungsschlüssel 'Kc' generiert.
- (4): 'Kc' wird zusammen mit einer Zufallszahl 'Rand' und der digitale Signatur 'SRes' an VLR zurückgeschickt.

Sicherstellung der Teilnehmer-Identität

(VLR): Beim Verbindungsaufbau wird Sitzungsschlüssel 'Kc' zur Basisstation (1) und Zufallszahl 'Rand' und 'Sres' zur Mobilstation (2) übertragen.

(MT): Mobilstation berechnet aus 'Ki' u. 'Rand' den Wert 'SRes*' und überträgt ihn zum VLR (3).

(VLR): Hier wird 'SRes' mit 'SRes*' verglichen. Bei Gleichheit ist der Teilnehmer authentisch.

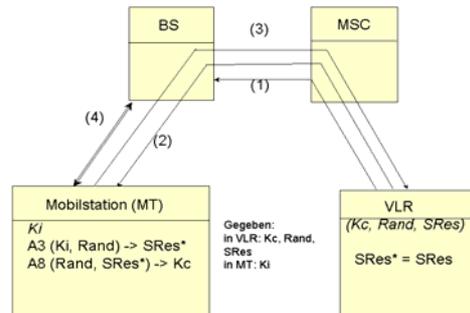


Abbildung 3.11: Sicherung der Teilnehmer-Identität

Zur Verschlüsselung berechnet die Mobilstation den Sitzungsschlüssel 'Kc' aus 'Rand' und 'SRes*'. Damit ist dann die Verschlüsselung von Nachrichten zur Basisstation möglich. Der aufgerufene Teilnehmer authentisiert sich auf gleiche Weise (4).

Bei der Verschlüsselung handelt es sich um eine sog. Link-Verschlüsselung (beide Teilnehmer müssen keine Schlüssel austauschen).

3.5.6 Neuere und zukünftige Systeme

Dilemma der Mobilkommunikation der 2. Generation: GSM, DECT, DCS-1800, ...

- Vielzahl unterschiedlicher Dienste auf Basis der jeweiligen Technologie und Endgeräte.
- Mehrere koexistent existierende Systeme - aber keine gemeinsame Nutzung, nur ggf. Interworking (Nutzung IWF).
- Zwischenschritt: PCN bzw. PCS (Personal Communication Networks bzw. Systems): Entwicklung in USA (ab 1991/92): basierend auf 2. Generation MFN mit umfassenden Diensten (z.B. unabhängige mobile Endgeräte), Einsatz in UK.

Zwei Entwicklungslinien zur universellen Mobilkommunikation (Einsatz ab 2010):

1. MFN 3G (UMTS / IMT-2000): verschiedene Entwürfe bereits in den 90ern.
 - * Universal Mobile Telecommunications System [Chia, ETSI, 1992].
 - * International Mobile Telecommunications at 2000 MHz (vormals FPLMTS) [Task Group 8/1 of the ITU Radiocommunication: FMPLTS / IMT-2000; 1994]
2. MBS (Mobile Broadband System): Breitbandübertragung, Echtzeit (Videostreaming):
 - * W-ATM (wireless ATM -> nG-IP) [ETSI, ATM-Forum, 1996], Wimax [IEEE, 2000]
 - * UTMS-Nachfolge: Long Term Evolution (LTE) [Fettweiss u.a., 2007].

3. Generation Mobilkommunikationssysteme: UMTS / IMT-2000 (ehemals FPLMTS)

Standardisierung durch ETSI bzw. ITU. Einheitliches, diensteintegrierendes System für mobile und personelle Kommunikation (Vereinheitlichung der bisherigen Systeme).

Konzept IMT-2000 (Integration der einzelnen Systeme).

2 Projektlinien und Betreibergruppen:

- 3GPP (3rd Generation Partnership Project) ~> UMTS (ETSI: Europa, weitere Länder)

- 3GPP2 ~> CDMA2000 (ITU: Nordamerika, Japan, ...)

Bereitstellung in DE: Funklizenz: 2000, Testbeds: 2003), Betrieb (UMTS-Inseln): ab 2004.

UMTS-Zugangsnetz: UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network).

Dienste: leitungsvermittelt (für Telefonie) und paketvermittelt (für Datenübertragung). Hierzu Nutzung des GPRS.

Einsatz zu Hause oder unterwegs, für private, geschäftliche oder öffentliche Zwecke.

UMTS und IMT-2000 sehen eine Vielzahl von Diensten mit Datenraten von bis zu 2 Mbit/s vor (Regelleistung 384 kbit/s). Bei Verwendung von HSDPA (*High Speed Data Package Access*): 1,8 Mbit/s (2006), später bis 7,2 Mbit/s.

Gute Integration in existierende Netzwerke, insbes. Internet und B-ISDN (SDH, WDM und ATM); drahtlose LAN sind noch nicht mit einbezogen. UMTS steht in Konkurrenz mit der weiterentwickelten GSM-Technologie auf Basis des Datenpaketfunkdienstes GPRS (General Packet Radio Service, 60 - 115 kbit/s) und des Dienstes für hochratige kanalvermittelte Datenübertragung HSCSD (*High Speed Circuit Switched Data*), z.B. EDGE (*Enhanced Data rates for GSM Evolution*, 345,6 kbit/s). EDGE als Standard in IMT-2000 anerkannt, Anbieter in Nordamerika und T-Mobile („Turbo-EDGE“, 220 kbit/s).

Grundstruktur zukünftiger Systeme

Modulare zellulare Architektur mit überlappenden Pico-, Micro-, Macro- und Hyper-Zellen, die unterschiedlichste Verkehrs- und Mobilitäts-Charakteristika unterstützt. Auf Festnetzseite: Konzept des *Intelligenten Netzes* (IN-Konzept) zur Generierung verschiedener Dienste. IMT-2000 sieht je Anwendungsfeld eine unterschiedliche Funkschnittstelle vor. UMTS sichert einheitliche, adaptive Funkschnittstelle für verschiedene Dienste und Umgebungen.

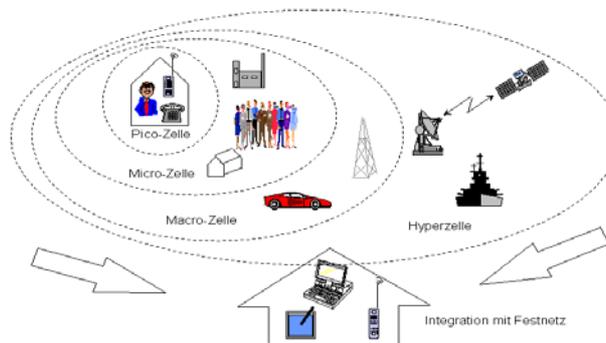


Abbildung 3.12: Modulare Zellenarchitektur

4. Generation Mobilkommunikation: MBS, UPT

Mobilfunknetze der nächsten Generationen (4G and beyond) sind gekennzeichnet durch:

- Breitbandige Übertragung, Echtzeitkommunikation (Dienstgüte), flächendeckende Zellularstruktur (LTE),
- Kleinstzellenstruktur (Multimillionen-Teilnehmersysteme), Nutzung von IP-Techniken,
- Integration von lokalen und Nahbereichs-Funktechniken,
- Lokalisierungstechniken (Satellit bzw. MFN), Sprache und hochauflösende Videos,
- Local Based Services (LBS): DÜ, Dienste, Lokalisierung,
- UPT (Universal Personal Telecommunications): Entwicklung eines neuen, weltweiten universellen Dienstes

Ziel: Breitbandige MFN, Übertragung hochauflösender Videoströme, UPT, flächendeckend, ab 2010, gleitende Einführung (z.Zt. Forschung, Testnetze, verschiedene Strategien).

Wireless ATM (W-ATM):

Ehem. EU-Projekt „MBS: Mobile Broadband System“. Einsatz nach 2005 (~> 2010) geplant. Ergänzung durch Wimax (IEEE 802.16) und UWB (Ultra Wideband).

LTE (Long Term Evolution): UMTS-Nachfolgetechnik

- Datenraten 100 Mbit/s. Nutzung für Videostreaming (Übertragung hochauflösender Videos aufs Handy), Spieleanwendungen und Lokalisierungstechniken. UMTS begrenzt auf 7,2 Mbit/s. LTE mit 10...15 facher UMTS-Übertragungsleistung.
- Forschungsaufgaben zur spektralen Effizienz, Latenz und Fairness gegenüber anderen MFN-Teilnehmern. Einsatz von Mehrantennensystemen mit abgestimmten Steuerungs- und Kanaluweisungsalgorithmen mit zellübergreifenden Kooperationstechniken.
- BMBF-Forschungsprojekt EASY-C ~> Basis für künftige MFN-Generationen. Koordination durch Deutsche Telekom, Vodafone, TU Dresden (Prof. Fettweis, Vodafone Stiftungslehrstuhl) und Fraunhofer Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut (HHI).

Forschungsprojekt EASY-C (Enablers of Ambient Services and Systems – Part C)

- Entwicklung von Schlüsseltechnologien für die nächste Generation zellulärer MFN: Unterstützung von Echtzeit-Applikationen mit hohen Datenraten.
- Existierende und in Standardisierung befindliche MFN (3GPP / UMTS, Wimax) können die Dienstqualität nicht erbringen.
- Lösung durch Einsatz verschiedener Kooperationstechniken mit mehreren Funkzellen, z.B. durch Interferenzreduktion an den Zellrändern und kooperative Antennensysteme (konnten sich in der bisherigen Standardisierung nicht durchsetzen wegen fehlender belastbarer Bewertungs- und Analysemethoden).
- Aufbau weltweit erster Feldtestumgebungen, u.a. in Innenstädten von Dresden und Berlin. In DD: Testplattform „Sorbas“ der Fa. Signalion GmbH Dresden. Nutzung vorhandener GSM- und UMTS-Antennenstandorte in Nähe des Hbf und der Südvorstadt.

4 Mobile Verteilte Systeme (Nomadic Computing)

4.1 Mobilität und Ressourcen

4.1.1 Integration von Mobilität und Ressourcen

Mobile verteilte Systeme

Mobile Computing

- Technologie des Zugriffs zu digitalen Ressourcen “zu jeder Zeit, von jedem Ort”.
Elimination der Zeit- und Orts-Restriktion: Ubiquitous Computing.
- Methodik: Portable Computer, drahtlose Kommunikation, neue personelle Anwendungen.
Ergänzung durch Lokalisierungstechnologien (Benutzer, Anwendung).

Mobile Distributed Computing

- **Verteiltes System:** Anwendung auf vernetzte Rechner verteilt, kooperative Arbeit.
Integration Mobile Computing in ein verteiltes System.
- **Mobiles verteiltes System (Mobile Distributed Computing):**
 - * Verteiltes System, aufsetzend auf Rechnernetz (connected/disconnected mode).
 - * Ankopplung einer oder mehrerer mobiler Stationen über Kabel (wired, z.B. Modem, Telefonnetz) oder kabellose (wireless) mittels Funknetz (z.B. GSM, GPRS u.a.).
 - * Verwaltung der verteilten Ressourcen, Verteilungsplattformen.
 - * Ortsveränderliche (“nomadisierende”) Teilnehmer: Nomadic Computing.

Aspekte mobiler verteilter Systeme

Mobilitätstypen (zur physischen/logischen Lokalisierung der Benutzer):

- Terminalmobilität (terminal mobility): Portable Computer, Funkanschluss
--> Broadcast-/Multicast-Adressierung, Mobilitätsverwaltung (Handover, Roaming).
- Personelle Mobilität (*personal mobility*): Nutzer hat Zugriff von jedem Rechner und Ort.
- Dienstmobilität (*service or session mobility*): Dienste an jedem Ort verfügbar.

Charakteristika mobiler Stationen:

- Beweglichkeit der portablen Computer (Terminal-Mobilität) und Nutzer (personelle Mobilität) --> ständige Änderung Topologie und Zustand (dynamische Systemkonfiguration).
- Mobilstationen mit geringeren Ressourcen (Energie, Perfektion).
- Geringe Leistung der Mobilkommunikation: Niedrigere und wechselnde Übertragungsraten, höhere Fehlerraten gegenüber Festnetzen, Unzuverlässigkeit, häufige Verbindungsunterbrechung (z.B. “Funkschatten”).
- Nicht ständige Verfügbarkeit der Mobilstation, Wiederanlauf, Fehlerbehebung.
- Eingeschränkte Dienstqualität (Quality of Service, QoS) --> Restriktion im MM-Bereich.

Gestaltung mobiler Anwendungslösungen

Funktionalität innerhalb eines verteilten Systems:

- Verteilungsprinzipien (u.a. Daten, Verarbeitung, Ein/Ausgabe)
- Verteilungsplattformen für heterogene Systeme (RPC, RMI, CORBA, EJB, ...)
- Arbeitsorganisation (Software-Engineering)
- connected mode (online) / disconnected mode (zeitweilig offline)

Einbezug mobiler Teilnehmer (Nutzer- / Terminal - Mobilität):

- Bewegliche Ressourcen, dynamische Systemkonfiguration, Erreichbarkeit der Teilnehmer

Aufteilung der Ressourcen und Komponenten auf die Knoten eines verteilten Systems

- n-Tier-Architektur (Aufteilung auf Knoten: E/A, Verarbeitung, Speicherung),
- Kooperationsmodell, territoriale Verteilung

Netzstruktur: Infrastrukturnetz und Ad-hoc-Netz

Kooperationsmodell: Client/Server und Peer-to-Peer

Programmierungsumgebungen / Verteilungsplattformen:

- prozedural: RPC, DCE
- objektorientiert: RMI, CORBA, J2ME
- komponentenbasiert: Enterprise JavaBeans (EJB, J2EE), DCOM, .NET, EAI/SOA
- WWW: Web Services (SOAP, WSDL, UDDI, XML)

Kommunikationsstruktur:

- drahtlos: Mobilfunknetze, WLAN, RFID, Sensornetze, Satellitenfunk
- drahtgebunden: ISDN, xDSL, Ethernet, Internet, SDH/WDM

Beispiel einer mobilen Anwendungslösung:

MEMOS (Mobile Extensible Memory Operational System), BMBF-Projekt MOBREGIO

- Client/Server, Middleware: EJB, Corba, Web Services
- Anschluss PMA: Personal Memory Assistant (GSM, GPRS)

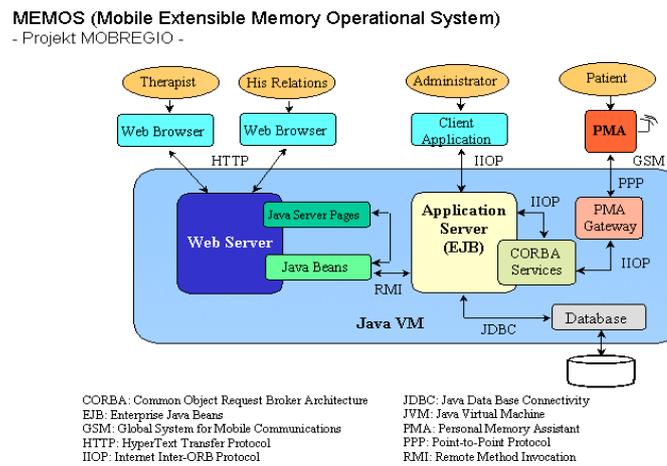


Abbildung 4.1: Systemarchitektur MEMOS

Administrierung mobiler Stationen in verteilten Systemen

Realisierungsformen:

- Lokations-Management oder Konfigurations- und Ressourcen-Management (~> mobile IP)
- Domain-Konzept (Stations- und Domain-Manager), z.B. DaimlerChryslerAG.
- Instanziierung des Anschlusses mobiler Teilnehmer in Infrastrukturnetzen: Mediator, Mobile Agent und Management (Lokalisierung, Fehler-Management).
Client / Server / Trader in Infrastrukturnetzen, Peer-to-Peer in Ad-hoc-Netzen.
- Dezentrales Routing in Ad-hoc-Netzen.
- DHCP: Anwendung zur dynamischen Adressvergabe. Mobile IP: Erweiterung IP von Fest- auf Mobilnetz.

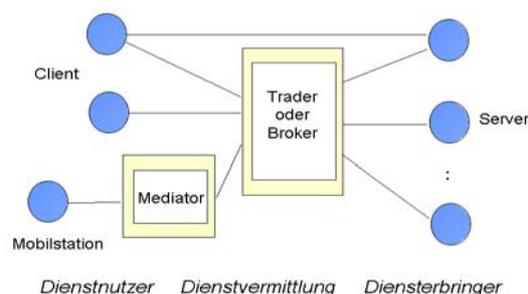


Abbildung 4.2: Administrierung mobiler Stationen in verteilten Systemen

4.1.2 Ressourcenverwaltung

Historische Entwicklung von Lokalisierungstechnologien für mobile Nutzer

- Verteilung der Ortsinformationen über das Netz ~> *Anwendung bei Mobile IP*
Eindeutige Adressierung im Netz, z.B. Internet (z.B. IP-Adressierung).
Basis: Ubiquitous Computing (Xerox/USA):
 - Xerox PARC: distributed Computing unterstützende Umgebung (ubiquitous computing, augmented and virtual reality)
 - kontinuierliche kabellose Verbindung mobiler Nutzer und Adressierung.
- Zentralisierte Ortsinformationen (Location Server) ~> *Anwendung bei Mobilfunknetzen*
Mobiler Teilnehmer meldet eine Positionsänderung in eine DB (Location-Area-DB). Hoher Signalisierungsaufwand. Basis: Electronic Location Technology (Olivetti).
Active Badge System. Technologie: "System-Ressource oder Nachricht folgt dem Nutzer".
Bei Ortswechsel erfolgt ein automatisches Login (Roaming) Phonetische Nachrichten und Emails folgen Nutzer, intelligentes Call-Forwarding (Rufweiterleitung und Handover).

Location Management

Migration des Mobilteilnehmers im Subnetz und in andere Subnetze bewirken dynamische Orts- und Zustandsänderung im Mobilnetz sowie dynamische Änderung des Zugangspunkts zum Festnetz und Aufenthaltsort. Aufgaben und Methoden des Location Managements: Lokalisieren, Verfolgen, Adressieren des mobilen Teilnehmers.

2 Basismethoden (ggf. kombiniert):

1. Zentralisierte Ortsinformation (Location Server): Verwendung einer Datenbank
 - Mobiler Teilnehmer informiert Datenbank über seine Positionsänderung (Zellenwechsel) und neuen Aufenthaltsort; Datenbank kann verteilt sein. Typisch: MFN.
 - Mehrere Zellen können Location Area bilden. Beispiel GSM: Home Location Register wird über jeden Wechsel in neue Location Area informiert (Handover) und enthält somit aktuellen Aufenthaltsort des mobilen TN.
 - Zur TN-Adressierung kann man Aufenthaltsort des TN erhalten (Roaming).
~> Hoher Signalisierungsaufwand im Netz.
2. Verteilung der Ortsinformation über Netzwerk
 - Nutzung des Adressierungs- und Routingschemas aus Internet: Jeder Rechner durch IP-Adresse eindeutig bestimmt.
 - Mittels IP-Adresse werden die Daten durch Router so lange weitergeleitet, bis sie am Zielrechner angekommen sind.
 - Ortsinformationen sind indirekt in IP-Adresse und Routingtabellen enthalten (keine DB-Abfrage zur Aufenthaltsermittlung des mobilen TN, Ortsinformationen sind über gesamtes Netz verteilt, es muss nach mobilen TN "gesucht" werden).
 - Erweiterung der Festnetzlösung zur Verwaltung der drahtlos angebotenen mobilen Teilnehmer durch das *mobile Internet-Protokoll (Mobile IP)*.
 - Gute Lösung bei vorwiegend lokal eingeschränkten Ortsveränderungen.

Configuration and Resource Management

Ziel: Transparenz für feste und mobile Stationen bzgl. der Teilnehmer und Anwendungen.

Unterstützung durch folgende Maßnahmen:

1. Mobile Internet Protocol (Mobile IP)

- Erweiterung des Festnetz-IP (Netzwerk-Schicht, Layer 3) durch mobile IP: mobiler Teilnehmer behält seine IP-Adresse auch bei Wechsel des Subnetzes bei (Transparenz zu höheren Schichten und zu stationärer / mobiler Rechner).
- Klassische IP-Adresse für Zieladressierung (Subnetz) und Routing (Host) im Festnetz. IP-Adresse dient für den Festnetz-Rechner zur Lokalisierung/Adressierung (location identifier) und zur Charakterisierung/Name (endpoint identifier).

Keine Probleme bei gleichzeitiger Verwendung der IP-Adresse als Adresse und Name.

- Dagegen Mobilstation: IP-Adresse nicht mehr gleichzeitig als Adresse und Name für den Rechner verwendbar, da sich Aufenthaltsort (Subnetz) verändert.
- Lösungsvarianten für Mobilstation:
 1. Lösungsmöglichkeit: Mobiler Rechner erhält je Subnetz eine neue freie IP-Adresse dynamisch zugewiesen, z.B. Einsatz DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) oder dynamisches DNS ~> häufige Aktualisierung aller Name-Server und höherer Schichten.
 2. Lösungsmöglichkeit: Mobiler Rechner behält IP-Adresse, unabhängig vom Subnetz, in dem er sich befindet. „Interne“ IP-Adressen im mobile IP verwaltet (Home/Care-of-Adresse). Vielzahl von Realisierungsvorschlägen, Basis: Columbia-Proposal.

2. Ressourcen - Management

- Gleiche Arbeitsumgebung für den mobilen Teilnehmer, unabh. vom aktuellen Aufenthaltsort.
- Mitbewegen der Dienste (Service-Mobilität), z.B. ortsunabhängige DB-Zugriffszeiten, Emails. Erreicht dadurch, dass Prozesse, Daten oder Arbeitsumgebung dem TN folgen.
- Dynamische Replizierung wichtiger Informationen (Synchronisation, Datenkonsistenz). ~> ermöglicht Nutzung lokal vorhandener Ressourcen durch mobilen TN (z.B. Drucker).

Mobile IP (Lösungsansatz nach Columbia Proposal)

Mobiler Rechner (MH) behält seine IP-Adresse, unabhängig vom Subnetz, in dem er sich befindet. Zusätzliche Care-of-Adresse, die vom Home Agent (Proxy des MH) zu verwalten ist.

Lösung: Vertreter des mobilen Rechners im Heimnetz: Heimagent ~> verwaltet Aufenthalt im Fremdnetz (Fremdagent) über Care-of-Adresse; Air Interface zw. Fremdagent und MH.

Arbeitsschritte: Agent Discovery, Registrierung, Tunneling.

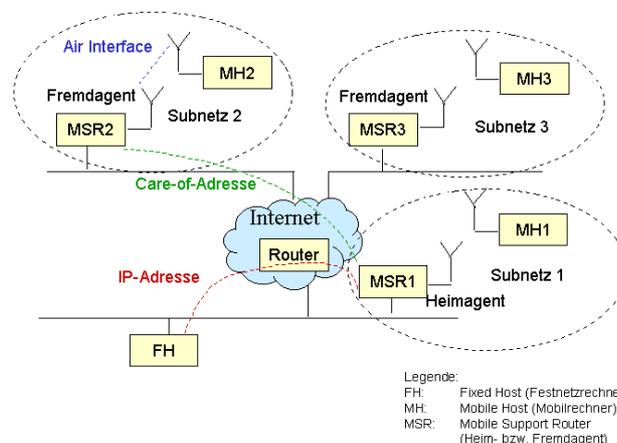


Abbildung 4.3: Netzinfrastruktur für mobile IP

Günstiges Verfahren für Bewegungen in engerer Umgebung, weniger ideal für große Versorgungsbereiche (--> Kombination mit Cellular IP).

Mobile IP für viele Anwendungen mit mobilen Rechnern geeignet, u.a. Email, DB-Zugriff. Andere Anwendungen benötigen noch zusätzliche Maßnahmen in den höheren Schichten (z.B. Transportschicht: Indirect TCP) und in der Infrastruktur.

Reduktion der Signalisierungsvorgänge zwischen Heim- und Fremdagent bei Wechsel der Funkzelle durch Kombination mobile IP / cellular IP.

4.2 Mobilität im Internet

4.2.1 Internet-Protokolle für den mobilen Einsatz

Die Internet-Protokollsuite (TCP/IP) ist eine weit verbreitete Plattform, ursprünglich nicht für den mobilen Einsatz entwickelt. Die Paketvermittlung basiert auf stationären Rechnern: keine Migration zwischen Subnetzen bzw. keine Änderung von Netzwerkadressen. Dies ermöglicht eine effiziente Übertragung. TCP geht davon aus, dass Pakete beim Transport kaum verloren gehen. Diese Annahmen gelten nicht für den mobilen Bereich.

Lösungen für den mobilen Einsatz existieren im Bereich der

- Vermittlungsschicht: DHCP, Mobile IP, Cellular IP, Snoop-Protokoll.
- Transportschicht:
 - TCP*: Split-Connection-Verfahren ~> I-TCP (Indirect TCP), Mobile-TCP, Mobile RPC
Fast Retransmission, Selektive Quittungen ~> SACK's, ELN.
ohne TCP: Remote-Socket-Architektur (LHP: Last Hop Protocol).
 - UDP*: ist nicht geeignet (keine Quittung, keine Überlaststeuerung).
- Anwendungsschicht: Dynamisches DNS, Wireless Application Protocol (WAP), i-mode.

4.2.2 Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)

Adressierung mit DHCP

IP-Adressierung ist für mobile Rechner mit häufigem Netzwechsel problematisch, denn Routing setzt voraus, dass unterschiedliche Subnetze verschiedene Adresspräfixe haben. Der Rechner darf bei einem Wechsel in anderes Subnetz seine alte Adresse nicht beibehalten.

Dazu zwei Lösungen:

1. Mobiler Rechner erhält bei Änderung des lokalen Netzes eine neue IP-Adresse. Lösung durch DHCP: automatische Bereitstellung einer freien IP-Adresse. Anwendung im mobile IP (verwaltet die verschiedenen IP-Adressen).
2. Anpassung der Vermittlungsschicht des Internet für mobile Rechner (erfordert Router-Änderung)

Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP, RFC 2131, RFC 2132): ursprünglich für kabelgebundene Netze zur Erleichterung der Adressvergabe in Subnetzen. Problem: keine freien IP-Adressen mehr für neue Rechner verfügbar. Alte Rechner stellen zwar ihre IP-Adresse bereit, aber es existiert keine Buchführung darüber. DHCP sichert: Einbindung in Netz, freie IP-Adresse, automatische Konfigurierung.

Eigenschaften von DHCP

Der Rechner erhält automatisch bei Einbindung in ein Netzwerk eine *freie IP-Adresse*. Weiterhin wird der Rechner mit zusätzlichen Informationen über das Netzwerk versorgt, u.a.

- Subnetzmaske, um Adressbereich des Subnetzes zu ermitteln,
- Adresse des DNS und des Routers,
- Satz optionaler Informationen, z.B. Bekanntgabe Web-Server bzw. Mail-Server.

Die Übertragung der Informationen sowie Parametereinstellung erfolgt vollkommen ohne manuelle Konfiguration durch den Benutzer. Damit ist DHCP geeignet für mobile Computer:

Falls ein mobiler Computer DHCP installiert hat, muss er lediglich in Reichweite eines lokalen Netzwerkes kommen, das die Konfiguration von DHCP unterstützt. Konfiguration erfolgt dann automatisch. Mobiler Computer kann danach alle Internetdienste des Netzwerkes nutzen, analog wie ein stationärer Rechner.

Adressvergabe in DHCP

Ursprung von DHCP bildet das ältere Protokoll BOOTP (RFC 951), entwickelt für die Einbindung festplattenloser Computer in ein Netz, ohne manuelle Konfiguration. Beim Start suchen die Computer einen Server im Netz, der notwendige Daten für das Hochlaufen zur Ver-

fügung stellt. DHCP ist mit BOOTP kompatibel, aber mehr auf netzspezifische Parameter ausgerichtet. Es gibt drei Arten der Adressvergabe in DHCP:

- manuell: Systemadministrator vergibt über DHCP-Anfrage eine freie IP-Adresse,
- automatisch: eine freie IP-Adresse wird für unbegrenzte Zeit automatisch vergeben,
- dynamisch: eine freie IP-Adresse wird automatisch für eine bestimmte Zeit vergeben. Nach Ablauf der Zeit muss Anfrage erneut gestellt oder IP-Adresse kann anderweitig vergeben werden.

Dynamische Adressvergabe ist gut für mobile Rechner geeignet. Falls ein mobiler Rechner aus dem Netz entfernt wird, wird er oft nicht abgemeldet. Zeitgesteuerte Vergabe von IP-Adressen somit sinnvoll (sog. "Lease": Adressvergabe für eine bestimmte Zeit).

Dynamische Adressvergabe im DHCP

DHCP-Client: soll in Netzwerk eingebunden werden und Netzwerkkonfiguration erhalten.

DHCP-Server: verfügt über notwendige Netzwerkparameter für Client und führt Buch über vergebene IP-Adressen (Scope oder Range: Bereich verfügbarer IP-Adressen).

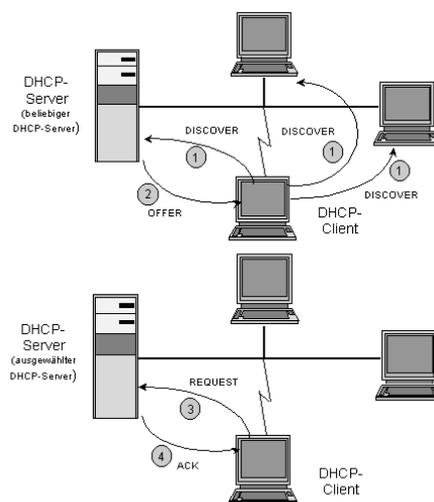


Abbildung 4.4: Ablauf Adressvergabe mit DHCP

Zuerst wird der DHCP-Client ins Netzwerk eingebunden. Da er noch nicht über die notwendigen Netzwerkparameter verfügt, sind seine Kommunikationsfähigkeiten vorerst sehr eingeschränkt. Client verteilt im Subnetz per Broadcast eine Suchmeldung (DHCP_DISCOVER, ①). Erhält ein Server eine Suchmeldung, sendet er an den Client eine Antwort (DHCP_OFFER, ②). Teil der Antwort ist eine mögliche Netzwerkkonfiguration. Nimmt Client die Netzwerkkonfiguration an, sendet er an Server (dessen IP-Adresse jetzt bekannt ist) eine Anfrage (DHCP_REQUEST, ③). Hiermit willigt der Client explizit ein, die Netzwerkkonfiguration zu benutzen. Ist der ausgewählte Server einverstanden, bestätigt er die Anfrage positiv (DHCP_ACK, ④).

4.2.3 Mobile Internet Protocol (mobile IP)

Architektur mobile IP

DHCP erlaubt die Einbindung mobiler Rechner in ein Netzwerk ohne manuelle Konfiguration. Voraussetzung ist die Verfügbarkeit eines DHCP-Servers. Ein mobiler Rechner kann somit die Dienste des lokalen Netzwerkes nutzen, z.B. Drucken. Aber Problem, falls ein mobiler Rechner eigene Dienste anbietet. Die IP-Adresse ändert sich in jedem Netzwerk, in das der mobile Rechner eingebunden wird. D.h., der Dienstanutzer kann den mobilen Rechner nicht adressieren, falls dieser in anderes Netz wechselt.

Eine Lösungsmöglichkeit wäre dynamisches DNS, falls installiert (dynamische Zuordnung zwischen URI und URL). Eine andere Lösung bietet mobile IP (mobile Internet Protocol). Standard: RFC 2002, RFC 2977. Mobile IP weist einem mobilen Rechner eine IP-Adresse als Care-of-Adresse zu (z.B. mittels DHCP). Mobile IP verwaltet die Zuordnung zwischen IP- und Care-of-Adresse. Damit vom Festnetz ständig unter der gleichen Adresse erreichbar. Architekturprinzip: Columbia-Proposal. Verschiedene Vorschläge für mobile IP-Protokolle. Arbeitsweise in 3 Teilschritte aufgeteilt: Agent Discovery, Registrierung und Tunneling.

Begriffe in mobile IP (Rechnertypen und Netzwerke)

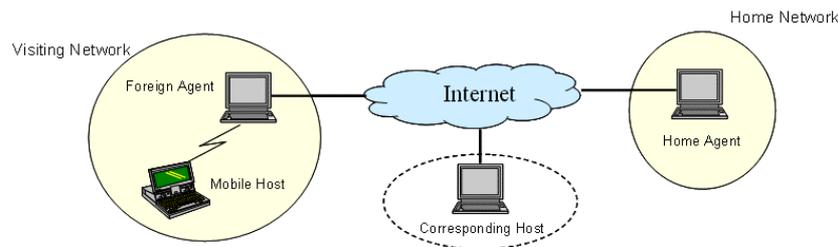


Abbildung 4.5: Begriffe in mobile IP (Rechnertypen und Netzwerke)

- *Mobiler Rechner* (engl.: Mobile Host, MH): Rechner, der sich zwischen verschiedenen Subnetzen bewegt; eindeutig durch eine IP-Adresse identifiziert.
- *Kommunikationspartner* (engl.: Corresponding Host): Rechner, der Kontakt zum Mobile Host aufnehmen will (i.allg. über Internet).
- *Heimagent* (engl.: Home Agent): Stellvertreter des mobilen Rechners, solange sich dieser nicht im ursprünglichen Subnetz aufhält. Heimagent ist ständig über den aktuellen Aufenthaltsort des mobilen Rechners informiert.
- *Heimnetz* (engl.: Home Network): Netzwerk des Heimagenten des mobilen Rechners.
- *Fremdagent* (engl. Foreign Agent): befindet sich im Subnetz, in das sich der mobile Rechner bewegt. Fremdagent leitet eingehende Pakete an mobilen Rechner weiter.
- *Fremdnetz* (engl. Visiting Network): Netz, in dem sich Fremdagent befindet.

Adressen in mobile IP

Mobile IP verwaltet zwei Adressen je Rechner: Unter der *Heimadresse* (Home Address) ist mobiler Rechner immer erreichbar. Sie hat den gleichen Adresspräfix (Netzadresse, Subnetzadresse) wie der Heimagent. Die Care-of-Adresse („wohnhaft bei“) ist die IP-Adresse des mobilen Rechners im fremden Netz. Es existieren zwei Arten von Care-of-Adressen:

Foreign-Agent-Care-of-Adresse (entfällt bei IPv6): Hierbei übernimmt der Fremdagent die Weiterleitung ankommender Pakete an mobilen Rechner. Mehrere mobile Rechner können dieselbe Foreign-Agent-Care-of-Adresse benutzen.

Collocated-Care-of-Adresse („zusammengestellt“): Diese Adresse wird dem mobilen Rechner im Fremdnetz zugewiesen und an Heimagenten übermittelt. Hierbei leiten Fremdagenten ankommende Pakete nicht an mobilen Rechner weiter. Collocated-Care-of-Adressen müssen für jeden mobilen Rechner im Fremdnetz unterschiedlich sein.

Arbeitsweise mobile IP (Teilschritte)

Agent Discovery

Falls mobiler Rechner (MH) in ein Netz eingebunden wird, muss er wissen, ob er sich im Heim- oder Fremdnetz befindet, welcher Rechner im Subnetz der Heim- bzw. Fremdagent ist. Diese Informationen werden durch das Agent Discovery („Entdeckung“) ermittelt. 2 Arten:

- *Agent Advertisement* („Ankündigung“): Die Agenten (Heim- oder Fremdagent) senden periodisch Broadcast-Nachrichten an alle Rechner. Jeder Rechner, der diese Nachrichten abhört, kann so die Agenten im Subnetz identifizieren.

- *Agent Solicitations* („Angebotseinholung“): Der Mobile Rechner beauftragt alle Rechner des Subnetzes, ein Agent Advertisement durchzuführen. Diese Methode wird dann angewandt, wenn der Zeitraum zwischen den Broadcast-Nachrichten zu lang ist ~> Verkürzung der Wartezeiten.

Mit Advertisement-Nachrichten kann ein mobiler Rechner auch feststellen, ob Standort seit dem letzten Advertisement verändert wurde. Wurde kein Advertisement empfangen, wird das Heimnetz angenommen. Falls er nicht im Heimnetz ist, versucht der MH, einen DHCP-Server zu erreichen und eine IP-Adresse des Subnetzes zu erhalten; diese wird als Collocated-Care-of-Adresse verwendet.

Registrierung

Nach dem Agent Discovery wird der Heimagent über aktuellen Standort informiert. Dazu sendet der mobile Rechner dem Heimagenten die aktuelle Care-of-Adresse zu. Der Heimagent verwaltet Einträge der Form <Heimadresse - Care-of-Adresse>. Damit kann der Heimagent jeden mobilen Rechner erreichen, für den er zuständig ist.

Zur Registrierung sendet der mobile Rechner ein Registration Request an den Heimagenten. Dieser trägt die Care-of-Adresse in seine Liste ein und antwortet mit einem Registration Reply. Lösung des Sicherheitsproblems durch gemeinsame geheime Schlüssel von mobilem Rechner und Heimagent. Beim Registration Request hängt der mobile Rechner über diesen Schlüssel ein Message Digest an die Nachricht an. Damit kann der Heimagent erkennen, dass die Nachricht vom mobilen Rechner stammt (Authentifizierung). Kehrt der mobile Rechner in sein Heimnetzwerk zurück, deregistriert er sich beim Heimagent, da er nun alle Pakete selbst entgegennehmen kann. Der Heimagent löscht den Listeneintrag. Deregistrierung findet auch dann statt, wenn sich ein mobiler Rechner aus einem fremden Netz entfernt und für eine bestimmte Zeit unerreichbar ist. Automatische bzw. periodisch wiederholte Deregistrierungen sind erforderlich, da mobile Rechner auch ohne Deregistrierung abgeschaltet werden.

Tunneling

Zielstellung bei der Konzeption mobile IP ist, existierende Routing-Protokolle ohne Änderung beizubehalten (IETF). Dabei können Pakete zum Ziel auch einen Umweg benutzen.

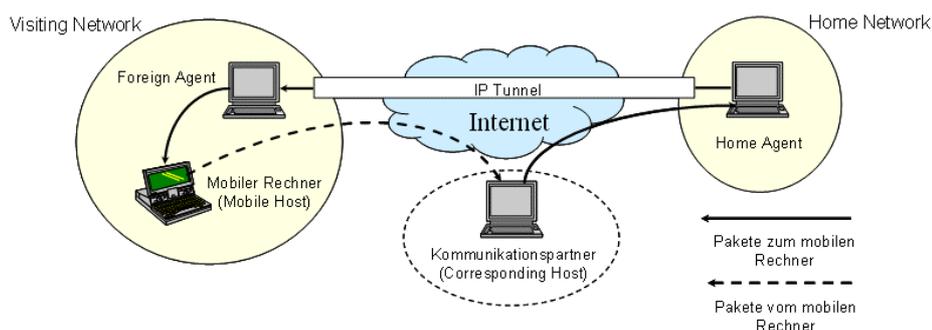


Abbildung 4.6: Tunneling bei mobile IP

Der Paketfluss zwischen einem stationären Rechner (Corresponding Host, CH) und einem mobilen Rechner (mobile Host, MH) erfolgt unter Nutzung von Tunneling-Strategien:

CH -> Internet -> Home Agent -> Foreign Agent (Tunneling) -> MH (Luftschnittstelle)

MH -> Foreign Agent -> Internet -> CH

Zum Ablauf:

- Kommunikationspartner sendet Paket an einen mobilen Rechner (MH), der sich im Fremdnetz befindet. Rechner kennt als Zieladresse nur die Heimadresse, d.h. Paket gelangt zuerst ins Heimnetz, dort wird es vom Heimagent entgegengenommen.
- Anhand Tabelle der registrierten MH ermittelt Heimagent die aktuelle Care-of-Adresse des MH. Das Paket wird dann zum Fremdagent, oder (im Falle einer Collocated-Care-of-Adresse) an MH selbst weitergeleitet.

- Damit Paket ohne Änderung versendet werden kann, wird es durch ein weiteres Paket gekapselt (Tunneling). Auf Empfängerseite wird ursprüngliches Paket wieder entpackt und Empfänger übergeben. Bei einer Foreign-Agent-Care-of-Adresse erfolgt Entpacken durch Fremdagent, bei einer Collocated-Care-of-Adresse vom MH selbst.
- Ein Paket, das vom MH an Kommunikationspartner geschickt werden soll, muss nicht über Heimagent geleitet werden. Hierbei interessiert nur die Zieladresse. MH trägt als Zieladresse die IP-Adresse des Zielrechners und als Absenderadresse die Heimadresse (nicht die Care-of-Adresse) ein ~> damit kann Kommunikationspartner ein Paket eindeutig als Paket vom MH identifizieren.

Zukünftige Entwicklungen

Mobile IP kann mit der aktuellen IP-Version (IPv4) benutzt werden, benötigt aber eine große Zahl zusätzlicher Rechner. Jedes Heimnetzwerk erfordert einen Heimagent, jedes Fremdnetz im Falle von Foreign-Agent-Care-of-Adressen einen Fremdagent. Im IPv6 wurden die Anforderungen von Mobile IP direkt eingearbeitet. Damit ergeben sich folgende Vereinfachungen:

- Nur noch Collocated-Care-of-Adressen verwendet; Fremdagent damit überflüssig.
- Funktion des Heimagenten direkt in Router des Heimnetzes integriert; damit entfällt Heimagent als eigenständiger Rechner.

Zusätzlich informieren mobile Rechner die involvierten Router, wenn sie sich im Netzwerk bewegen ~> Entfallen des aufwendigen Routens über den Heimagent. Eine weitere Entwicklung ist die zweistufige Netzarchitektur mit Cellular IP. Das schafft eine Einsparung der Registrierung beim Heimagenten bei Zellenwechsel.

4.2.4 Cellular IP

Zweistufige Netzwerkarchitektur

Der Nachteil von Mobile IP ist, dass jeder Zellenwechsel eine neue Registrierung beim Heimagent erfordert. In zellularen Netzen mit häufigem Zellenwechsel der MH ist Mobile IP weniger geeignet (z.B. für Ballungsgebiete, hot-spots, Mobilfunknetze). Abhilfe durch Cellular IP. Basis bildet eine zweistufige Netzwerkarchitektur:

- Globales Netzwerk (Mobile-IP-Netzwerk)
- Zugriffsnetzwerk (Cellular-IP-Netzwerk).

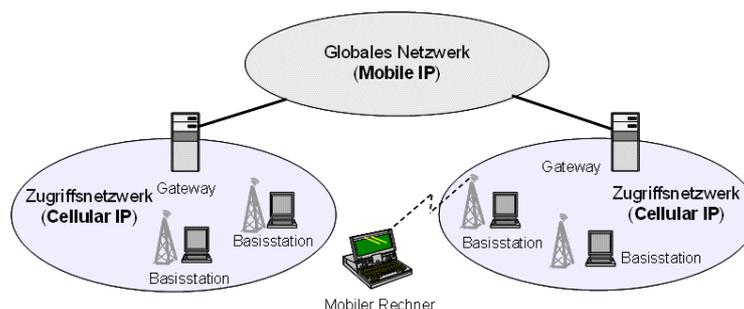


Abbildung 4.7: Zweistufige Netzwerkarchitektur mobile / cellular IP

Mobile-IP-Netzwerk: Vermittelt Pakete zum MH nur grob. Insbes. kennt Heimagent den genauen Aufenthaltsort des MH nicht, sondern nur das Netzwerk, in dem er sich befindet.

Cellular-IP-Netzwerk: Erst innerhalb eines *Zugriffsnetzwerks* (Cellular IP) werden Pakete zum mobilen Rechner über Cellular IP vermittelt.

Die Architektur gut geeignet für große zellulare Netze, z.B. als Mobilfunknetze. In reinen Mobile-IP-Netzen ist Zeit für einen Zellenwechsel durch die Nachrichtenlaufzeiten zum Heimagent zu groß. Bei Cellular-IP-Netzen wird der Heimagent i.d.R. nicht vom Zellenwechsel informiert. Solange sich der MH innerhalb des Zugriffsnetzwerks bewegt, müssen nur die

Routing-Tabellen des Zugriffsnetzwerkes angepasst werden. Erst wenn der MH in ein anderes Zugriffsnetz wandert, wird das Registrierungsverfahren von Mobile IP angewendet.

Netzwerkmodell von Cellular IP

Die Menge der Basisstationen und Knoten bildet die Transportinfrastruktur des Zugriffsnetzwerkes (Cellular IP). Dieses ist mit dem Mobile-IP-Netzwerk über das Gateway verbunden. Jeder mobile Rechner benutzt die Netzwerkadresse des Gateways als Care-of-Adresse. Das Gateway beherbergt auch den Fremdagenten des mobilen Rechners.

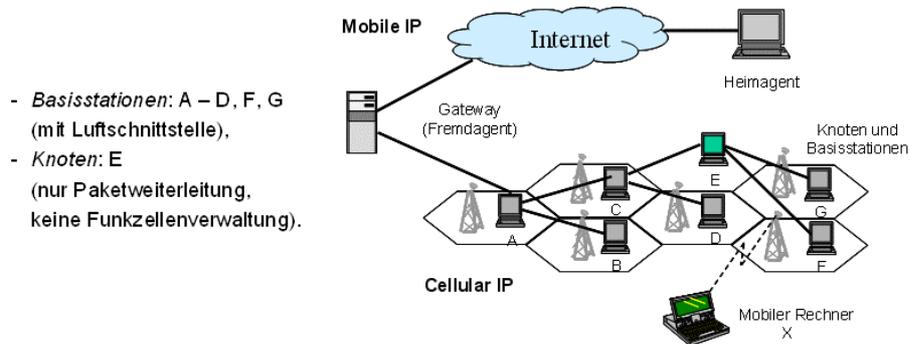


Abbildung 4.8: Zugriffsnetzwerk (Cellular IP)

Routing in Cellular-IP-Netzen

Der Gateway-Rechner sendet periodisch eine Beacon-Nachricht (“Baken”) im Zugriffsnetz aus. Diese Nachricht wird über sog. Fluten (engl.: Flooding) verteilt, wobei die Nachrichten an alle Nachbarn weitergeleitet werden. Jeder Rechner merkt sich im Routing Cache, von welchem Rechner er eine Beacon-Nachricht erhalten hat. Dadurch kennt jeder Rechner des Zugriffsnetzes den nächsten Nachbarn in Richtung Gateway.

Sendet umgekehrt ein mobiler Rechner Pakete zum Gateway, merkt sich jeder Rechner auf der Route die Adresse des Vorgängers. Ein Rechner kann so mit Hilfe des Routing Caches Pakete zum Gateway und zu den mobilen Rechnern weiterleiten. Einträge des Routing Caches werden nach bestimmter Zeit gelöscht (Route Timeout), insbes. die Routen zu den mobilen Rechnern. Verlässt ein mobiler Rechner den Bereich eines Zugriffsnetzwerkes oder einer Zelle, ist damit gesichert, dass alte Einträge nicht weiterhin die Routing Caches belasten.

Mobile Rechner, die für eine bestimmte Zeit keine Nutzdaten übertragen, können ihre Einträge erneuern. Hierzu senden sie ein Route Update zum Gateway. Alle Rechner auf der Route setzen dadurch die Timeouts des entsprechenden Cache-Eintrags zurück.

Routing Caches eines Beispielnetzwerks:

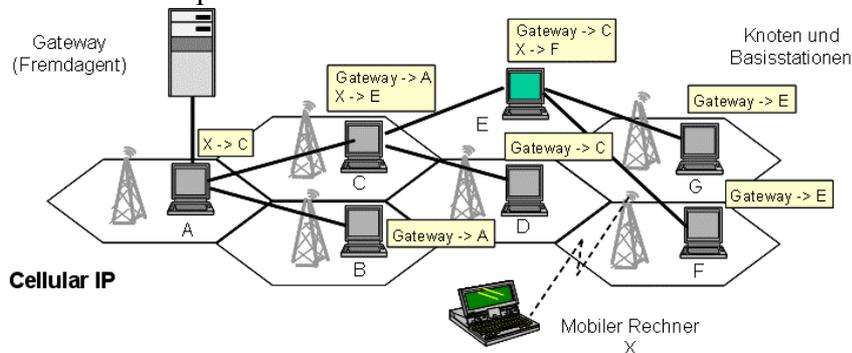


Abbildung 4.9: Routing in Cellular IP (Beispiel)

Weitere Routing-Mechanismen:

- Handover (Handoff): Wechsel der Funkzelle (Route Update).
- Paging: Auffinden inaktiver Rechner (Paging Update).

4.3 Dienstvermittlung in mobilen Umgebungen

4.3.1 Dienstverwaltung in drahtlosen Netzen

Automatische Dienstverwaltung

Bei der Einbindung eines Rechners in eine Netzwerkumgebung fehlen i.d.R. Informationen über verfügbare Dienste. DHCP dient zwar zur automatischen Einbindung ins Netz, das Dienstangebot ist aber unbekannt. Somit ist eine Dienstverwaltung erforderlich.

Aufgaben/Anforderungen einer solchen Dienstverwaltung:

- automatisch, ohne manuellen Eingriff (lokale Administration zu aufwendig),
- Registrierung neuer Dienste,
- Austragung nicht mehr verfügbarer Dienste,
- Ermittlung von Diensten mittels Dienstbeschreibung (~> Netzadresse, Attribute).

Die Problemstellung gilt nicht nur für die Netzadministration, sondern auch für Anbieter der Unterhaltungs- und Konsumgeräte. Beispiel: Verbindung Videorecorder mit Hi-Fi-Anlage (automatische Geräteadressierung, z.B. Tonausgabe über Lautsprecher der Hi-Fi-Anlage).

Allgemeines Prinzip der Dienstvermittlung in drahtlosen Netzen

- *Discovery* (1): Suche Dienstvermittler (ausgezeichneter Server, Trader udgl.), drahtlos.
- *Registrierung* (2): Dienstanbieter (Server) registrieren Dienste (Schnittstellen, Dienstattribute) bei Dienstvermittler: sog. Dienste-Export.
- *Discovery* (3): Suche/Entdeckung der Dienste bzw. Komponenten (in drahtlose Netzen).
- *Dienstsuche/-auswahl* (4): Dienstanbieter (Client) besorgen sich die Dienste vom Vermittler sog. Dienste-Import, ggf. Auswahl eines geeigneten Diensteanbieters.
- *Binding* (5): Direktes Anbinden zwischen Client und ausgewählten Server.

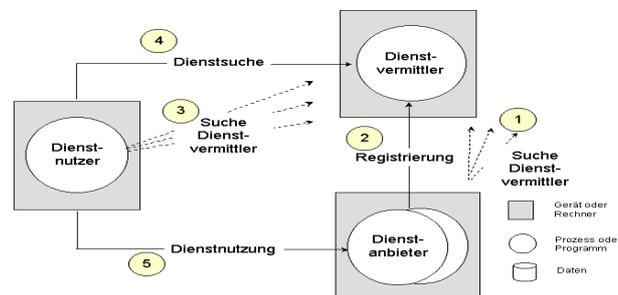


Abbildung 4.10: Binding in drahtlosen Netzen

4.3.2 Dienstvermittlung in WPAN und größeren Netzen

Dienstsuche in WPAN

Aufgabe ist die automatische Ermittlung und Nutzung der verfügbaren Dienste von Kommunikationspartnern drahtlos verbundener Kleingeräte.

Zugehörige Protokolle in WPAN (Wireless Personal Area Networks):

- IAS (Information Access Service) für IrDA-Netzwerke,
- SDP (Service Discovery Protocol) für Bluetooth-Netze.

Vereinfachtes Architekturprinzip für beide Protokolle (Vermittler und Anbieter i.allg. auf gleichem Rechner):

Anm.: Ansatz geeignet für Szenarien mit wenigen Kommunikationspartnern (z.B. bei WPAN). Wegen Suche nach Geräten skaliert der Ansatz nicht für größere Netze.

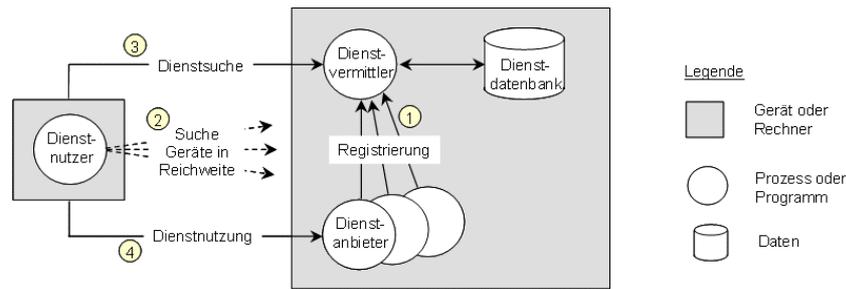


Abbildung 4.11: Dienstsuche in WPAN (IAS und SDP)

Dienstsuche in größeren Netzen

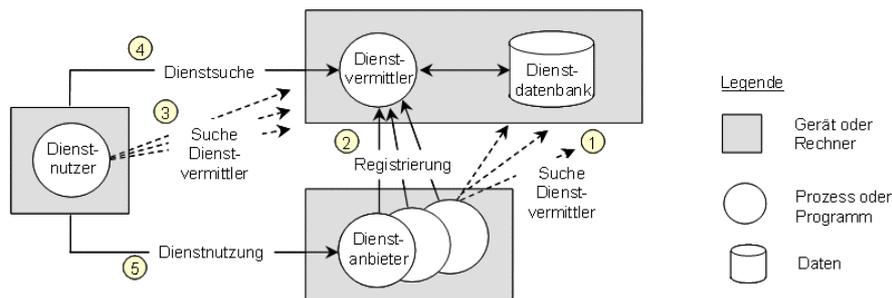


Abbildung 4.12: Dienstsuche in größeren Netzen

Dienstvermittler (sog. Trader) ist ausgelagert und zentral, i.d.R. einmal vorhanden. Allerdings ist ein zusätzlicher Suchschritt erforderlich. Da der Dienstvermittler und -anbieter auf unterschiedlichen Geräten arbeitet, ist die Suche im NW vor der Registrierung erforderlich. Dieser Ansatz skaliert besser für eine größere Anzahl von Dienst Anbietern und Dienstnutzern. Verschiedene Protokollimplementierungen sind u.a. SLP (Internet), Plattform Jini (Java-Welt).

Dienstvermittlung mit SLP

SLP (Service Location Protocol, RFC 2165, RFC 2608) ist ein Protokoll zur Dienstvermittlung im Internet, unter Nutzung der Internet-Protokolle TCP, UDP und Multicast IP.

Architekturkonzept von SLP:

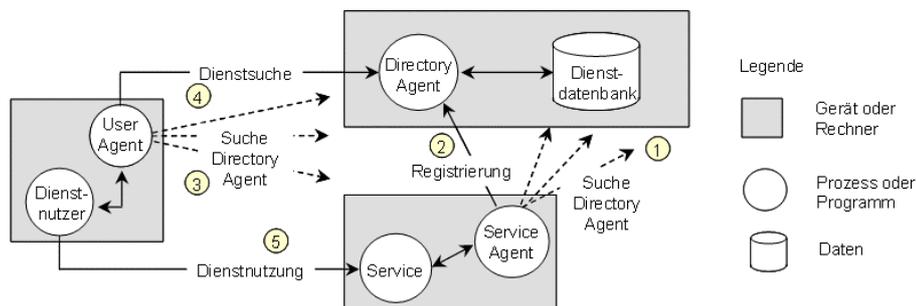


Abbildung 4.13: Dienstvermittlung mit SLP

Drei Typen von SLP Agenten (Prozesse):

- User Agents (auf Rechner des Dienstnutzers): leiten Suchanfragen weiter und nehmen Suchergebnisse entgegen.
- Service Agents (auf Rechner des Dienst-anbieters): übernehmen Registrierung, somit Dienste von außen zugreifbar.
- Directory Agents: nehmen Registrierungen und Suchanfragen entgegen.

SLP verwendet Multicast IP für die Suche (Gruppenadresse, periodisch, DHCP-Server). In kleinen Netzen oft Dienstsuche direkt mittels Service Agents.

Für größere Netze kann Einsatz mehrerer Directory Agents notwendig werden. Damit sich die Dienstanbieter nicht bei allen Directory Agents im Netz registrieren müssen, können sich mehrere Directory Agents zusammenschließen und ihre Einträge untereinander abgleichen. Dabei können sog. Scopes eingerichtet werden (Scopes: beliebige Zeichenketten, die verschiedenen Diensten eines Netzes zugeordnet werden können). User Agent kann bei Dienst-anfrage eine Liste von Scopes mitgeben. Directory Agent gibt nur solche Dienste als Treffer zurück, die einem geforderten Scope angehören.

Aufbau von Anfragen und Resultaten in SLP

SLP verwendet zur Spezifikation von Diensten ein Schema ähnlich dem URL (Uniform Resource Locator) im Web. Dienst-URL: `service:<Diensttyp>://<Adressspezifikation>`

Beispiel: Druckdienst im Uni-Campus: `service:lpr://piprt.uni-leipzig.de:515/draft`

URL spezifiziert aber nur Zugriff für späteren Dienstanwender. Der Dienst selbst ist durch Reihe von Dienstattributen definiert, die weitere Eigenschaften des Dienstes angeben.

Beispiel: Registrierung des Druckdienstes mit folgendem Eintrag beim Directory Agent:

```
Lifetime:      10800
URL:           service:lpr://piprt.uni-leipzig.de:515/draft
Attributes:   (SCOPE=INFORMATIK),
              (PAPIERFARBE=WEISS),
              (PAPIERFORMAT=A4),
              (SEITEN PRO MINUTE=12),
              (UNBEGRENZTER ZUGANG),
              (DRUCKERSPRACHE=POSTSCRIPT),
              (STANDORT=5. ETAGE)
```

Lifetime gibt an, wieviele Sekunden der Dienst bei einem Directory Agent gespeichert bleiben soll, bevor er gelöscht wird. Soll Dienst weiterhin verfügbar bleiben, muss Service Agent vor Ablauf der Zeit die Registrierung erneuern (somit bleiben nicht ordnungsgemäß deregistrierte inaktive Dienste nicht längerfristig im Directory Agent eingetragen).

Ein User Agent könnte folgende Anfrage an einen Directory Agent stellen:

```
lpr/( & (SEITEN PRO MINUTE==12)
      (UNBEGRENZTER ZUGANG)
      (STANDORT==5. ETAGE))
```

Mit dieser Anfrage wird nach einem Druckdienst mit unbeschränktem Zugang gesucht, der 12 Seiten pro Minute druckt und sich in der 5. Etage befindet.

Bei der Kodierung der Dienstanfrage als Zeichenkette sind beliebige logische Verknüpfungen erlaubt, analog wie in einer Programmiersprache.

4.3.3 Dienstvermittlung mit Jini

Jini (Java Intelligent Network Infrastructure)

Jini ist eine auf der Programmiersprache Java basierende Dienst-Infrastruktur. Damit ursprüngliches Ziel von Java verwirklicht: Programmierung und spontane Vernetzung von Konsum-, Unterhaltungs- und Haushaltgeräten. Jini ist seit 1999 verfügbar und ist vorgesehen für traditionelle Computer und kleine elektronische Geräte.

Jini nutzt die aus Java verfügbaren Kommunikationsdienste:

- Internet-Transportprotokolle TCP und UDP, Multicast IP.
- Verfahren der Object Serialization (aus Java): Versendung komplex strukturierter Objekte, die am Zielort wieder zusammengesetzt werden.
- RMI (Remote Method Invocation) zur Abwicklung von Methodenaufrufen über das Netz, synchrones Programmiermodell (blockierend). Transport der Aufrufparameter, Abwicklung und Rücktransport erfolgt transparent für Nutzer.
- Einsatz: Object Serialization für Übertragung von Parametern und Ergebnissen.

Architektur von Jini

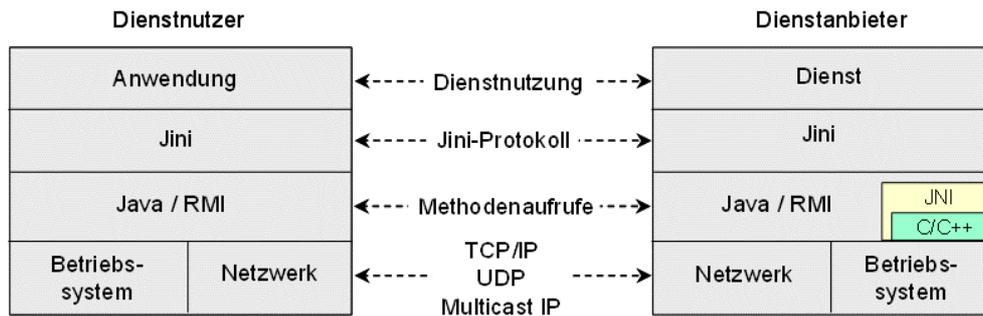


Abbildung 4.14: Jini Protokollstapel

Java-Versionen

Jini wurde vollständig in Java implementiert, somit Nutzung aller Vorteile von Java. Nachteilig ist, dass Jini nur Java-Anwendungen unterstützt (Problem für Geräte ohne Java). Jini ist nutzbar über

- Java Micro Edition (J2ME): für kleine Geräte mit reduzierter Java-Unterstützung,
- Java Standard Edition (J2SE, ab Version 1.2) für PC, volle Java-Unterstützung.

Für zeitkritische Anwendungen bzw. bei Zugriff direkt auf HW sind über die JNI-Schnittstelle (Java Native Interface) auch C- bzw. C++-Implementationen anbindbar.

Jini Referenzarchitektur

Komponenten: Dienstnutzer (Client), Dienstanbieter (Service Provider), Dienstverwalter (Lookup-Dienst, Lookup-Service).

Ablauf bei Registrierung und Dienstnutzung:

1. Dienstanbieter versucht mit Discovery, mindestens einen Lookup-Dienst zu ermitteln. Aus gefundener Liste von Lookup-Diensten kann Dienstanbieter entscheiden, ob folgende Schritte für einen Dienst durchgeführt werden sollen.
2. Dienstanbieter führt Join durch („Export“). Damit Dienst im Lookup-Dienst eingetragen. Neben Dienst-Interface wird Liste von Attributen übertragen, die den Dienst spezifizieren (z.B. für Druckdienst: Druckauflösung, Farbdruck ...).
3. Dienstnutzer muss seinerseits über Discovery mindestens einen Lookup-Dienst ermitteln.
4. Über Dienstanfrage (Lookup) spezifiziert Dienstnutzer die Kriterien für den gewünschten Dienst. Als Ergebnis können unter Umständen mehrere Dienste zurückgegeben werden, die für Dienstnutzer zur Auswahl stehen („Import“).
5. Eigentliche Dienstnutzung erfolgt über das Dienst-Interface, das dem Dienstnutzer übermittelt wurde („Binding“).

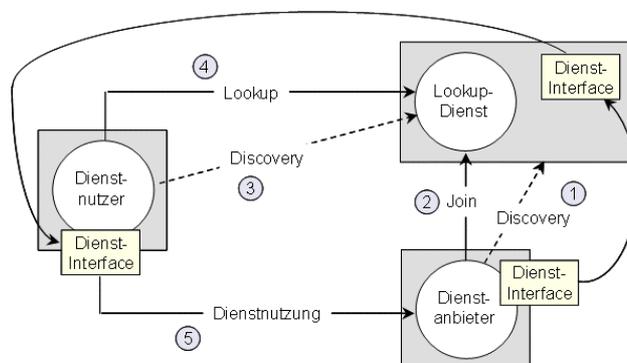


Abbildung 4.15: Jini – Registrierung und Dienstnutzung

Durch Join registriert sich Dienstanbieter bei einem Lookup-Dienst und ist damit für potenzielle Dienstanwender zugreifbar. Zur Registrierung muss Dienstanbieter folgendes angeben:

- *Dienst-Kennung*: Hierzu UUID (Universal Unique Identifier) benutzt, die mit 128 Bit eine weltweit eindeutige Identifikation erlaubt.
- *Dienst-Interface*: Java-Interface, das später für die Dienstanwendung benötigt wird.
- Reihe von *Attributen*, die den Dienst genauer beschreiben.

Die Registrierung eines Dienstes bei einem Lookup-Dienst erfolgt nur für eine bestimmte Zeit (zeitbegrenzter Eintrag bei einem Lookup-Dienst: sog. Lease). Ein ständig eingerichteter Dienst muss Lease periodisch erneuern (Lease Renewal).

Mit der Antwort überträgt der Lookup-Dienst auch für jeden gefundenen Dienst das zugehörige *Dienst-Interface*. Hat Anwendung Zugriff auf ein Dienst-Interface, kann sie Methoden des Dienstes wie lokale Methoden aufrufen. Insbesondere muss in die Anwendung kein Kommunikationsprotokoll zur Dienstanwendung fest integriert werden.

Mit der Gestaltung der Dienst-Interfaces: entscheidender Vorteil von Jini gegenüber traditionellen Systemen ~> führt aber zum Hauptnachteil von Jini: Es können nur Anwendungen und Dienste miteinander kommunizieren, die (bis auf Teile, die über das *Java Native Interface* eingebettet sind) in Java implementiert wurden. Java hat z.Zt. bei kleinen Geräten noch nicht die gewünschte Verbreitung gefunden, aber Entwicklungsumgebung J2ME im Aufwind.

4.3.4 Weitere Systeme zur Dienstvermittlung

UPnP (Universal Plug and Play)

Zusammenschluss von 200 Firmen der Konsum- und Unterhaltungselektronik, Computer- und Softwarehersteller zum Forum Universal Plug and Play (Oktober 1999) mit den Aufgaben

- Standardisierung Universal Plug and Play (UPnP) für Privat- und Heimanwendermarkt.
- Vernetzung von Unterhaltungsgeräten und Computern i.w. ohne manuelle Konfiguration.

Charakteristika:

- Protokollbasis von UPnP: Transportprotokolle der TCP/IP-Familie; andere Geräte über UPnP-Bridges anschließbar.
- UPnP verwendet das anwendungsspezifische Simple Service Discovery Protocol (SSDP), um Dienste im Netz zu registrieren und zu suchen
- SSDP nutzt sog. Control Points, um Dienste des Netzes zu verwalten. Im Idealfall hat so jedes Gerät die genaue Kenntnis über alle Dienste des Netzes.

S_SDS (Secure Service Discovery Service)

Secure Service Discovery Service (1999) verfolgt neben der Dienstvermittlung das Ziel der Authentifizierung von Dienstanwender und Dienstanbieter untereinander. Insbesondere der Schutz vor Angriffen von Eindringlingen, die Ressourcen eines Netzes verschwenden, indem sie in großen Rahmen Dienste anfordern und blockieren. Solche Angriffe sind in mobilen Szenarien leicht durchführbar, da gerade beabsichtigt ist, neue Nutzer kurzfristig ins Netz aufzunehmen.

Dazu wurden zwei neue Komponenten für Sicherheitsfunktionen eingeführt:

- Certification Authority (CA): verwaltet Zertifikate, mit denen zweifelsfrei die Identität eines Kommunikationspartners ermittelt werden kann. CA muss aber selbst vertrauenswürdig sein (dazu Mechanismen der Authentifikation mittels Zertifikaten).
- Capability Manager (CM): verfügen über Listen, deren Einträge anzeigen, welcher Teilnehmer welchen Dienst nutzen darf. Wird ein Dienst angefordert, fragt ein Dienstanbieter bei einem CM an, ob der Dienstanwender die entsprechende Erlaubnis besitzt.

4.4 Mobile Ad-hoc-Netze (MANET)

Architekturkonzepte für Netze mit mobilen Stationen

Infrastrukturnetze:

- Klassische Struktur für Festnetze (z.B. Internet), i.allg. hierarchisch gegliedert. Dominierendes Architekturmodell für Anwendungen: Client/Server.
- Mobilnetze i.d.R. als Erweiterung der Festnetzstruktur, z.B. Modacom (X.25), GSM (ISDN). Anschluss portabler Geräte: Modem, Funk
- Integration mobiler Stationen: Instanz (Mediator), Domain-Konzept, Protokoll (DHCP, mobile IP, drahtloses TCP) disconnected / connected Mode.

Ad-hoc-Netze:

- Üblicherweise für portable Rechner und Mobilkommunikation. Spontane Vernetzung. Netzstruktur durch Standort und Kommunikationsreichweite der Stationen gegeben. Dominierendes Architekturmodell für Anwendungen: Peer-to-Peer (P2P).
- Kein ausgezeichnete Rechner (z.B. Server), gleichberechtigte Partner. Wegeauswahl in Ad-hoc-Netzen erforderlich, dynamische Struktur. Routing nicht durch Router, sondern muss von den Endgeräten mit übernommen werden (dezentrale Weglenkung).

Mobile ad-hoc-Netze

Funk-Technologien, wie WLAN (IEEE 802.11, HIPERLAN) oder WPAN (Infrarot, Bluetooth) erlauben den Aufbau spontaner drahtloser Kommunikationsnetze ~> mobile ad-hoc Netze (MANET).

Dabei können mobile Endgeräte ohne vorhandene Infrastruktur miteinander kommunizieren. Jedes Gerät muss die Rolle eines Routers übernehmen, um Pakete zum Zielknoten weiterzureichen, der sich außerhalb der Reichweite des Quellknotens befinden kann. Infolge der Mobilität ändert sich die Topologie solcher Netze häufig. Aus diesen und anderen Bedingungen (u.a. begrenzte Bandbreite, dezentrale Struktur) ergeben sich hohe Anforderungen an die Protokolle, z.B. für das Routing.

Mobile Ad-hoc-Netze sind klassifiziert nach Anwendungen, Eigenschaften und Kapazität.

Routing-Verfahren

Routingverfahren unterteilt in

- Unicast-Routing: proaktive, reaktive, hybride, hierarchische Verfahren.
- Multicast-Routing: Fluten, Tree-based, Mesh-based.

Proaktive Verfahren haben ständig aktuelle Sicht auf gesamte Netztopologie. Dagegen erkunden reaktive Verfahren die jeweiligen Wege erst bei Bedarf. Da jedes Verfahren verschiedene Vor- und Nachteile erbringt, werden hybride Verfahren vorgeschlagen. Hierarchische Verfahren werden in großen Netzen geringen Overhead und Speicherplatz erfordern.

Aufgabe der Routingverfahren ist es zu jedem Zeitpunkt einen möglichst optimalen Weg vom Quellknoten zu einem Zielknoten zu finden. Die Routingprotokolle setzen eine eindeutige Adressierung der Knoten voraus, die zunächst zu garantieren sind.

Infrastrukturkomponenten, wie DHCP-Server, sind in infrastrukturlosen Netzen nicht verfügbar. Manuelle Verfahren oder welche, die auf einer zentralen Komponente basieren, sind insbes. in größeren Netzen nicht sinnvoll. Daher sind verschiedene, auf IPv4 und IPv6 basierende Verfahren zur Autokonfiguration der IP-Adressen in mobilen Ad-hoc Netzen vorgeschlagen. Diese sind untergliedert in zustandlose und zustandshaltende Verfahren.

5 Multimedia in Computersystemen

5.1 Einführung zu Multimedia

Multimedia und Medien

Gründe für Multimedia

Erhöhung der „Informations-Bandbreite“ zwischen Computer und Anwender, Bessere Benutzerschnittstellen, Höhere Akzeptanz, Mehr Information im System

Medien im umgangssprachlichen Sinne

Luft, Wasser, Feststoffe, Sprache, Schrift, Bücher, Presse, Rundfunk, Fernsehen; „Speichermedien“, z.B. Schallplatte, Tonband, CD, DVD/Blu-ray;

Spiritualisten: „das Medium“ zum Zwecke der Transzendenz (Spiritualismus: Lehre von der Wirklichkeit und Wirksamkeit des Geistes).

Was sind Multimedia-Daten ?

Texte, Vektor-Graphiken, Rasterbilder, Sequenzen von Graphiken und Bildern, Signalaufzeichnungen (Radar, Sonar, Infrarot, ...); Ton- bzw. Videoaufzeichnungen, Hologramme,

Definition Multimedia

Multi: viel; Medium: Mittel zur Weitergabe von Informationen -> Multimedia: viele Medien.

Medien in der Informationsverarbeitung

Alphanumerische Daten: Text, Daten (**data**)

Auditive Medien: Geräusche, Sprache, Musik (**audio**)

Visuelle Medien: Einzelbild, Animation, Bewegtbild (**video**)

Übertragung lokal / entfernt (über Daten- und Rechnernetze), kabelgebunden / kabellos.

Multimediales System (R. Steinmetz)

„Rechnergesteuerte, integrierte Erzeugung, Manipulation, Darstellung, Speicherung und Kommunikation von unabhängigen Informationen, die in mindestens einem kontinuierlichen (zeitabhängigen) und einem diskreten (zeitunabhängigen) Medium kodiert sind“

Historische Einordnung

„Vorzeit“ (rechnerlos)

Jobsysteme (Lochkarten)



Interaktive ASCII-Oberflächen (VT100-Terminal)



Graphische Nutzeroberflächen (X-Terminal)



Multimedia-Computer (Audio-, Videoschnittstellen)



„getarnte“ Multimedia-Computer

(Terminplaner, Videoterminal, Auskunftssysteme, ...)



Internet, WWW, VRML, Mobilität, MM-Kommunikation



„living in virtual reality“ (?) ←

Heimelektronik

Analogtechnik (Kamera, Recorder, Videokamera), TV (analog)

Digitaltechnik
(Kamera, Handy, CD/DVD, MP3-Player, Playstation, Spiele, ...), TV (digital)

5.2 Begriffe, Sichten und Daten

Grundlegende Begriffe (Medium, Information, Nachricht, Signal)

Medium

Erster Abstraktionsschritt (lt. Duden):

Medium (lateinisch Mitte) ist ein Mittelglied, ein Mittel oder eine Mittelperson.

Zweiter Abstraktionsschritt (Kontext Informationstechnologie):

Ein Medium "vermittelt" zwischen mindestens zwei Informationspartnern. Sender erzeugt Signale in einem Medium, die der Empfänger aufnimmt, um sie zu interpretieren, zu wandeln oder weiterzuleiten. Medium fungiert hauptsächlich als Informationsträger.

Information:

Inhaltliche Repräsentation einer Nachricht zwischen zwei Partnern. "Information ist beseitigte Unbestimmtheit" (Shannon). "Die (abstrakte) Information wird durch eine konkrete Nachricht mitgeteilt" (Hofstaedter).

Aspekte der Information: syntaktisch, semantisch, pragmatisch.

Nachricht

Wodurch wird etwas zur *Nachricht* ?

Mitteilungsabsicht des Senders. Transport durch Raum (Rauchzeichen, Trommeln, Telefon, Funk, ...) und/oder Zeit (Wandmalerei, Bücher, Dokumente, ...).

Empfänger erkennt eine Nachricht und interpretiert sie (Sender kann die Fähigkeiten des Empfängers schon bei der Erzeugung der Nachricht einbeziehen, z.B. PAL, SECAM-Norm bei Fernsehübertragungen).

Beispiele für Nachrichten:

DNS-Strang (Triplet-Code), Bientanz, Gesang der Wale, Vogelstimmen, Freizeichen beim Telefon, e-Mail, SMS, Chat, ...

Signal:

Der eine Nachricht übertragende zeitliche Verlauf einer physikalischen Größe. Nachricht als Mitteilungsabsicht, Digitale Nachricht: endliche Folge von Zeichen aus Zeichenvorrat, z.B. "TELEMATIK". Maschinelles Verarbeiten von Nachrichten:

analog: durch Filterung, Verstärkung, ...

digital: informationstreue Manipulation von Zeichenfolgen (es kann niemals eine neue Information entstehen, es kann nur vorhandene Information sichtbar, erkennbar, erfassbar gemacht werden, z.B. graphische Darstellung der Wahlergebnisse).

~> Mediendefinition:

Als Medium bezeichnet man die Verbindung zwischen einem Sender von Informationen und einem Empfänger. Dabei überträgt das Medium die zu vermittelnden Informationen mit Hilfe von Signalen, die vom Sender gestaltet und vom Empfänger analysiert werden.

Klassifikation von Medien

Klassifikation nach den für die Signalanalyse vom Empfänger benutzten Rezeptoren

Wahrnehmungsklassen für natürliche Rezeptoren:

akustische Medien: Signalanalyse mit Gehör.

optische Medien: Signalanalyse mit Augen (es ist irrelevant, ob das Licht vom Medium selber erzeugt und lediglich reflektiert wird).

haptische Medien: Signalanalyse mit Tastsinn zur Erfassung der Oberflächenstruktur (Blindenschrift).

gustorische Medien: Informationsauswertung mit natürlichem oder chemisch analytisch arbeitendem Geschmacksinn.

olfaktorische Medien: Bereitstellung von Information über Gerüche.

Wahrnehmungsklassen für künstliche Rezeptoren:

Quantitative Erweiterung bisheriger Wahrnehmungsklassen (z.B. CD als optisches Medium):

elektromagnetische Medien: Signalform elektromagnetische Welle.

elektronische Medien: Informationsübertragung mit Hilfe elektronischer Ladungsträger.

biochemische Medien: Info.-übertragung mit Hilfe biochemischer Strukturen (z.B. DNS).

photonische Medien: Informationsübertragung mit Hilfe von Licht (Lichtwellen).

Darstellungsmittel für Medien

Es sind Kodierungsvorschriften für Informationsdarstellung in verschiedenen Medien:

- Text (Folge von Buchstaben, Zahlen und Sonderzeichen, z.B. ASCII, EBCDIC, UTF-8)
- Graphik (Menge von Linien und Flächen, z.B. 3D-Vektorgraphik)
- Rasterbild (Punktmatrix mit entsprechender Farbtiefe)
- Ton (Folge von Lautstärkepegeln oder Frequenzkomponenten)
- Rasterbildfolge (meist zeitsynchron)
- Video (Aggregation von Rasterbildfolge mit Ton)
- Signal (Folge von Messwerten, in voller Allgemeinheit kaum Aussagen möglich, Spezialisierungen: Radar, Funk, ...).

Medien-Sichtweisen

Charakteristik der Medien bezüglich der **zeitlichen Darstellung**:

Diskrete Medien (typisch: Texte):

- Zeitunabhängige Informationen.
- Gültigkeit der Daten nicht von Zeitbedingung abhängig.

Kontinuierliche Medien (Typisch: Audio, Video):

- Zeitabhängige Informationen.
- Verarbeitung und Gültigkeit der Daten ist zeitkritisch (abhängig von einer Zeitbedingung), sog. isochrone Medien.

Charakterisierung bezüglich der **Medien**:

Perzeptionsmedium

Medium zur Reizaufnahme (humane Sinnesorgane).

- Auditive Medien (Hören): Musik, Geräusch, Sprache.
- Visuelle Medien (Sehen): Text, Einzelbild, Bewegtbild (Videoszenen von Einzelbildern).

Repräsentationsmedium

Rechnerinterne Darstellung der Informationen, z.B.

- * Einzelne Buchstaben eines Textes in ASCII-Code.
- * Kodierung einer Graphik
 - nach CEPT- oder CAPTAIN-Videotext-Standard *oder*
 - nach GKS-Graphikstandard (Graphical Kernel Standard) usw.
- * Audio-Datenstrom in einfacher PCM-Kodierung (Pulse Code Modulation) mit linearer Quantisierung von 16 Bit pro Abtastwert..
- * Einzelbild als
 - Faksimile der Gruppe 3,
 - Kodierung im JPEG-Format (*Joint Photographics Experts Group*), Standard nach ISO/IEC JTC1 / SC2 / WG10, Kompression / Dekompression farbiger und grauskalierter Bilder.
- * Darstellung kombinierter *Audio-Video-Sequenzen* in
 - verschiedenen Fernsehnormen (PAL, SECAM, NTSC, ...) und nach dem CCIR-601-Standard *oder*
 - einem MPEG-Format (*Moving Picture Expert Group*). Standard nach ISO / IEC JTC1 / SC2 / WG11 ~> MPEG I, II, III, IV. Kompression / Dekompression bewegter Bilder. Vorgesehene maximale konstante Datenrate von 1 856 000 bit/s.

Präsentationsmedium (Ein/Ausgabegeräte)

Eingabe: Tastatur, Kamera, Mikrophon.

Ausgabe: Papier, Bildschirm, Lautsprecher bzw. holografische Darstellung.

Speichermedium (interne und externe Speicherung)

z.B. Mikrofilm, Papier, Diskette, Festplatte, CD-ROM, DVD, USB-Stick.

Übertragungsmedium

Kabel (Kupferdoppelader, Koaxial, Glasfaser (LWL)), Kabellos (Funk, IR)

Charakteristika von Multimedia-Datenströmen

Problemstellung der Übertragungs- und Vermittlungstechnik

Asynchroner Übertragungsmodus

- * Keine zeitliche Restriktionen für die Kommunikation (i.allg. "best effort" or less than).
- * Pakete sollen so schnell wie möglich den Empfänger erreichen (z.B. E-Mail im Internet).

Synchroner Übertragungsmodus

- * Definition einer maximalen Ende-zu-Ende-Verzögerung für jedes Datenpaket (obere Schranke wird garantiert).
- * Wesentliche Anforderung einer Multimedia-Anwendung
 - soll ausreichend für Audioverbindung bemessen sein,
 - Videodaten: Datenrate 140 Mbit/s, Verzögerung 1 s (Zwischenspeicherung für zu früh ankommende Pakete, 17.5 Mbyte).

Isochroner Übertragungsmodus

- * Neben maximaler *Ende-zu-Ende-Verzögerung* wird eine minimale *Ende-zu-Ende-Verzögerung* je Paket definiert. Senkung der Paketverluste.
- * Damit Begrenzung der Jitter einzelner Pakete (Speicherreduktion).

5.3 Multimedia-Anforderungen

Anwendungen von Multimedia (Auswahl)

Lokale Systeme

- Kiosk
- Lernsysteme
- Präsentationen

Verteilte Systeme

- Konferenzsysteme (z.B. MMC), AVC
- Informationssysteme (z.B. WWW), Spiele
- Elektronische Post (MM-Email)
- Kollaborationssysteme

Anforderungen für Multimedia in verteilten Systemen:

Hochgeschwindigkeitskommunikation (insbes. synchrone Kommunikation und isochrone Medien), Prozessorleistung, Graphikfähigkeit der Arbeitsplatzrechner, Speichersysteme, Datenkompression (Übertragung, Speicherung), Synchronisation der Prozesse, Entwicklungsumgebungen, Betriebsmittelverwaltung ...

Audiotechnik

Frequenzbereiche der Schallvorgänge

Infraschall	0 Hz	bis	20 Hz
Hörschall	20 Hz	bis	20 kHz
Ultraschall	20 kHz	bis	1 GHz
Hyperschall	1 GHz	bis	10 THz

Medium *Audio*: Zusammenfassung aller akustischen Signale im Frequenzbereich des Hörschalls, insbes. Sprache und Musik (MIDI: Music Instrument Digital Interface, seit 1983)

Übertragung:

analog: Fernsprechnet.

digital: ISDN (PCM-Technik), DQDB, ATM (53-Byte-Zellen), SDH/WDM, optische Übertragung (LWL, DWDM); Funk (terrestrisch, Satellit, lokal, nah).

Internet: VoIP (Voice-over-IP).

Anforderungen für Multimedia-Übertragung

Diskrete Medien:	Text	75 Kbit/s
	Pixelbild	3.4 ... 7.3 Mbit/s
Kontinuierliche Medien:	Audio (Telephon)	64 Kbit/s
	Audio (CD)	1.4 Mbit/s
	Video	180 Mbit/s
	Video (komprimiert)	>= 1.4 Mbit/s

Hochgeschwindigkeitsübertragung / Datenkompression

Übertragungsraten:

Fast-Ethernet, VG-Any-LAN	100 Mbit/s
Gigabit-Ethernet	1 / 10 / 40 ... 100 Gbit/s
FDDI (Fiber Digital Data Interface)	100 Mbit/s
DQDB (Distributed Queue Dual Bus)	2 * 155 Mbit/s
ATM (Asynchron Transfer Mode)	155 ... 622 Mbit/s ... 2 488 Mbit/s
Gigabit-Netze (SDH/WDM)	2.5 Gbit/s ... 400 Gbit/s ... n Tbit/s
Funk (zellular ... lokal)	9,6 kbit/s ... 100 Mbit/s

Transferraten:

prinzipiell ausreichend, aber Problem durch Protokolle der höheren Schichten, z.B.

Schicht	3	Transferrate	5 Mbit/s
	2		30 Mbit/s
	1		100 Mbit/s

Prozessorleistung: i.allg. ausreichend, Flaschenhals durch Übertragungssystem (Protokollarchitektur) und Datenkompression.

Abhilfe

- * Optische Übertragung (LWL, dark fiber, Access Networks)
- * Leichtgewichtige Protokolle (Lightweight Protocols)
 - kurze Pfadlänge, Parallelisierung, einfacher Kontextwechsel (Threads)
 - Hardwarekomprimierung / -lösung
- Beispiele: XTP (eXpress Transfer Protocol), TP ++
- * Datenkompression
 - Einzelbild: JPEG, Bewegtbild: M-JPEG, MPEG I / II / IV ...
 - Kompression verlagert aus Prozessor in Netzwerkkarten (z.B. AV-Master) bzw. Kompressions-Server (z.B. VidSoft).

Dienstgüte-Anforderungen

Anforderungsspezifikation durch lokale und verteilte Anwendungen (sog. Dienstgüteparameter: Quality of Service Parameter, analog zu den QoS des Übertragungssystems):

Durchsatz: Primär durch Datenrate des kontinuierlichen Datenstroms definiert.

Verzögerung: Unterscheidung in lokale und globale Verzögerung

- Verzögerung am Betriebsmittel als Zeitspanne vom "Bereit" bis "Ende" der Bearbeitung.
- Ende-zu-Ende-Verzögerung: Dauer der Datenübertragung zwischen Quelle und Senke.

Jitter: Maximale Varianz (Schwankung der Standardabweichung) beim Eintreffen der Daten am Zielort. Nachrichten müssen fristgerecht eintreffen, ohne Schwankungen des Gleichlaufs.

Zuverlässigkeit: Festlegung der Art der verwendeten Fehlerbehandlung (Ignorierung, Erkennung u./o. Korrektur). Im Gegensatz zur normalen Datenübertragung kann i.d.R. nicht noch einmal übertragen werden, weil Korrekturnachricht zu spät eintrifft. Fehlerkorrektur durch Redundanz. Einsatz des Mechanismus *Forward Error Correction (FEC)*, z.B. bei MFN.

Echtzeitfähige Protokolle

Weitere Anforderungen zur Vermeidung von Schwankungen

Jitter ist nur begrenzt tolerierbar (zu spät ankommende Daten sind nutzlos):

TCP/IP: wichtig, dass Daten korrekt ankommen (unabhängig von Zeit): best effort

Zukunft: Daten nur dann wichtig, wenn rechtzeitig ankommend: guaranteed service

Audio/Video erfordern Dienstqualitäten (end-to-end):

Verzögerung (Dialogfähigkeit) 250 ms

Jitter 10 ms

Durchsatz 1.4 ... 180 Mbit/s (Video)

Grundprinzip eines Echtzeit-Protokolls

Spezifikation

- Sender spezifiziert seine Quality-of-Service-Anforderunge (QoS: gewünschter Durchsatz, minimaler Durchsatz, Verzögerung, Jitter).
- Über Netz werden diese Spezifikationen bekanntgegeben und nach Möglichkeit entsprechende Ressourcen reserviert (Reservierungsprotokoll und -strategien): RSVP, IntServ, DiffServ, Bandbreitenmanagement (~> CoS im G-WiN, Projekt Alabama).
- Erst wenn Anforderungen erfüllt, erfolgt Start der Übertragung (Übertragungsprotokoll).

Anforderung an Synchronisation

- Lippensynchronisation zwischen Video und Audio. Tolerierbarer Drift: max. 80 ms.
- Traditionelle Synchronisationskonzepte nicht anwendbar.

Synchronisation auf Datenstromebene

- Strom ist Sequenz von Dateneinheiten.
- Dateneinheiten sind mit Zeitmarken behaftet.
- Über Zeitmarkentupel Kopplungen der Medienzeiten möglich (Medienuhr notwendig).

5.4 Medientypen

Multimedia/Hypermedia

Multimedia: diskrete (zeitunabhängige) Medien wie Zeichen/Text, Grafik/Bild und kontinuierliche (zeitabhängige) Medien, wie Sprache/Ton, Film/Animation, Messwerte.

Rechnergesteuerte Erzeugung, Manipulation, Darstellung und Speicherung der Informationen unterschiedlicher Medientypen ~> erfordert digitale Repräsentation.

Charakterisierung in Abhängigkeit von Medientyp, Dateigröße, Speicherbedarf, Übertragungszeit ~> Beispiel für Übertragung mit ISDN bzw. UMTS:

Daten	Dateigröße	Übertragungszeit bei	
		64 Kbit/s (ISDN)	2 Mbit/s (UMTS)
Text (1 Seite)	2 KB	0,3 Sek.	0 Sek.
Sprache (1 Sek.)	8 KB	1 Sek.	0 Sek.
Grafiken (640x480x8)	300 KB	37,5 Sek.	1 Sek.
Audio-CD	150 KB	18,8 Sek.	0,5 Sek.
TV (1 Sek.)	12 MB	25,6 Min.	48 Sek.
TV MPEG-2 (1 Sek.)	0,5 – 2 MB	1,1 – 4,3 Min.	2 – 8 Sek.

Reduktion der Datenmenge durch Kompressionverfahren:

- Verlustfrei: Originaldaten fehlerfrei rekonstruierbar, Elimination redundanter Daten
- Verlustbehaftet: Elimination der Daten, die vom Menschen kaum wahrgenommen.

Bekannte Medientypen in Informatik/Hypermedia

- Text: Zeichensätze ASCII, Unicode, EBCDIC (IBM).
Textformate: Postscript-Formate PDF, PS, EPS. Proprietäre Textformate, wie MS Word.
- Grafik (Vektorgrafik) und Bild (Pixelbild, Graubild, Farbbild):
Bildformate: Bitmap (.bmp), Tagged Image File (.tif), Joint Photographic Expert Group (JPEG, .jpeg), Graphics Interchange Format (.gif), Portable Network Graphics (.png).
- Sprache und Ton (Audio):
Audioformate: Waveform Audio Format (*.wav), Real Audio Format (*.pa), Music Instrumental Digital Interface Format (MIDI, Musikformat, *.mid), Motion Picture Expert Group (MPEG): Standard MPEG I für Audiokompression, z.B. Layer 3 (MP3, *.mp3).
- Film und Animation (Video):
Videoformate: Audio Video Interleave-Format (*.avi), Motion-Joint Picture Expert Group. Format (M-JPEG), Motion Picture Expert Group Standard (MPEG-Format, Standards MPEG I, II, III, IV).

6 Multimedia-Applikationen

6.1 Übersicht zu Multimedia-Anwendungen

	Merkmale	Anwendungen
	Medienkombination: - Text (diskret) - Audio, Video (kontinuierlich)	Dedizierte Systeme, u. a. - Präsentationen (Werbung) - Computer Based Training CBT - Kiosk-Systeme (Kataloge)
+	Modularität	Mehrfachnutzung (z. B. Multimedia-Datenbanken)
+	Workflow-Konzept (Ablaufsteuerung)	Asynchrone Kooperation (Multi- media-Mail, Vorgangsbearbeitg.)
+	Online-Kommunikation	Synchrone Kooperation (Desktop-Audio/Videokonferenz)

Komplexität

Abbildung 6.1: Multimedia-Anwendungen (Merkmale)

Einsatz Multimedia: (Beispiele): Präsentation, Verkauf und Kundenberatung, Ausbildung und Schule (Teleteaching ... Virtuelle Universität), Digitalbilder (Kamera, Handy), Movies (DVD), WWW, MM-Mail, MMS (Mobilfunk), Navigation, DVB-T, Spiele.

Kiosk-Systeme

Beispiele: Geldautomat (z.B. Sparkassenautomaten), Versandkatalog (Otto), Inhouse-Kiosk (Karstadt: Music Master).

Anwendung: Informationsbereitstellung, Beratung, Bestellung, Verkauf, Werbung.

Vorteile: ständig einsatzbereit, anonym, wartungsarm. Nachteile: hohe Startkosten, robust.

Informationssysteme

Beispiele: World Wide Web (WWW), Elektronische Produktkataloge.

Anwendung: Eigenpräsentationen, Werbung, Präsentationen von Forschungsergebnissen, Teleteaching (Lehrinhalte, Aufgaben, ...), Unternehmensinformationen, Produktkataloge, Immobilienberatung, Fahrplan, Touristik.

Darstellung von MM-Strukturen (Text, Audio, Stand/Bewegtbild). Web-Browser Netscape, Firefox, Internet Explorer u.a.; VRML, Service-on-Demands (z.B. VoD), E-Commerce, interaktives Fernsehen.

Asynchrone Dienste

Beispiele: E-Mail, Multimedia-Mail, MMS (MFN/SMS). Anwendung: Beschreibungen von Produkten, Aufträgen, Service-Dokumente. Internet: MIME-Standard, Email-Systeme (elm, Oine ... Outlook, Thunderbird usw.)

Mobile Multimedia-Systeme

Beispiel: Service-Ingenieur, mobile Kontrolleure (audio, video).

Portable Endgeräte (Notebook, Notepad (PDA), Palmtop, Handheld-Computer ...). Mobilanbindung: Modem (PCMCIA), Infrarot, Bluetooth, WLAN, Mobilfunknetze (D1,2 / GSM, E 1,2 / DCS-1800 ~> GPRS ~> UMTS). Mobiler Zugang zum Web: WAP, i-Mode.

Teleworking

Beispiele: Telescript, Teleteaching, Service-Ingenieur, Simultaneous Engineering. Entfernter (ggf. mobiler) Zugriff, mobiler Internet-Zugriff, verteilte CAD-Systeme. Ad-hoc-Netz-Computing, Peer-to-Peer vs. Client/Server.

Audio- und Videokonferenzsysteme

Beispiele:

- ShowMe bzw. MultimediaKit (Sun Solution): Audio, Video, Whiteboard.
- MMC (Multimedia Collaboration, DeTeBerkom).

- MBone-Tools (vic, vat, wb) / Internet.
- ISDN-basierte Systeme (Standard H.320): Picturetel, ProShare, Hicom.
- Netmeeting (Microsoft, H.261), Vidphone/Vid3D (ATM/IP).
- DFNVC (Video Conference Service im DFN, seit 2002).

Multimedia-Techniken und -Verfahren

Medium	Verarbeitung	Darstellung	Unterstützung
Text	Textverarbeitung	ASCII	Autorensystem Multimedia-Datenbank Video-on-Demand _{Streaming} Multimedia-Mail Videokonferenz _{interaktiv}
Graphik	Zeichenprogrammierung	Vektorgraphik	
Foto	Scanner	Bitmap (Pixel)	
Audio (analog)	Audio-Codec	Audio (digital, komprimiert)	
Video (analog)	Video-Codec	Video (digital, komprimiert)	

Theoretische Aspekte: Datenstrukturen, Spezifikation, Programmierung
Kompression, Bildverarbeitung / -darstellung
Dienstgüte, Reservierungen

Abbildung 6.2: Multimedia-Techniken und -Verfahren

6.2 Audio- und Videokonferenzsysteme (AVCS)

Multimedia-AVCS

Übertragung von Texten, auditiven Medien (Sprache, Musik, Geräusche) und visuellen Medien (Standbilder, Bewegtbilder, Videosequenzen). Synchrone Kommunikation zwischen 2 oder mehreren Partnern. Hochgeschwindigkeits-Übertragung (Bewegtbilder, TV-Qualität: vü > 20 Mbit/s), Datenkompression (JPEG, M-JPEG, MPEG, H.261)

Nutzungsszenarien

Konferenzschaltung zwischen 2 oder mehreren Teilnehmern.

Adresse (IP): <nutzer>@<domain>. Konferenzteilnehmer können sich sehen und hören. Zusätzlich Shared Applications (z.B. Zeichenblatt, Whiteboard). Ergänzung durch asynchrone Kommunikation: Multimedia-Mail (MIME), Chatdienst.

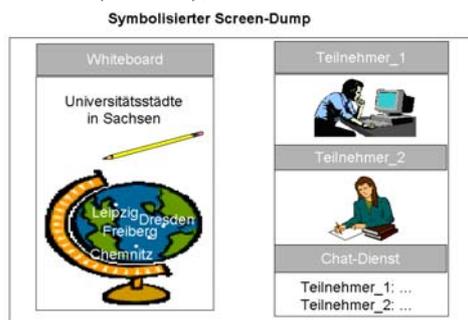


Abbildung 6.3: Symbolisierter Screen-Dump

Technische Basis

UNIX-WS (SUN, DEC, SGI, HP), PC (Windows 95 / 98 / NT / 2000 / XP), Notebook. Graphik-Display, Video-Kamera, Mikrophon, Lautsprecher-Boxen bzw. Headset, Audio/Videokarte, Videorecorder [, Beamer], DVD-Player/Recorder.

Digitale Übertragung (insbes. Breitbandübertragung, Dienstgüte):

- Highspeed-Netze (ATM: 155 Mbit/s ... 2.5 Gbit/s; Gigabitnetz: 2.5 ... Gbit/s), SDH/WDM, X-WiN, Abilene.

- Highspeed-LAN (FDDI, Fast-Ethernet: 100 Mbit/s; DQDB; Gigabit-Ethernet: 1 / 10 / 40 Gbit/s).
- ISDN: 64_{S0} ... 1920_{PMX} kbit/s; ADSL: 768 kbit/s ... 8 Mbit/s.
- Internet (TCP/IP): 256 kbit/s .. 2... 34 ... 155 Mbit/s...2,5...10 Gbit/s [... Tbit/s].

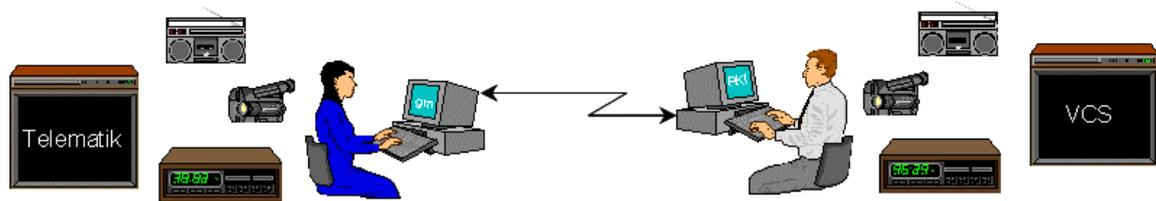


Abbildung 6.4: Audio-/Videoconferencing

Videokonferenzsysteme (Beispiele)

MMC (Multimedia Collaboration, DeTeBerkom; Vorgabe in früheren BMBF-Projekten):

- Integrierter Audio- und Videokonferenzdienst.
- Gemeinsame Nutzung von Anwendungen (Shared Applications); Basis: TCP/IP.
- HP, SGI, SUN (Parallax Board), DEC

ShowMe bzw. MultimediaKit (SunSolution):

- Audio- und Videoconferencing, Whiteboard (Zeichenblatt)
- gemeinsame Nutzung grafischer X-Anwendungen.

SGI InPerson: Audio - und Videokonferenzsystem, Silicon Graphics.

MBone (Multicast Backbone): Overlay-Netzwerk zur Multimedia-Kommunikation im Internet, Multicast-Router, Tunneling, SIP, SAP.

- MBone-Tools für AVC, u.a. vic, vat, wb, nv, sdr
- 6Bone: Overlay-Testnetz für IPv6-Netzwerk
- QBone: Multicast-Backbone, Dienstgüte

ISDN-basierte Systeme: PCS50 / ProShare / HICOM; Standard-Schnittstelle H.320

Netmeeting: Microsoft, Basis TCP/IP

Weitere Entwicklungen: Vidphone, Vid3D (Univ. Leipzig), VTToolkit (TU Dresden)

AVCS mit Standard-PC

Zwei Entwicklungsrichtungen:

- Streaming-Technik: unidirektional, Übertragung erfolgt nur in eine Richtung. Die Rückmeldung erfolgt über andere Medien/Techniken. Die Streaming-Technik erlaubt Bild- und Tondaten sowohl live als auch zeitversetzt über das Netz zu senden.
- Bidirektionale Konferenzen: interaktive und zeit-synchrone Kommunikation.

Beispiellösungen:

Polyspan: Streamstation. Streaming-Technik, ermöglicht eine Multipoint-Übertragung von Videokonferenzen oder auf Abruf auf jedem PC im Internet bzw. Intranet. Streamstation arbeitet mit dem Konferenzsystem Viewstation (Polyspan) und einer Streaming-Software (Real und Microsoft). Über einen Web-Browser können die Teilnehmer schriftlich rückfragen.

Streaming-Lösungen auch als Ergänzung zu traditionellen Konferenzsystem-Produkten, u.a. *Picturetel* (E-Video, Application Server; mit automatisch auf Sprechenden ausgerichteter Kamera / Mikrofon (CosmoCam)), *Vtel* (Turbocat). Anwendung bei Schulungen, Produktvorstellungen, Mitarbeiter- und Kundeninformationen, Teleteaching, Fernüberwachung usw.

Max Internet Communications (Texas):

2-Wege-Konferenzsystem (bidirektional) für den Massenmarkt geeignet. Kernstück ist die Video Communication Station (VCS), in Größe eines Videorecorders (als stand-alone-Lösung). Die VCS sind über schnelle Zugangstechnologie (wie ISDN, xDSL oder TV-Kabel) mit dem Internet sowie mit Fernseher oder PC-Monitor verbunden.

Audio/Videokonferenzsystem Vidphone

Online-Video-Kommunikation in TV-Qualität

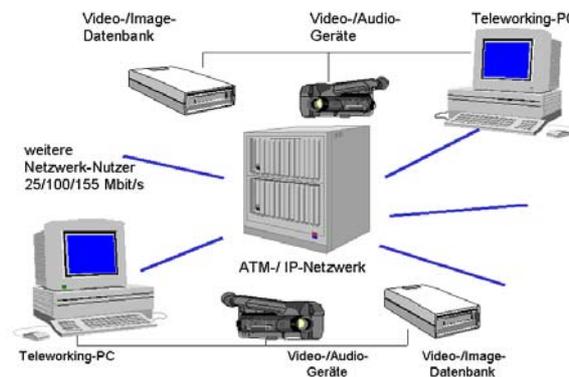


Abbildung 6.5: Audio/Videokonferenzsystem Vidphone

System "Vidphone"

Video-/Telearbeitsplatz auf Hochgeschwindigkeitsnetzen: native ATM (5 ... 65 Mbit/s), UDP/IP (Fast-Ethernet, ATM-LANE, CIP, 5 ... 30 Mbit/s), Fast- / Gigabit-Ethernet. Video-Konferenz in PAL/HDTV, Mehrpunkt-Verbindung. M-JPEG, vollduplex, 25 Bilder/s, 768 x 576 Pixel. Geringe Verzögerung (<100 ms), geringe Kompression

Erweiterungen: Shared Application, Geräte-Fernsteuerung, OLE, 3D-System Vid3D (3D Kamera, TV- oder PC-Monitor, Shutterbrille)

Anwendungsbereiche: Telemedizin, Telelearning, Multimedia/Telematik, Wissenschaftliche Forschung, Banken, Versicherungen, Verwaltungen, Industrie.

6.3 Teleteaching / Distance Learning

Einsatz elektronischer Medien in der Aus- und Weiterbildung

- Telekommunikation, Internet, Teleservices, Verteilungsdienste. Kabelnetze (insbes. Internet), TV-Kabelnetz, Funknetze.
- Multimedia-Dokumente, Virtuelle Räume.
- Pädagogik, Didaktik, Psychologie.
- Entwicklung / Speicherung / Verteilung / Zugriff von Multimedia-Lehreinheiten.
- Allseitige Kommunikation (asynchron, synchron); Broadcast, Multicast, Unicast.

Teleteaching (Distance Learning): Unterricht, bei dem eine zeitliche und/oder räumliche Distanz zwischen Lehrendem und Lernendem besteht, die durch Telekommunikation überwunden wird. Andere Bezeichnungen / Varianten: Distance Learning, Distance Lecturing, Online-Education, Tele-Universität, Computer Assisted Teaching (CAT), Virtual Classroom.

Technische Infrastruktur

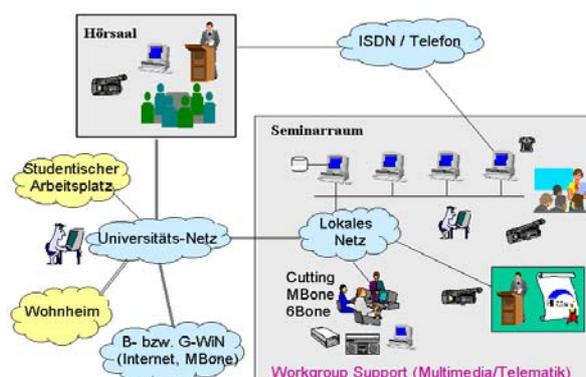


Abbildung 6.6: Distance Learning Infrastruktur

Einsatzszenarien

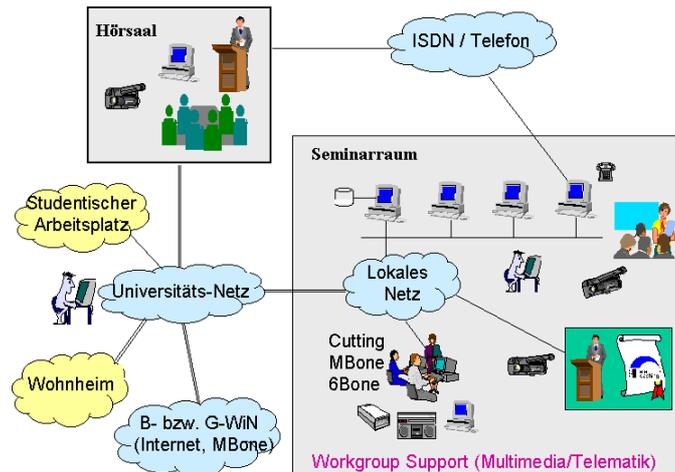


Abbildung 6.7: Distance Learning / Teleteaching Szenarien

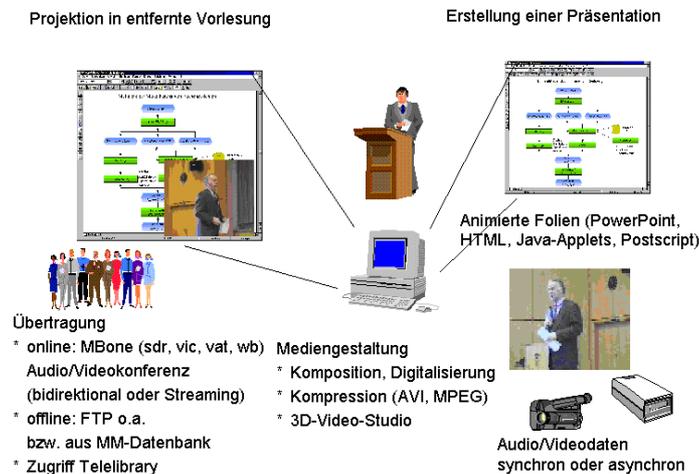
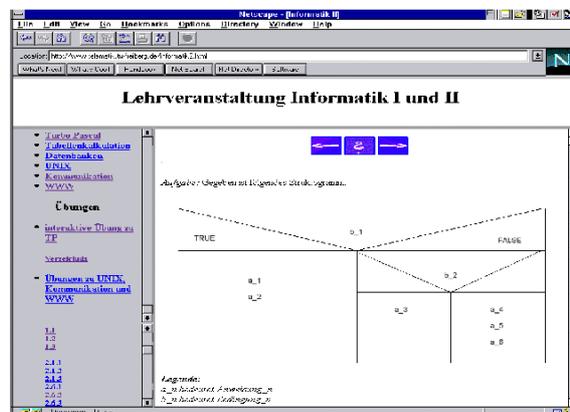


Abbildung 6.8: Einsatzszenarium "Projektion in Vorlesungen"

Multimedia-Dokumente (Virtuelle Bibliothek)

Nutzung World-Wide-Web in der kooperativen Gruppenarbeit

Nutzungsszenario: E-Mail mit Übungsleiter, Kooperative Gruppenarbeit. Einsatz HTML, CGI, Perl, JavaScript, Java-Applets. Einsatz WWW: offener Standard, verfügbar; MIME-Daten, Audio- / Videointegration; Authoring Tools.



<http://www.telematik.tu-freiberg.de>
<http://www.informatik.uni-leipzig.mvs.de>

Abbildung 6.9: Lehrveranstaltung im Internet

Virtual Reality (Virtuelle Räume)

Virtuelle Gemeinschaft: Gruppe von Menschen, die auf regulärer Basis in einem nichtkörperlichen (i.allg. digitalen) Medium interagieren. Virtuelle Umgebung: Manifestation der virtuellen Gesellschaft. Beispiele: Chat Dienste, Online Foren, Multiuser Domains (MUDS).

Darstellung einer simulierten Welt.

VRML (Virtual Reality Modeling Language) ermöglicht 3D-Darstellungen im Web, Sprache zur Modellierung von 3D-Welten. Integration in HTML (VRML'97); Sensoren (Events, Zeit). Virtuelle Räume / Beobachter (Avatar); virtueller Chat-Room.

Web-3D: Neuer Standard; Integration externer Audio/Videoströme.



Abbildung 6.10: Virtuelle Räume (VRML)

6.4 Gestaltung virtueller Welten im Internet

6.4.1 Virtual Reality Modeling Language (VRML)

Erläuterung zu VRML ("Was bin ich" - entnommen der VRML Review Board FAQ)

Abkürzung für **Virtual Reality Modeling Language**: VRML ist 3D-Grafik im Internet

- Technisch gesehen weder Virtual Reality noch eine Modeling Language (eine echte Modeling Language enthält wesentlich mehr Grundelemente und -mechanismen).
- VRML ist lediglich eine Art *Grafikstandard* bzw. Austauschformat zur Beschreibung und dient analog HTML zur Publikation von *dreidimensionalen Webseiten*. •VRML beinhaltet das Darstellen von zwei und drei Dimensionen, Text, Multimedia-Komponenten, darüber hinaus die Einbindung von Grafik, Vernetzung und Scripten.
- Außerdem bietet VRML auch die *direkte Interaktion* (das "Bewegen" in einer virtuellen Welt) mit dem Benutzer.

VRML ist laut FAQ ein "offener Standard für 3D-Multimedia und verteilte virtuelle Welten im Internet"

Zielstellung von VRML

Eine verbesserte HW erlaubt anspruchsvolle 3D-Grafik auf einem modernen PC/WS.

Ziel: dreidimensionale Welten im Internet. Dafür wurde die Sprache VRML entwickelt.

Ursprung war die WWW-Konferenz im Frühjahr 1994 in Genf. Dabei Diskussion einer AG zu einer Virtual Reality-Schnittstelle für das WWW.

Anforderungen: Standardisierte Sprache zur Beschreibung von 3D-Szenen mit Hyperlinks.

~> Sprache VRML: zuerst Virtual Reality Markup Language (in Anlehnung an HTML), später in Virtual Reality Modeling Language umbenannt ("Wörml")

Sprache VRML

VRML 1.0 beruht auf der Basis-Sprache Open Inventor (Silicon Graphics SGI). Federführend war Mark Pesce. 1995 entstanden mehrere VRML-Browser, u.a. WebSpace (SGI). Plug-ins

(Netscape) für Navigator zur Darstellung von MM-Elementen können aus dem Web gezogen werden. VRML 1.0 ist allerdings zur Darstellung virtueller Welten zu statisch. Mit guten VRML-Browser kann man zwar gut durch die Welten “fliegen”, aber Interaktionen bleiben auf Anklicken der Hyperlinks beschränkt.

VRML 2.0 wurde auf der SIG Graph '96 vorgestellt und beruht auf der Basis-Sprache Moving Worlds (Silicon Graphics). Sie ermöglicht Animationen und sich selbständig bewegende Objekte. Dazu wurde die Sprache um die Konzepte Zeit und Events erweitert. VRML 2.0 – Programme können sowohl in einer neuen Sprache VRMLScript geschrieben als auch in existierende Sprachen JavaScript und Java eingebunden werden.

VRML 97 ist die Standardisierung von VRML 2.0 (Integration in HTML). Ein neuer Standard (1999) ist Web-3D (Integration externer Audio/Videostreams).

Konzepte von VRML 2.0

Definition: „VRML ist ein Dateiformat, mit dem man interaktive, dynamische, dreidimensionale Objekte und Szenen speziell fürs WWW beschreiben kann“.

VRML realisiert die in der Definition spezifizierten Eigenschaften: 3D-Objekte (dreidimensional), Integration VRML im WWW, Interaktivität, Dynamik.

Basiskonzepte von VRML 2.0

3D-Objekte

3D-Welten bestehen aus *3D-Objekten*, die aus primitiven Objekten (Kugeln, Quadern, Kegeln, ...) zusammengesetzt werden. Beim Zusammensetzen von Objekten können diese transformiert werden (d.h. vergrößert oder verkleinert). Die Mathematische Beschreibung der Transformation findet durch *Matrizen* statt. Die Komposition von Transformationen wird durch Multiplikation der entsprechenden Matrizen erreicht.

Zentraler Punkt der VRML-Welt ist das *Koordinatensystem*. Position und Ausdehnung eines Objekts können in einem lokalen Koordinatensystem definiert werden. Ein Objekt kann in anderes Koordinatensystem platziert werden, indem man Position, Ausrichtung und Maßstab des lokalen Koordinatensystems im anderen Koordinatensystem festlegt. Dieses Koordinatensystem und enthaltene Objekte können in ein anderes Koordinatensystem eingebettet werden. Außer dem Platzieren und Transformieren von Objekten im Raum lassen sich auch *Eigenschaften der Objekte* (z.B. Erscheinungsbild ihrer Oberfläche) festlegen. Beispiele von Eigenschaften sind Farbe, Glanz, Durchsichtigkeit der Oberfläche oder Verwendung einer Textur als Oberfläche (z.B. mittels Grafikdatei). Weiterhin können auch MPEG-Animation als Oberflächen von Körpern genutzt werden, d.h. ein MPEG-Video kann anstelle in einem Fenster wie auf der Kinoleinwand angezeigt werden, z.B. Projizierung auf Kugel-Oberfläche.

Integration VRML im WWW

VRML unterscheidet sich von anderen Objekt-Beschreibungssprachen durch die Existenz von *Hyperlinks*. Damit kann in andere Welt gelangt werden. Dokumente, wie HTML-Seiten, können in den WWW-Browser laden werden. Es ist auch möglich, Grafikdateien (z.B. für Texturen), Sounddateien oder andere VRML-Dateien einzubinden.

Interaktivität

Außer auf Anklicken von Hyperlinks können VRML-Welten auf weitere Ereignisse reagieren. Dazu werden so genannte *Sensoren* eingeführt. Sensoren erzeugen *Ausgabe-Events* auf Grund externer Ereignisse (z.B. Benutzerinteraktionen) oder nach Ablauf eines Zeitintervalls. Events können in andere Objekte geschickt werden. Dazu werden die Ausgabe-Events von Objekten mit den *Eingabe-Events* anderer Objekte durch so genannte *Routes* verbunden.

Beispiel für *Raumsensoren*:

Ein Raumsensor wandelt z.B. Mausbewegungen in einen 3D-Rotationswert um, der aus 3 Zahlenwerten besteht (Rotationswinkel in Richtung der 3 Koordinatenachsen). Ein solcher

3D-Rotationswert kann in ein anderes Objekt geschickt werden, das daraufhin seine Ausrichtung im Raum verändert.

Beispiel für einen *Zeitsensor*:

Ein Zeitsensor kann z.B. periodisch einen Event an einen Interpolator schicken. Ein Interpolator definiert eine abschnittsweise lineare Funktion, d.h. die Funktion ist durch Stützstellen gegeben und die Zwischenwerte werden linear interpoliert. Der Interpolator erhält also einen Eingabe-Event e vom Zeitsensor, berechnet den Funktionswert $f(e)$ und schickt $f(e)$ an einen anderen Knoten weiter. Dadurch kann ein Interpolator beispielsweise die Position eines Objektes im Raum in Abhängigkeit der Zeit festlegen \leadsto grundlegender Mechanismus für Animationen in VRML.

Dynamik

Live3D (Netscape) ist Vorreiter der Kombination von Java und JavaScript-Programmen mit VRML-Welten. Damit können VRML 1.0-Welten über Netscape's LiveConnect-Schnittstelle von Java-Applets oder JavaScript-Funktionen innerhalb einer HTML-Seite gesteuert werden. In VRML 2.0 wurde neues Sprachkonstrukt aufgenommen: der sog. *ScriptKnoten*. Innerhalb dieses Knotens kann Java- oder JavaScript-Code angegeben werden, der z.B. Events verarbeitet. Im VRML 2.0 - Standard wurden Programmschnittstellen festgelegt, die den Zugriff auf VRML-Objekte von Programmiersprachen aus erlauben: Java-API und JavaScript-API. Das API ermöglicht, dass Programme Routes löschen oder hinzufügen können. Routes verbinden Ausgabe- und Eingabe-Events \leadsto somit kaum begrenzte Programmiermöglichkeiten.

Weitere Entwicklung VRML

Ein ungelöstes ursprüngliches Entwicklungsziel bei VRML 2.0 war ein fehlender Standard für die Interaktionen mehrerer Benutzer in einer 3D-Szene. Verfügbare Marktprodukte, die virtuelle Räume mehreren Benutzern gleichzeitig zugänglich machen sind u.a. Cybergate (Black Sun) und CyberPassage (Sony). Weiterhin fehlt ein Binärformat (analog QuickDraw 3D-Metafile-Format von Apple) zur Reduzierung der Datenmenge für die Übertragung über das Netz beim Laden einer Szene.

In Mehrbenutzerwelten spielt der sog. Avatar eine große Rolle (Avatar: Virtuelle Darstellung des Benutzers):

- Er befindet sich am Beobachtungspunkt, von dem aus der Benutzer die Szene sieht.
- Bewegt sich der Benutzer allein durch die Szene, dann dient der Avatar nur dazu, Kollisionen der Benutzer mit Objekten der Welt festzustellen.
- In einer Mehrbenutzerwelt legt der Avatar auch fest, wie ein Benutzer von anderen Benutzern gesehen wird.

Standards werden ausgearbeitet in AG'n des Ende 1996 gegründeten VRML-Konsortiums. Web-3D (1999) ermöglicht Integration externer Audio/Videostreams.

6.4.2 Programmierung in VRML

Programmtechnische Grundlagen von VRML

Datentypen

- Dateityp (Extension): .wrl
- MIME-Type: x-world/x-vrml (veraltet, nur VRML 1.0), model/vrml (ab VRML 2.0)
- Format: ASCII (ab VRML 1.0) und UTF-8 (ab VRML 2.0)
- VRML Browser unterstützen darüber hinausgehend .gz gepackte Dateien.

VRML-Datei

- Menge von Objekten oder Knoten, Feldern, Parametern usw.
 - Ein Knoten kann weitere Knoten enthalten.
 - Hierarchische Strukturen möglich (Gruppen-, Blatt-, Kindknoten).

- Links auf lokale Daten oder Daten im Netz, Texturen oder Bilder, MPEG1-Movies und andere VRML-Dateien
- Scripte auf Basis von Java, JavaScript oder anderen Hochsprachen.
- Ereignisse (Events) und Sensoren.

Knoten (nodes):

Knoten können mehreren Klassen zugeteilt werden. Beispiele sind vorgefertigte Knotentypen für Kugel, Quader und Kegel (sphere, box, ...) und aus dem Raytracing bekannte Oberflächeneigenschaften wie Material und Beleuchtung (directionalLight oder PointLight). Diese Anzahl kann durch die Einbindung von eigenen Prototypen beliebig erweitert werden. Die Eigenschaften von Knoten werden in sog. Feldern (Fields) angegeben; diese bestehen aus dem Feldnamen und mindestens einem Wert, gesetzt in geschweifte Klammern. Ein Wert kann wiederum aus verschiedenen Komponenten bestehen. Mehrere Werte müssen dann in eckigen Klammern angegeben werden.

Ereignisse (events):

Mit VRML 2.0 wurde im Gegensatz zur Vorgängerversion auch die Möglichkeit der Interaktion zwischen den einzelnen Objekten einer Szene geschaffen. Der Austausch von Informationen erfolgt über Nachrichten. Events enthalten immer einen Wert und eine Zeitmarke (timestamp). Dabei ist es egal, ob eine Nachricht selber ein Ereignis auslöst oder nur die Meldung eines eingetretenen Ereignisses weiterleitet.

Beispiel

```
#VRML V2.0 utf8
#A Cylinder
Shape {
    appearance Appearance {
        material Material {}
    }
    geometry Cylinder {
        height 2.0
        radius 1.5
    }
}
```

Knotentypen (shapes) einer VRML-Datei

1. Unterteilung nach nach *Geometrie*:

Kugel (sphere), Quader (box), Kegel (cone), Zylinder (geometrische Primitive).

Beliebige Strukturen können durch das Zusammenfügen von beliebig vielen ebenen Vielecken (Polygone) erstellt werden. Wegen der netzartigen Struktur ~> „vermaschte“ Polygone.

Grundstruktur Polygon: IndexedFaceSet: mit eingebetteten Coordinate Knoten

Als Drahtgittermodell: IndexedLineSet

Sonderformen:

- * PointSet: zur Darstellung von Punktmengen
- * ElevationGrid: zur Beschreibung von Flächenverläufen, die Angabe erfolgt anhand von Höhenwerten über einem rechteckigen Raster. Ebenso können Flächen, Farben oder Texturen zugeordnet werden
- * Text: Einbindung von Text
- * ExtrusionNode: Erzeugen von komplexeren Formen durch “Ausstanzen”

Allen Strukturen können durch Unterknoten wie Color oder TextureCoordinate Farben bzw. bei Flächen auch Texturen zugeordnet werden.

2. Unterteilung nach *Aussehen*:

Durch Appearance Knoten (eingebettet in Feld gleichen Namens) können für zugehörigen geometrischen Knoten Materialeigenschaften oder Texturen angegeben werden.

Materialeigenschaften: Reflexion, Glanz, Eigenleuchten, Farbe bei Interferenz.

Texturen:

- PixelTexture: (in VRML 1.0: Texture2) weist auf ein Feld Image, das die Pixel-Struktur enthält.
- ImageTexture: enthält eine URL ins Internet auf eine beliebige Bitmap Datei (JPEG, GIF oder PNG).
- MovieTexture: enthält eine URL ins Internet auf ein Videofile (MPEG1).

Die Modifizierung von Texturen (dehnen, stauchen, vergrößern, verkleinern, sw.) ist mit TextureTransform (VRML 1.0: Texture2Transform) möglich.

Knotentypen (shapes: Gruppenknoten)

Objekte können in Gruppen zusammengefasst werden, um komplexere Objekte zu erstellen. Jeder Unterknoten (Child) einer Gruppe kann wiederum weitere Gruppen zusammenfassen.

Die wichtigsten dieser Gruppenknoten sind Group, Switch, Transform, Billboard.

Knotentypen (shapes: Transformationen)

Normalerweise werden alle Objekte im Mittelpunkt der Welt aufgebaut. Durch Transformation können Objekte beliebig positioniert, gedreht oder skaliert werden. Dies geschieht durch Umrechnung des normalen X-Y-Z Koordinatensystems in ein neues Koordinatensystem, in welchem dann jedes einzelne Objekt beliebig angeordnet werden kann.

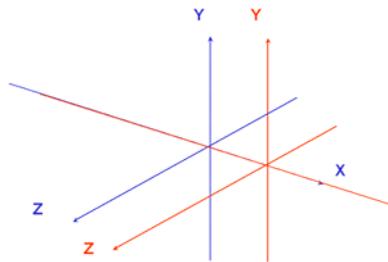


Abbildung 6.11: VRML Knotentyp *translation*

Beispiel:

```

Transform {
    #           X Y Z
    translation 2.0 0.0 0.0
    children [ . . . ]
}

```

Verschiebung mittels translation. Rotation durch rotation und Skalierung durch scale.

Knotentypen (shapes: Licht und Schatten)

Beleuchtung

- gerichtetes Licht DirectionalLight
- Punktlicht PointLight (begrenzte Reichweite)
- Spotlicht SpotLight (begrenzte Reichweite)
- ambientes Licht kein eigener Knoten, setzt sich aus Streulicht anderer Lichtquellen zusammen. Anteil einer Lichtquelle an ambienten Licht durch ambientIntensity beschrieben.

Materialeigenschaften

- diffuse Reflexion, spiegelnde Reflexion, ambiente Reflexion (diffuses Licht)
- Transparenz, Eigenleuchten (emmissive color), Farbe des Schattens

Knotentypen (shapes: Sensoren)

Zur Behandlung von Ereignissen, die entweder vom Betrachter selber ausgeführt werden (z.B. das Anklicken eines Objekts) oder die selbst zwischen den Objekten eintreten (Kollisionsbehandlung bei Animationen), gibt es ab VRML 2.0 die Möglichkeit, *Sensoren* bzw. *Schalter* einzusetzen (Zeit und Ereignis).

TouchSensor Knoten dient als einfacher Schalter für das Berühren eines einfachen Objektes. Dabei hängt das Ergebnis auch von der Benutzersicht und der Struktur des geometrischen Knotens ab. Als Ergebnis werden die Parameter *isActive* bzw. *isOver* auf True bzw. False gesetzt.

ProximitySensor Knoten dient als Bewegungsmelder. Neben den analogen Parameter wie bei *TouchSensor* werden auch Angaben über Position und Orientierung geliefert.

Das Verschieben eines Objekts kann mit dem *PlaneSensor* Knoten realisiert werden, indem man dessen Ereignismeldungen (*trackpoint_changed*, *translation_changed*) an einen *transform* Knoten weiterleitet. Dadurch sind auch andere Funktionen möglich, wie z.B. das Strecken oder Stauchen eines Objekts.

Knotentypen (shapes: Scripte)

Reichen die vorgegebenen Sprachelemente von VRML zur Realisierung eines Projekts nicht mehr aus, können zusätzliche Scriptknoten eingesetzt werden, die ein Script oder ein Programm enthalten. Anwendungsgebiete von Scripts sind z.B.

- Komplexe Animationen
- Formen, die auf bestimmten Algorithmen beruhen (z.B. Fraktale)
- Speichern von Ereignissen bzw. Umgebungsvariablen
- Spezielle Sensoren und Event Handler
- Vernetzte Welten (z.B. bei Online Spielen).

Scripte werden in einer Hochsprache (z.B. Java, JavaScript, C) geschrieben. Art der Sprache ist egal, es müssen lediglich Funktionen zur Übergabe von Parametern (Input/Output) und zur Behandlung von Feldern vorhanden sein. Eingebunden werden Scripts bzw. Programme entweder inline im VRML-Code (analog JavaScript in HTML) oder mittels URL-Knoten.

Weitere Objekte

Hintergründe und Bilder: Ähnlich wie bei HTML können auch in VRML die Hintergründe einer Szene durch Farben, Farbläufe oder Hintergrundbilder "verschönert" werden. Zu beachten ist aber, dass sich der Hintergrund selber immer in scheinbar unendlicher Entfernung befindet, d.h. seine Größe niemals ändert.

Nebel: Nebel ist eigentlich nur ein Spezialeffekt, um in gewissen Fällen eine höhere Realitätsnähe zu erlangen. Der *Fog* Knoten ermöglicht mittels Entfernungangaben, in welcher Entfernung und Stärke der Effekt einsetzt. Die Farbe des Nebels kann frei gewählt werden.

Sound: Sound ist entweder ein permanentes Hintergrundgeräusch oder -musik oder ein zeit- bzw. ortsabhängiges Ereignis. VRML-Browser unterstützen .wav und .mid Sounddateien.

Animationen: Auch ohne Scripte lassen sich mit den Mitteln von VRML einfache Animationen erstellen. Die einfachste Möglichkeit ist das zeitabhängige Ausführen von Transformationen mittels des *TimeSensor*-Knotens, der es erlaubt, (Inter-) Aktionen in einem bestimmten Intervall oder zu einer vorgegebenen Zeit durchzuführen. Weitere Möglichkeiten bestehen durch den Einsatz der schon erwähnten Sensoren, wie *TouchSensor* oder *ProximitySensor*.

Verknüpfung mit dem WWW

Wie in HTML gewohnt, kann durch Anklicken eines Objekts (in VRML: eines Knotens) eine neue Seite aus dem Netz in das aktuelle Fenster oder in ein anderes Frame geladen werden.

```
Anchor {
    url "stairway.wrl"
    decription "Floating Stairs"
    children [...]
}
```

Durch *Inline* (VRML 1.0: *WWWInline*) kann auch der Inhalt von weiteren VRML-Dateien geladen und in die Szene eingeführt werden.

7 Kooperative Systeme

7.1 Kooperationsmodelle in offenen verteilten Systemen

Heterogene verteilte Systeme

Menge autonomer Computer, koordiniert kooperierend, an gemeinsamer Aufgabe

- Kooperation: Zusammenspiel der Komponenten
- Koordination: Geordnetes Zusammenspiel
- Bekannte Anwendungen: Client/Server, Peer-to-Peer, ...

Kommunikationseinrichtungen:

- WAN (Internet, X.25), MAN, LAN, ACN: MFN, WLAN, ...
- High-Speed-NWs, Backbones, Infrastruktur-Netze, Ad-hoc-Netze

Middleware (Verteilungsplattformen, Componentware)

- RPC, RMI, MOM; CORBA, ...
- .NET (DCOM), J2EE (EJB)
- Web Services (SOAP, WSDL), SOA

Verteilte Anwendungen:

- CSCW, Simultaneous Engineering, Teleworking, WfM, EDI, EBxml, ODA, File-Sharing
- Teleteaching, Audio/Videokonferenz, Tele-Bibliothek, Online-Dienste, Gnutella, Grid-Computing
- Mobile Computing (ubiquitous/nomadic Computing), ..., Organic Computing

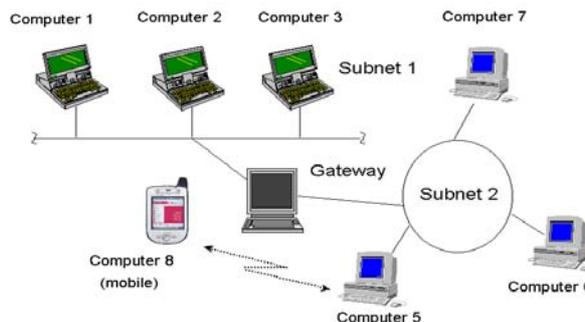


Abbildung 7.1: Computer und Netze in verteilten Systemen

Infrastruktur heterogener verteilter Systeme

Betriebssystemerweiterung



Abbildung 7.2: Infrastruktur (SW) verteilter Systeme

Komponenten

Kommunikation: Kommunikationsprotokolle, TCP/IP, Übergänge (Gateways)

Kooperation: Client/Server ... Peer-to-Peer (P2P), Entfernter Prozeduraufruf (RPC), entfernter Methodenaufruf (RMI), Message Passing/Queuing; Threads

Zeit: Uhrensynchronisation

Namensverwaltung/Verzeichnis: Objektidentifikation, Namensraum, Verzeichnisdienst

Sicherheit: Autorisierung, Authentisierung, Integrität, Zugriffsrecht

Verteiltes Dateisystem: Transparente Erweiterung lokaler Dateisysteme; NFS, AFS, DFS

Transaktionen: Sicherung Konkurrenz und Nebenläufigkeit, Datenkonsistenz

Management: Fehler, Konfiguration, Abrechnung, Leistung, Sicherheit

Kooperationsmodelle in offenen verteilten Systemen

Client/Server-Modell:

- Dienstanutzer (Client), Dienstbringer (Server); Aktivität durch Client; seit ca. 1984
- Nutzung über Service-Interface (IDL: Interface Definition Language)
- keine notwendigerweise permanente Client/Server-Zuordnung (Wechsel, Rollen).

Erweitertes Client/Server-Modell:

- Dienstvermittlung (Trader), Aufbau von Traderkooperationen und -föderationen.

Peer-to-Peer (P2P):

- Gleichberechtigte Partner, dezentrale Dienstbringung (vs. C/S); seit ARPAnet.

Producer/Consumer-Modell:

- Aktivität durch Erzeuger; Vom Erzeuger produzierte Informationen werden durch Verbraucher bei Bedarf beansprucht; Keine Erzeuger-Verbraucher-Synchronisation.
- Auswahl der Informationen außerhalb Koop.-modell (z.B. Service-on-Demand).

Gruppen-Modell:

- Gruppe arbeitet an gemeinsamen Gegenstand, um diesen in Richtung eines gemeinsamen Zieles zu verändern (z.B. gemeinsames Editieren eines Textes).

Aktoren-Modell: Ausnutzen freier Bearbeitungsressourcen (Prozessorvergabe).

Client/Server-Systeme

Verbreitetes Kooperationsmodell (Client: Dienst-Nutzer; Server: Dienst-Bereitsteller).

IDL (Interface Definition Language), RPC (Remote Procedure Call). Bekannte Anwendung: World Wide Web. Dienste der Verteilungsplattform:

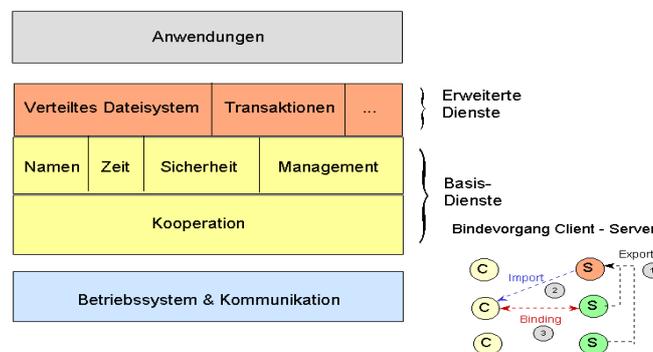


Abbildung 7.3: Kooperationsmodell Client/Server

Dienstvermittlung

- Erweiterung des Client/Server-Modells durch Auswahl des Servers (Service Provider)
- Realisierung: Verteilter Namens- und Directory-Service oder Trader / Broker
- Kooperationen bzw. Föderationen zwischen verschiedenen Client/Server-Systemen

Kooperationsmodell Peer-to-Peer (P2P)

Gleichberechtigte Nutzer: Gegenstück zu Client/Server. Traditionelles Kooperationsmodell: Ausgangspunkt: ARPAnet (1969). Realisierungen: oft proprietär.

Charakteristika: dezentrale Dienstbringung, Funktionsverteilung, Shared Filesystems.

Vorteil: Entlastung der hohen Serverbelastung. Ermöglicht durch erhöhte Leistungen im Zugangsnetz-Bereich (xDSL) und kostengünstiger Abrechnungsmodelle (flat rate).

Bekannte Lösung: Musiktauschbörse Gnutella, [Napster]; File-Sharing KaZa.
 Günstige Unterstützung: Ad-hoc-Netzwerke (spontane Vernetzung).

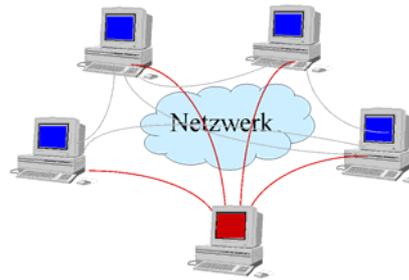


Abbildung 7.4: Kooperationsmodell Peer-to-Peer

OSF (Open Software Foundation)

Konsortium:

Cambridge / Massachusetts (1988, Ausschreibung Request for Technology, RFT)
 HW/SW-Hersteller (u.a. IBM, DEC, HP), Uni's; Produkte: DCE, DC++, [DME]

Plattform DCE (Distributed Computing Environment):

Basisdienste: Datenrepräsentation, RPC, Threads / Namensverwaltung, Directory-Service / Security, Uhrensynchronisation.

Erweiterte Dienste: Verteiltes Dateisystem, Diskless Support, PC-Integration.

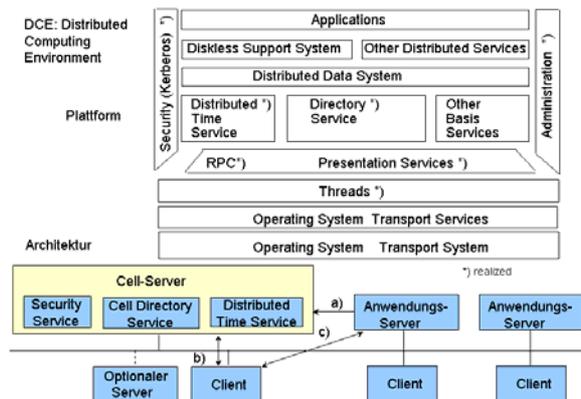


Abbildung 7.5: DCE (Plattform und Architektur)

Architektur

Zellenstruktur: Cell- / Application-Server: Binding-Handle, RPC, Threads

Erweiterungen: Trader (Dienstvermittlung), Mediator

Ablauf:

- a) Registrierung eines Diensteanbieters / -erbringers (Server) im CDS (Service Export)
- b) Dienstanwender (Client) erfragt Dienst mittels Identifikator (Service Request) und erhält Server-Interface (Service Identification, Service Import)
- c) Aufruf des Diensteanbieters (Remote Procedure Call)

OMG (Object Management Group)

Konsortium

Vereinigung namenhafter Hersteller, gegründet 1989 (u.a. SunSoft, DEC, HP, ObjectDesign, NCR, HyperDesk). Sitz in Cambridge (Massachusetts). Realisierung über offene Ausschreibung (RFT: Request for Technology).

Zielstellungen: Konzepte und Produkte zur Entwicklung verteilter Anwendungen auf Basis verteilter, objektorientierter Modelle. Spezifikation interoperabler Software-Systeme. Gestal-

tung eines ORB (Object Request Brokers) zur transparenten Kommunikation zwischen verteilten Objekten.

Wichtigste Ergebnisse

- *OMA* (Object Management Architecture): Referenzarchitektur.
- *CORBA* (Common Object Request Broker Architecture): Spezifikation für einen Softwarebus zur Interaktion zwischen verteilten Objekten.

CORBA (Common Object Request Broker Architecture)

Basisfunktionen zur Objektverwaltung

- Objekt Services (OSA): Dienste analog objektorientierter höherer Programmiersprachen (netzbezogen). Basisfunktionen zur Verwaltung der Objekte im Netz, u.a.
 - Erzeugung und Verwaltung von Klassen und Instanzen
 - Erzeugung persistenter Objekte bei Bedarf
 - BOA / POA (Basic / Portable Object Adapter)
- Common Facilities: Allgemein nutzbare Class-Libraries und allg. Dienste für unterschiedliche Applikationen.
- Application Objects: Anwendungen, basierend / nutzend auf Diensten der OSA, z.B. CAD, CASE, Netz-Management (insbesondere für DME / OSF bzw. ATLAS / UI)
- Object Request Broker (ORB): Verteilen der Interaktionen, Softwarebus, Trading; Objektaufrufe (DII), IDL, IIOP. Produkte (Auswahl):
 - Orbix 2.3 / 3.0 (IONA), Visibroker 4.0 / 5.0 (Inprise/Netscape)
 - ORBeline 2.0 (Post Modern), Distributed Small Talk (DST).

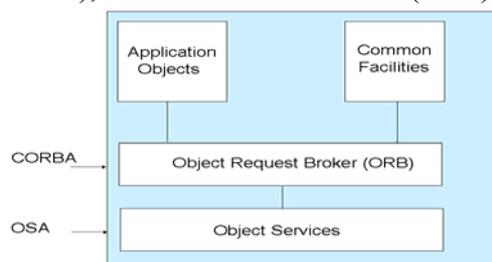


Abbildung 7.6: Object Management Architecture (OMA)

CORBA (Common Object Request Broker Architecture)

Erweiterter Mechanismus zur Interaktion zwischen verteilten Objekten. Funktionalität analog RPC: Entfernter Aufruf (Client), Weiterleitung/Aufrufausführung (Server)/Ergebnisrückgabe.

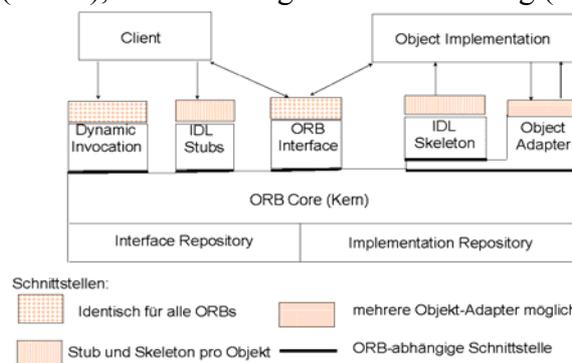


Abbildung 7.7: Aufrufschnittstellen in CORBA

Client-/Objekt-Instanzen: Clients greifen auf Methoden von Objekten zu Objektschnittstellen:

- statisch: spezifiziert über IDL (Interface Definition Language).
- zur Laufzeit: DII (Dynamic Invocation Interface), Nutzung Interface Repository.

Object Adapter: Serverzugriff auf Dienste der Object Services Architecture (OSA).

IIOP (Internet Inter-ORB Protocol): Kommunik. zw. verschiedenen ORBs, Anschluss Java.

7.2 Verteilte Anwendungssysteme (CSCW)

CSCW: Computer Supported Cooperative Work

Verteilung der Verarbeitungsprozesse, Speicherung, E/A auf i.allg. territorial verteilte, miteinander vernetzte Computer (Tiers); Gemeinsame Bearbeitung des Arbeitsgegenstandes.

Beispiele: Teleworking (z.B. Telescript, Heimarbeit), Teleteaching, Telepräsenz, Simultaneous Engineering, CIM (Computer Integrated Manufacturing), Grid-Computing, Automatisiertes Büro, EDI/Ebxml, Groupware, VDBS (Verteilte Datenbanksysteme).

Einsatz neuer Kommunikations- und Teledienste:

- Kommunikation (wired / wireless; connected / disconnected mode): Vermittlung von Diensten (Trading/Dienstemarkt) und Netzen (Corporate Networks, Virtual Private Networks (VPN)), Ad-hoc-NW, Dienstgüte, Bandbreiten-Mgt.
- Mobile Computing (z.B. mobiler Service-Ingenieur), Nomadic (distributed) Computing.
- Audio/Videokonferenz, MM-Mail; Internet/Web, mobiler Internet-Zugang (mobile IP, WAP, i-mode), Email-Push-Dienst.

Einsatz: Client/Server-Systeme, WfM-Systeme, Grid-Computing, mobile Agenten, ..., gleichberechtigte Kooperation (Peer-to-Peer): Musiktäuschbörse (Gnutella, Napster). Anschluss Haushalte, Schulen, Universitäten, Bibliotheken (Tele-Library), ...

Beispiel (CSCW): Verteilte Datenbanken in einem komplexen System der Produktionsplanung, Fertigungssteuerung, Büroautomatisierung.

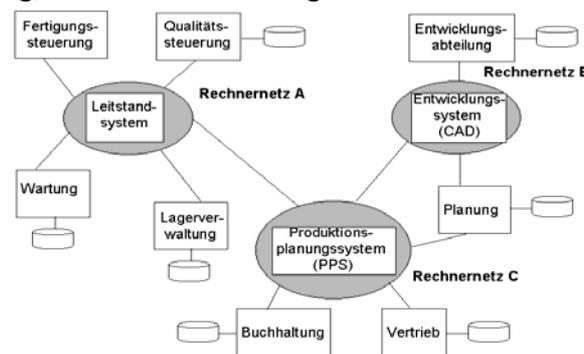


Abbildung 7.8: CSCW-Beispiel (Produktionssystem)

Verteilte Teilanwendungen: Produktionsplanungssystem, Leitstandsystem, Entwicklungssystem
Datenbestände, u.a.

- Entwicklung: Auftrag, Produktinformationen, Fertigungsabläufe, vorhandene Fertigungsfolgepläne
- Lagerverwaltung: Lagerbestand, Produktein- und -ausgänge
- Vertrieb: Terminkontrolle, Lagerhaltung, Absatztrends
- Planung: Fertigungsabläufe, Maschinenauslastung, Wartungskontrolle

7.3 Büroautomatisierung und –kommunikation

Kooperative verteilte Systeme in der Büroautomatisierung

Aufgaben zur rechnergestützten Büroautomatisierung und Verwaltung:

Kooperatives Arbeiten (cooperative distributed processing), Dokumentenverwaltung (document administration), Vorgangsbearbeitung (workflow management), Reorganisation der Geschäftsprozesse (business process re-engineering)

Einsatz verteilter Systeme in der Büroarbeit und Verwaltung

- Telekonferenzsysteme (Audio/Videokonferenz, Shared Applications (z.B. Whiteboards)), Multimedia-E-Mail ~> kooperativer Entwurf, Diskussionen, Nachrichtenaustausch, Wissensakquisition.
- Datenbanken, verteilte Dateisysteme; elektronischer Dokumentenaustausch ~> Dokumentenverwaltung, EDI / Ebxml, ODA.
- Workflow-Management-Systeme (WfMS) ~> Vorgangsbearbeitung und -kontrolle.
- Reorganisation der Geschäftsprozesse ~> Geschäftsmodelle, Business Process Redesign.

Workflow-Management-System im Büroinsatz (Beispiel „Umlaufmappe“)

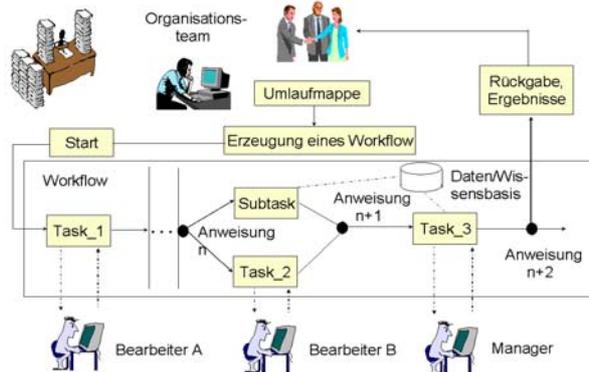


Abbildung 7.9: Workflow-Management-System im Büroinsatz

EDI: Electronic Data Interchange

Elektronischer Dokumentenaustausch im Geschäftsbereich

EDI: Elektronische Beschreibung, Verarbeitung und Übertragung von Dokumenten im Geschäftsbereich. Anwendung: Office Automation, Bürokommunikation. Voraussetzungen:

- Vernetzungs-Infrastruktur:

Klassische Kommunikation: Telefon / ISDN, Post (Brief), Fax, Telex

Rechner-basierte Kommunikation: Email, FTP, Telnet, Web; MFN, WLAN, Satelliten

WAN-Bereich: X.25, Frame Relay, Internet, ATM, Gigabitnetze, Mobilfunk

LAN-Bereich: Ethernet ... Gigabit-Ethernet, Nebenstellenanlagen

- Verteilte Verarbeitung (Distributed Systems) auf heterogenen HW/SW-Plattformen

Client / Server vs. P2P, Lösungen auf Basis (Socket), RPC, RMI, MOM. Middleware (Corba, Jini), Web-Services. SWE: Componentware (.NET/DCOM, J2EE/EJB) ~> SOA

Standardisierung: Nachrichtenformat und Austausch der Dokumente (EDIFACT ~> Ebxml)

EDI / EDIFACT

Entwicklung des Standards EDIFACT



Abbildung 7.10: Entwicklung EDI-Standards

EBXML: Nachfolgestandard von EDI

EBxml (Electronic Business Extensible Markup Language) wurde vom Web-Normierungsgremium Oasis und UN-Organisation Cefact als Standard für den elektronischen Daten- bzw. Dokumentenaustausch zwischen Unternehmen festgelegt. Damit Ebxml offizieller Nachfolger von EDI (Electronic Data Interchange). Die neue Norm basiert auf der Datenbeschreibungssprache XML (eXtended Markup Language), entwickelt von IBM und Sun. Allerdings wird Ebxml nicht von allen Anbietern unterstützt: Microsoft setzt auf Biztalk (ein ähnliches Konzept, das aber nur durch Einsatz von Middleware kompatibel zu Ebxml wird).

Beispiel zu verschiedenen Standards

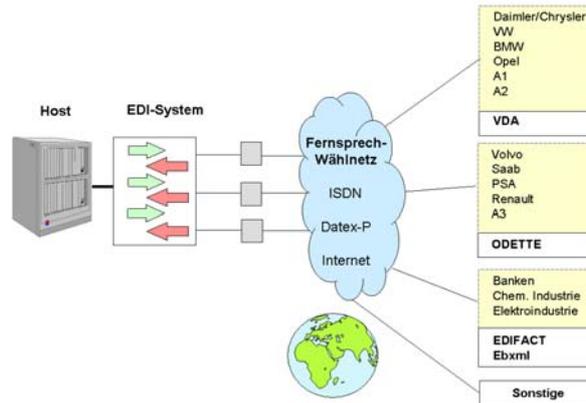


Abbildung 7.11: Anwendung verschiedener EDI-Standards

7.4 Workflow-Management-Systeme

Aufgaben

Unterstützung bei der Aufgabenverteilung, Fortschrittskontrolle, Transparenz (Funktion, Verteilung), transparente Reaktion auf Ausfälle.

Vorgehensweise und Ziele: Iterativer Prozess zur schrittweisen Abbildung der Strukturen und Vorgänge einer Organisation (Abteilung, Unternehmen). Unterstützung der Arbeit durch Kontrolle der Vorgänge, u.a. kürzere Bearbeitungszeiten, Auftragsverteilung, Vermeidung von Engpässen. Basis für Analyse von Vorgängen und deren Überwachung sowie Strukturen zur effizienteren Arbeit ~> Vorgangsbearbeitung (Sequentialisierung)

Klassifikation und Beispiele

Basis-Workflows

- Interne Verwaltung, u.a. Umlaufmappe, Antragsbearbeitung (z.B. öffentliche Ämter), Planungsvorgänge, Grundmittelverwaltung
- Geschäftsvorgänge, u.a. Aufträge, Bestellungen, Anfragen, Kundenverwaltung

Zusammengesetzte Workflows

- Anwendungsspezifische Geschäftsvorgänge.
- Zusammengesetzte Vorgänge, die externe Dienstleistungen beinhalten.
- Kooperative Vorgänge mit mehreren Verwaltungseinheiten

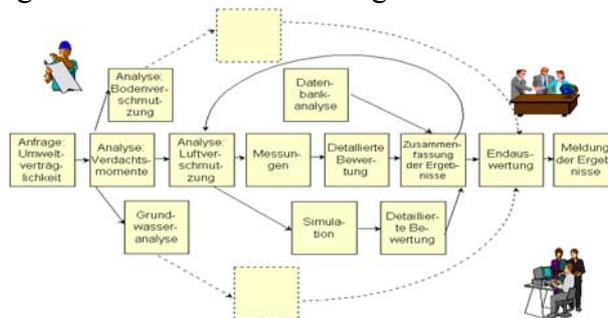


Abbildung 7.12: WfMS-Szenarium Umweltamt (Beispiel)

Geschäftsprozesse (Business Processes)

Vorgangsbearbeitung in Geschäftsprozessen (Business Processes)

Zielstellung und Ausgangspunkt

- Neuorganisation betrieblicher Abläufe (BPR: Business Process Reengineering) Ausführung restrukturierter Geschäftsvorgänge (~> Optimierung und Flexibilisierung).
- Anpassung an schnelllebige Marktveränderungen (~> Modularisierung).

Unternehmensmodellierung (Enterprise Modeling): Gesamtbetrachtung der Arbeitsabläufe und -organisation in einem Unternehmen.

Vorgangsmodellierung (Workflow Management, WfM).

Entwicklung der Geschäftsprozesse/-modellierung:

Seit ca. 1970: USA: DoD, ISO 9000

Formale Prozessbeschreibung: Prozess-Analyse (Simulation), Prozess-Automation (Workflow Management)

Verschiedene Methoden und Tools: IDEF0, ADW, Bachmann, ARIS, FlowMark (IBM), LOVEM/CABE. Anwendung Netzplantechnik, Leitstandstechnik, Workflow Management.

Einsatz von Workflow-Management-Systemen (WfMS)

Realisierung von Geschäftsvorgängen (Vorgangsbearbeitung) auf der Basis eines Workflow-Modells (Spezifikation einer abstrakten Repräsentation):

- Prozesse (sog. Workflows) und deren Ablauffolge
- Personen und Daten, die diese Prozesse ausführen
- Applikationen, die in diesen Prozessen benutzt werden

Workgroup Computing (Gruppenarbeit): WfMS sind Groupwaresysteme (Software-Lösungen, modular aufgebaut). Koordination von Benutzern, die räumlich verteilt an der gemeinsamen Lösung von Aufgaben arbeiten. WfMS sind wichtige Anwendungen verteilter Systeme (Middleware-Systeme oder verteilter Datenbanksystem VDBS). Basiskonzepte von verteilten Systemen: Kommunikation, Kooperation, Koordination.

Vorgangsmodellierung (Workflow Management Modeling)

Workflow-Management-Modell

WfMC: Workflow Management Coalition (1994): Ein Workflow-Modell ist die formale Beschreibung eines Prozesses, dass durch ein Workflow-Management-System automatisiert werden kann. Frank Leymann (1992) führt PM-Graphen (Process Model Graphs) zur Modellierung des Flusses der Steuerung und Daten eines Geschäftsprozesses ein.

Die Basis-Komponenten eines Workflow-Modells sind elementare Prozesse (Workflows, Aktivitäten, activities) mit zugeordneten Applikationen und Verbindungen (Übergänge, transitionen) zwischen den Aktivitäten, menschliche oder maschinelle Ressourcen (Teilnehmer, participants), die die Aktivitäten ausführen. Die organisatorische Rollenbeschreibung (role description) jedes Teilnehmers als Einheit funktioneller Verantwortlichkeiten zu sehen. Mapping findet zwischen den Aktivitäten und Rollen statt, um die Prozessverantwortlichkeit zwischen Geschäftsführer und Abteilungen zu unterscheiden.

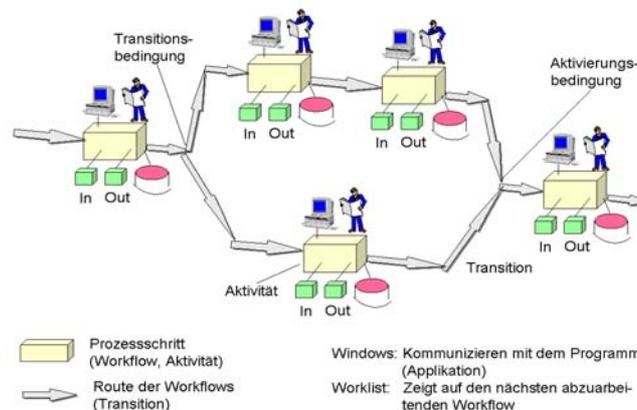


Abbildung 7.13: Workflow-Management-Modell

Merkmale

Ein einzelner Teilnehmer (participant) kann mehrere Rollen ausführen, wobei eine einzelne Rolle durch mehrere Teilnehmer ausgeführt werden kann. Aktivitäten auf parallelen Pfaden können simultan durchgeführt werden, abhängig von den Outputs der Aktivitäten, die den

Steuerfluss aufsplitten (transition condition). Die Beendigung einer Aktivität führt zum Start der folgenden Aktivität, falls alle Abhängigkeiten aufgelöst sind (activation condition). Eine Aktivität, die zur Ausführung ausgewählt ist, erscheint in der personal worklist aller Teilnehmer, die fähig sind, die Aktivität gemäß Rollenbeschreibung auszuführen. Die worklist enthält die Applikationen (work items), deterministische oder stochastische Ausführung.

Beispiel

- Aktivitäten (Workflow), Transitionen (Übergang, Route) und Bedingungen
- Zuordnung von Personen (Name, Rolle, Ebene, Abteilung)
- Automatisches Routing der Bearbeitungsvorgänge (work items) durch Prozess: $f(I/O)$
- Individuelle Sicht der Personen: Worklist und Programm-Windows
- Anbindung von Programmen und Daten der Applikationen

7.5 Teleworking

Form der kooperativen, verteilten Arbeitsweise: Entfernter Zugriff zu zentralen Ressourcen (Daten, Informationen, Programme). Verteilung von Informationen, Integration von Mobile Computing (ubiquitous, nomadic). Neue Arbeitsformen, u.a. Heimarbeitsplätze, Studentische Wohnheimarbeitsplätze, Service- und Reisearbeitsplätze, dezentrale Schreibbüros (Telescript), u.a. Service-Ingenieur, entfernte Datenerfassung bzw. Wissensakquisition. Integration von Büro, Entwicklung, Dienstleistungen, Schule, Haushalte.

Anwendungs-Szenarien (Teleworking, Multimedia)

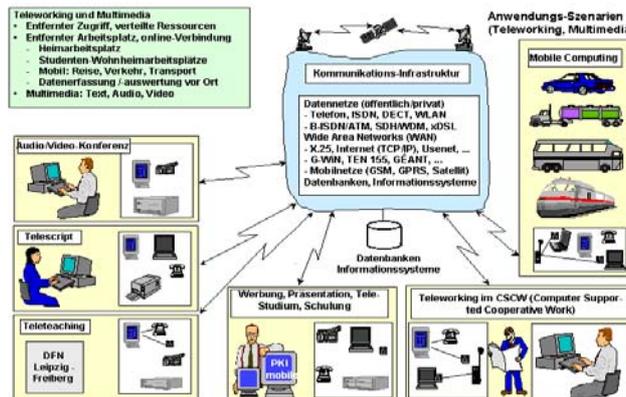


Abbildung 7.14: Teleworking und Multimedia

Beispiel Medizin

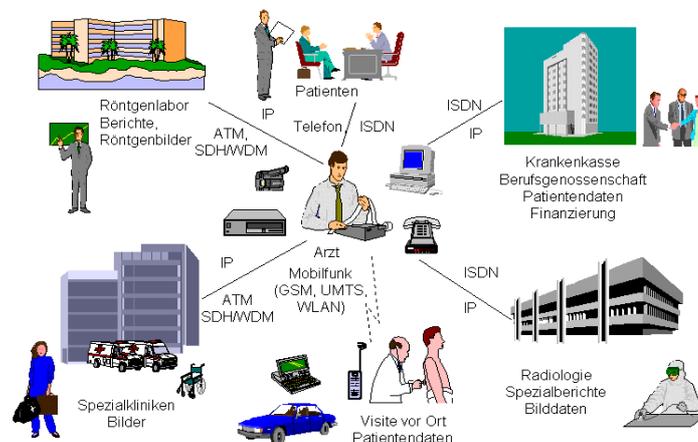


Abbildung 7.15: Teleworking in der Medizin

8 Wireless Personal Area Networks (WPAN)

8.1 Nahbereichskommunikation

Raum- und körpernahe Netze

Mobile Kleingeräte (Digitalkamera, Mobiltelefon, PDA, drahtloser Kopfhörer, Armbanduhr, aushaltgeräte) ~> limitierte Ressourcen für Verarbeitung (Prozessor, Speicher, E/A), Übertragung, Energie. Geräte und Netze für drahtlose Nahbereichskommunikation entwickelt, Einsatz als Raum- bzw. körpernahe Netze. Wichtigste Varianten:

- WPAN (Wireless Personal Area Networks): Hauptvertreter: IR, Bluetooth, ... W-USB.
- Entfernte Identifikationstechniken: RFID, NFC.
- Sensornetze (ubiquitous computing ~> globalisierte Informationsgesellschaft).

Bekannte Einsatzgebiete (Auswahl):

Drucken von Fotos einer Digitalkamera auf Fotodrucker, Anschluss eines drahtlosen Headsets an Mobiltelefon, Anschluss peripherer Geräte für PC (Maus, Tastatur, Bildschirm), Vernetzung von Haushaltgeräten, Warenlogistik, Produktidentifikation., Vernetzung von PDAs zum Austausch kleiner Datenmengen (Visitenkarten, Synchronisation von PIM-Daten (z.B. Outlook), Push-Emails, Gesundheitshemd, Gedächtnishilfe MEMOS).

Merkmale von WPAN:

- Kurze Reichweite (einige Zentimeter bis Meter), i.d.R. von einer Person genutzt.
- Geringe Ladekapazität der Stromversorgung --> energiesparende Übertragung. z.T. Energieversorgung durch magnetische Induktion (z.B. Sensornetze).
- i.allg. automatische Konfigurierung, integrierte Suchfunktionen für Geräte und Dienste. Hoher Grad an Selbstorganisation. Massen- und Konsummarkt.
- Spezialisierte Anwendungen, WPAN keine "Verlängerung" traditioneller Netze.
- Keine Mehrpunkt-Verbindung (WLAN), nur Point-to-Point zw. 2 Geräten, ggf. Point-to-Multipoint.

Technische Umsetzungen drahtloser Nahbereichskommunikation (Entfernung ca. 0.5 – 10 m)

- WPAN: Infrarot (IrDA), Bluetooth; Zigbee, NanoNet, UWB (Ultra Wideband), W-USB.
- Identifikationstechniken: RFID (Radio Frequency Identification), NFC (Feldfunk).
- Sensornetze.

8.2 Infrarot-Netze (IrDA)

Infrared Data Association (IrDA)

IR (Infrarot): Fa. Hewlett Packard (1979), Verbindung Taschenrechner HP-41C mit Drucker. 1993 Zusammenschluss von 30 Firmen (incl. HP), um einheitlichen Standard zu definieren. Bezeichnung der Gruppe und des Standards: **Infrared Data Association (IrDA)**.

1994: 1. Standard IrDA 1.0 (sog. SIR, Serial Infrared): Datenraten bis 115,2 kbit/s.

1995: Erweiterung IrDA 1.1 (sog. FIR: Fast Infrared): Datenraten bis 4 Mbit/s.

1999: Erweiterter Standard (sog. VFIR: Very Fast Infrared). Datenraten bis 16 Mbit/s.

Seit Jahr 2000 mehr als 150 Firmen im IrDA.

IrDA-Protokoll in verschiedene Betriebssysteme integriert, u.a. Windows, OS/2, MacOS, Linux, und in die Handheld-BSS PalmOS, EPOC, Windows CE und Windows Mobile. Viele Geräte standardmäßig mit IR-Hardware ausgerüstet.

IrDA-Spezifikation umfaßt 2 Teilstandards: *IrDA CONTROL* und *IrDA DATA*.

IrDA CONTROL: für Anbindung von Rechnerperipherie, z.B. drahtlose Mäuse, Tastaturen, Spielesteuerung, Joysticks. Eigenschaften:

- Geringe Datenraten notwendig (bis 75 kbit/s),
- Abstand zwischen Kommunikationspartnern bis zu 5 m.

IrDA DATA: für anspruchsvolle Kommunikationsszenarien.

Standard IrDA bezieht sich i.allg. auf IrDA DATA mit folgenden Eigenschaften:

- Datenraten bis zu 16 Mbit/s und Entfernungen bis zu 1m.
- Suchfunktionen nach Geräte in Kommunikationsreichweite und installierten Diensten.
- Automatischer Austausch von Kommunikationsparametern zwischen Geräten.
- Mehrere zuverlässige logische Kanäle zwischen Geräten verfügbar.
- Nachrichten unzuverlässig via Broadcast an mehrere Geräte gleichzeitig versendbar.
- Ein Transportprotokoll übernimmt Flusskontrolle und Segmentierung langer Nachrichten.
- Serielle und parallele Schnittstellen emulierbar; Netzwerkanbindungsprotokoll verfügbar.
- Optionales Protokoll erlaubt Transport komplexer strukturierter Datenobjekte.

Infrarot-Kommunikation

Frequenzbereich bei 10^8 GHz, Übertragungsraten 2,4 kbit/s ... 16 Mbit/s. Markante Unterschiede zwischen IR-Kommunikation und Funk-Übertragung: IR zwar wie Funk für menschliches Auge *unsichtbar*, unterliegt aber wie das sichtbare Licht der *Strahlenoptik* und kann massive *Gegenstände* nicht durchdringen. Reichweite der IR-Sender begrenzt, Sichtverbindung zwischen Sender und Empfänger erforderlich, im Gegensatz zu Funk (Funkstrahlung kann Gegenstände durchdringen). Vorteile durch begrenzte Reichweite: geringere Störungen benachbarter Funk- bzw. IR-Sender; höhere Abhörsicherheit gegenüber Funk (IR gestattet zwar passives Mithören, aber Mithörer muss sich in Sichtweite befinden).

Eigenschaften der IR-Kommunikation:

- Sonnenlicht stört IR \leadsto Beschränkung auf Gebäudeinneres.
- IR störanfällig gegen Fremdlicht (Kunstlicht, Sonnenlicht), aber unempfindlich gegenüber elektromagnetischen Störfelder \leadsto geeignet für Einsatz in Produktionshallen.
- IR ohne hoheitliche Beschränkungen (z.B. in Frequenzspektrum, Bandbreiten, Lizenzen). IR darf entsprechenden Bereich des elektromagnetischen Spektrums beliebig nutzen.
- IR gut für WPAN geeignet: keine Beschränkungen, kostengünstige Installation und Betrieb \leadsto Einsatz in Konsum- und Haushaltgeräten.

IrDA-Protokollstapel

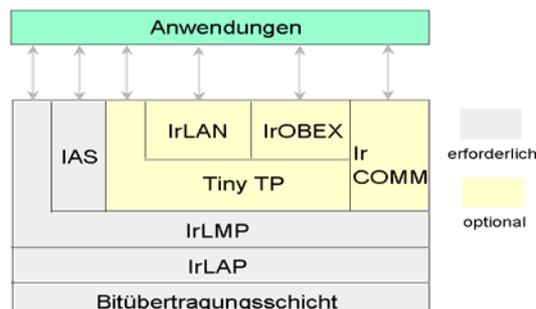


Abbildung 8.1: IrDA-Protokollstapel

Bitübertragung: Realisierung der optischen Übertragung (elektromagnetische Wellen bei 10^8 GHz).

IrLAP (Infrared Link Access Protocol): zuverlässige Übertragung über eine Verbindung zwischen 2 Geräten.

IrLMP (Infrared Link Management Protocol): mehrere logische Verbindungen über eine physische Verbindung.

IAS (Information Access Service): Auskunft über Dienste anderer Partner ("gelbe Seiten").

Tiny TP (Tiny Transport Protocol): Flusskontrolle auf Basis der logischen IrLMP-Kanäle. IrCOMM (Infrared Communications): emuliert serielle oder parallele Schnittstellen.

IrOBEX (Infrared Object Exchange Protocol): für Austausch komplexer Objekte ("Beamen").

IrLAN (Infrared Local Area Network): Anbinden eines Gerätes über Infrarot an ein existierendes lokales Netz.

IrMC (Infrared Mobile Communications): Sammlung von Formatspezifikationen für den Austausch mobiler Daten.

Aufgaben der IrDA-Protokollschichten

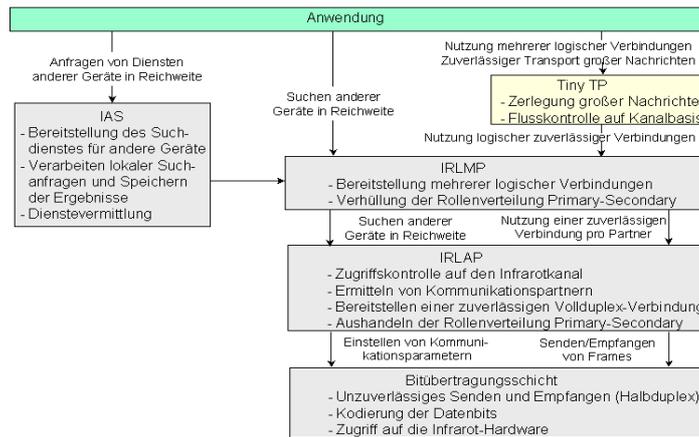
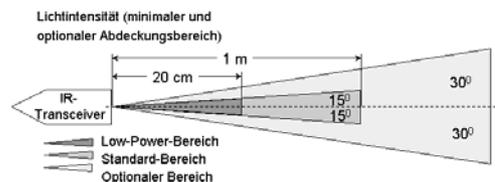


Abbildung 8.2: Aufgaben der IrDA-Protokollschichten

IrDA-Protokolle

Erforderliche Protokolle:

Bitübertragungsschicht: Realisierung der optischen Übertragung (Standard spezifiziert Darstellung der Bits, Übertragungsgeschwindigkeit, optische Charakteristika). Infrarot-Transceiver: Senden/Empfangen von Infrarotsignalen (in vielen mobilen Geräten integriert).



Übertragungsgeschwindigkeiten des IrDA-Standards

Datenraten	Spezifikation	Modulation
2.4 - 115.2 kbit/s	SIR	RZI (Return Zero Inverted)
0.576 Mbit/s	FIR	RZI
1.152 Mbit/s	FIR	RZI
4.0 Mbit/s	FIR	4PPM (4 Pulse Position Modulation)
16 Mbit/s	VFIR	HHH (1,13)

Serial-, Fast-, Very; Halbduplex (nicht gleichzeitiges S/E)

Abbildung 8.3: IrDA Bitübertragungsschicht

IrLAP (Infrared Link Access Protocol): zuverlässige Übertragung zwischen zwei Geräten.

IrLMP (Infrared Link Management Protocol): IrLAP sichert eine Verbindung, IrLMP stellt mehrere logische Verbindungen über eine physische Verbindung zur Verfügung.

IAS (Information Access Service): Gibt Auskunft über verfügbare Dienste anderer Kommunikationspartner ("gelbe Seiten"), Dienstvermittlung.

Optionale Protokolle und Mechanismen:

Tiny TP (Tiny Transport Protocol): Protokoll realisiert Flusssteuerung auf Basis der logischen IrLMP-Kanäle. Große Nachrichten für Transport in kleine aufgeteilt und am Zielort wieder zusammengesetzt. Damit pro Sendevorgang große Datenmengen (bis zu 64 KByte) übertragbar. Nachrichtenformat dabei nur um 1 Byte erweitert. Tiny TP (Tiny Transport Protocol): zwar optionales Protokoll, aber von IrDA dringend empfohlen, da es wichtige Funktionen für den Datentransport übernimmt. Anwendungen, die auf Tiny TP aufbauen, können folgende Dienstleistungen in Anspruch nehmen:

- Suchen anderer Geräte in Kommunikationsreichweite (über IrLMP),
- Abfragen, welche Dienste diese Geräte anbieten (über IAS),
- Nutzen dieser Dienste, indem Komm.-Verbindungen aufgebaut werden (über Tiny TP).

IrCOMM (Infrared Communications): Protokoll emuliert serielle RS-232- oder parallele Centronics-Schnittstellen. Anwendungen, die für solche Schnittstellen entwickelt wurden,

können so ohne Modifikationen die IR-Verbindung nutzen, z.B. Anwendungen über Infrarot drucken, Modems über Infrarot nutzen, Kommunikationsprotokolle über serielle Schnittstelle (z.B. TCP/IP über PPP).

IrOBEX (Infrared Object Exchange Protocol): Protokoll ermöglicht Austausch komplexer Objekte (sog. "Beamen"), wie beispielsweise Visitenkarten, formatierte Texte, Grafiken.

IrLAN (Infrared Local Area Network): Protokoll dient zum Anbinden eines Gerätes über Infrarot an ein existierendes lokales Netz, und zwar so, als ob das Gerät über eine traditionelle Netzwerkkarte verfügt. IrLAN unterstützt 3 verschiedene Betriebsmodi:

- Access Point: Zugriff zum Netzwerk erfolgt über ein weiteres Gerät, das sowohl Netzwerkkarte als auch IR-Anschluss besitzt.
- Peer-to-Peer: nur 2 Geräte über IR verbunden (Dienste genutzt wie bei Netzwerkkarte).
- Hosted: Geräte mit Rechner verbunden, der über Netzwerkkarte verfügt. Im Gegensatz zum Modus Access Point teilen sich die Geräte eine NW-Karten-Adresse.

IrMC (Infrared Mobile Communications): Rahmenwerk (kein Protokoll) für die mobile Kommunikation mit IrDA. Sammlung von Formatspezifikationen für den Austausch mobiler Daten, u.a. Visitenkarten, Kalendereinträge, Texte und Nachrichten. Zusätzlich kann ein Audiokanal eingerichtet werden (allerding wegen der geringen Reichweite und hoher Bandbreite nur bedingt sinnvoll).

8.3 Bluetooth

8.3.1 Nahbereichs-Funktechnologie für portable Geräte

Zielstellungen

Bluetooth – offene Spezifikation zur Übertragung von Daten und Sprach über Ad-hoc-Funkverbindungen. Initiiert durch Ericsson Mobile Communications (EMC), Hauptsitz in Lund. Mai 1998: Gruppe Ericsson, IBM, Intel, Nokia, Toshiba; mittlerweile > 2000 Mitglieder.

Ziel der SIG (Special Interest Group):

- herstellerunabhängiger Standard für funkbasierte Peer-to-Peer Datenübertragung (z.B. HW/SW-Entwicklungen von Microsoft, Motorola, 3Com, Lucent, ...),
- mit kostengünstiger Implementierung.

Mit relativ geringen HW-Kosten ist ab Jahr 2000 der Markt mit allen Bereichen der Consumer-Elektronik zu versorgen, z.B. drahtlose Kommunikation zwischen Stereoanlagen <--> Videorecorder, Peripheriegeräte <--> PC, sowie Mobiltelefon als schnurloses Endgerät.

Automatische Verbindung, ohne Konfigurationsdetails für Anwender.

Auch in Notebooks, PDA's und als Wireless LAN (Problem: Bluetooth <--> IEEE 802.11b). Einsatz in PkW für schnurlose Telefonie und Freisprecher (Adapter zu MFN). Somit Bluetooth als Funktechnik für mobile Geräte im Nahbereich, Vereinfachung der kabellosen Kommunikation mobiler, portabler Geräte.

Versionen

Version 1.0: 05.07.1999.

Version 1.1: verbesserte Version, 01.12.2000. Entwickeltes Release 22.02.2001 bietet unter anderem Spezifikation für generisches Zugangsprofil (Generic Access Profile, wie z.B. drahtlose Telefonie, LAN Access, Ultimate Headset).

Version 1.2: dynamische Geräteadressen (Einführung „Anonymous Mode“), auch Portierung auf Linux (z.B. Fa. Axis: Linux-basierter Bluetooth-Access-Point).

Version 2.0 (ab 2004): Erweiterung auf 4, 8 oder 12 Mbit/s (Jaap Hartsen).

Bluetooth-Technologie

Skandinavische Entwicklung (Ericsson, EMC/Lund), benannt nach skandinavischem Wikinger-König Harald Blauzahn. Vorgesehen als Defacto-Standard des drahtlosen Daten- und

auch Sprach-Verkehrs. Zunächst auf Distanz von 10 m beschränkt, auch ≥ 100 m geplant (durch Einsatz entsprechender Signalverstärker), aber kritisch wegen WLAN nach IEEE 802.11 (lizenzfreies 2.4-GHz-Band). I.d.R. Verbindung zw. 2 Geräten, als Netz wechselseitig bis zu 8 Geräte (Piconet).

Gesamte Funkelektronik auf 1 Chip (Preis: \$ 20 US --> \$ 2 US). Durch geringe Größe in alle Geräte integrierbar (von Kaffeemaschine bis Scanner in Kugelschreibergröße).

Eigenschaften

- Datenübertragung im 2,4 GHz Mikrowellenbereich (ISM-Band)
- Spreiztechnik: Frequenz Hopping \rightarrow Vermindern von Interferenzen und Fading.
- Übertragung der Pakete mit Time Division Duplex (TDD) in 0,625 ms großen Zeitfenstern (1600 hop/s). Frequenzband in 79 Kanäle unterteilt (in einigen Ländern nur 23 Kanäle).
- Datenübertragung über relativ kurze Distanz (10 cm – 100 m)
- Implementierung Stromsparmodi: Sniff \rightarrow Hold \rightarrow Park
- 3 Verbindungstypen:
 - * Punkt-zu-Punkt: Verbindung zwischen 2 Geräten (Master-Slave)
 - * Piconet: bis zu 8 Geräte: ein Master und 7 Slaves.
 - * Scatternet: bis zu 10 Piconetze. Jedes Piconetz besitzt sog. „Gateway-Device“ (Master).

Bluetooth-Übertragung

Verwendung des unlizensierten 2,4-GHz-Bandes zur Datenübertragung. Einsatz von Frequency-Hopping zur Vermeidung von Interferenzen, wobei die Datenpakete in festgelegten Zeitfenstern über bestimmte, minimal veränderte Frequenzen (in 79 Sprüngen á 1MHz zwischen 2.402 und 2.480 GHz) übertragen werden. Im Vergleich mit anderen Systemen, die im gleichen Frequenzspektrum arbeiten, werden kleinere Datenpakete und schnelleres Frequency-Hopping verwendet. Datenrate: i.allg. 1 Mbit/s (ab 2004: Erweiterung auf 4 / 8 / 12 Mbit/s). Das sog. Baseband ist Bestandteil des Core-Protokolls von Bluetooth, bestehend aus einer Kombination von Circuit- und Packet-Switching.

Kombination von FDM und TDM: Datenpakete unterschiedlichen Frequenzen (Hops) übertragen. Innerhalb der Frequenzen: Slots (i.allg. verwendet 1 Paket nur 1 Slot, kann aber je nach Größe über bis zu 5 Slots verteilt sein).

Unterstützte Sprach- und Datenkanäle

- 1 asynchroner Datenkanal und 4 gleichzeitige synchrone Voice-Kanäle
 - oder 1 Kanal, der gleichzeitig synchrone Voice- und asynchrone Datenströme realisiert.
- Jeder Voice-Kanal unterstützt eine 64 kbit/s-Verbindung. Asynchroner Kanal: Asymmetrische Übertragung von 721 kbit/s in eine Richtung, wobei Gegenstrom auf 57,6 kbit/s eingeschränkt ist. Symmetrische Verbindungen: im asynchronen Kanal mit 432,6 kbit/s. Alle Audio- und Datenpakete können mit verschiedenen Stufen von FEC- oder CRC-Fehlerkorrektur versehen werden. Verschlüsselung ist ebenfalls möglich.

Bluetooth-Sender/Empfänger suchen in ihren Einzugsbereich permanent nach neuen Geräten (Discovery), stellen die Verbindung her, sorgen für die notwendige Bandbreite (je Gerätetyp und potenzieller Übertragungsrate). Bluetooth hat folgende Protokolle adaptiert: PPP, TCP/UDP, IP, OBEX, vCard, vCal; WAP und WAE wird ebenfalls unterstützt für den mobilen Internet-Zugang.

Sendeleistung von Bluetooth i.allg. 1 mW (\rightarrow Sendereichweite 10 cm). Mittels optionalen Funkmodul Leistung auf 100 mW erhöhbar (\rightarrow Sendereichweite ca. 100 m).

Geräte anhand Sendeleistung und Reichweite in 3 Klassen unterteilt:

- Class 1: Sendeleistung 1 - 100 mW (0 bis 20 dbm; Reichweite bis ca. 100 m).
- Class 2: Sendeleistung 0,25 - 2,5 mW (-6 bis 4 dbm; Reichweite ca. 10 m).
- Class 3: Sendeleistung bis 1mW (bis 0 dbm; Reichweite 0,1 – 10 cm).

Konkurrenz für Funknetzwerke

Einsatz Bluetooth problematisch für Unternehmen, die bereits WLAN-Lösungen nach dem 802.11b-Standard (2,4-GHz-Band) einsetzen. Allerdings arbeiten diese im Gegensatz zu Bluetooth etwas kontrollierter. Die W-LAN-Lösungen „hören“ erst einmal, ob gerade weiterer Funkverkehr stattfindet (CSMA/CA: RTS/CTS-Signale). Ist die Frequenz belegt, wird gewartet. Für 10 m Funkdistanz unproblematisch, bei Radius ≥ 100 m fraglich, ob Bluetooth in Unternehmen erlaubt wird; insbes. wenn Handys oder PDA's selbst mit Bluetooth ausgerüstet werden.

8.3.2 Architektur von Bluetooth

Verbindungsstrukturen

- Punkt-zu-Punkt (*Basis-System*): Verbindung zwischen 2 Geräten (Master-Slave).
- Piconetz (Grundeinheit eines *Bluetooth-Systems*): 1 Master-Knoten und bis zu 7 Slave-Knoten in einem Umkreis von max. 10 m. Mehrere Piconetze können in einem großen Raum vorhanden sein und sogar über einen Bridge-Knoten verbunden werden.
- Scatternetz: Verbund von bis zu 10 Piconetzen. Ein sog. „Gateway Device“ übernimmt gegenüber dem eigenen Piconet die Funktion des Masters.

Master/Slave-Design aus Kostengründen entwickelt. Slaves führen nur aus, was Master-Gerät vorgibt. Somit ist Piconetz im Prinzip ein zentralisiertes TDM-System: Master steuert den Takt und entscheidet, wer in welchem Zeitschlitz übertragen darf. Kommunikation immer Master - Slave, eine direkte Kommunikation Slave - Slave ist nicht möglich.

Stromsparmodi

Zusätzlich zu den sieben aktiven Slave-Knoten können in einem Netz bis zu 255 geparkte Knoten vorhanden sein. Das sind die Geräte, die der Master in den Ruhezustand gesetzt hat, um den Batteriegebrauch zu senken.

Geparkte Geräte haben keine Verbindung, sind jedoch bekannt und können innerhalb weniger Millisekunden reaktiviert werden. Zum Zustand Park gibt es auch noch zwei dazwischen liegende Stromsparmodi: Hold (Halten) und Sniff (Abhören).

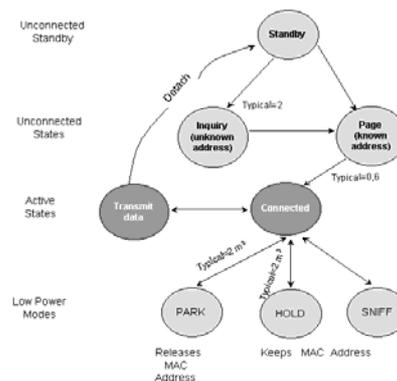


Abbildung 8.4: Verbindungsaufbau und Stromsparmodi

Protokollarchitektur

Schichtenmodell Bluetooth als offene Architektur entwickelt, um Kommunikation mit verschiedenen Anwendungen zu unterstützen, d.h. verschiedene Protokollstacks und eigene Anwendungs-SW. Allen gemeinsam ist eine physikalische Schicht (physical layer) und Sicherungsschicht (data link layer).

Bluetooth-Architektur enthält Bluetooth-spezifische Protokolle (wie L2CAP, LMP) und allgemeine (adoptiert) Protokolle (wie TCP/UDP, IP, OBEX, vCard u.a.). Somit Wiederverwendung vorhandene Protokolle, um existierende Anwendungen auch mit der Bluetooth-Technologie zu nutzen. Da Bluetooth-Spezifikation offen ist, besteht für Firmen die Möglich-

keit, eigene Anwendungsprotokolle zu implementieren und sie in der Protokollarchitektur von Bluetooth auf vorhandene aufzusetzen. Zusätzlich ist noch das HCI (Host Controller Interface) spezifiziert, das eine Kommandoschnittstelle zum Baseband Controller und Link Manager (LMP) bereitgestellt.

Protokolle in 4 verschiedene Schichten eingeteilt:

Protokoll Schicht	Protokolle im Stapel
Bluetooth Core Protocols	Baseband, L2CAP, LMP und SDP
Cable Replacement Protocol	RFCOMM
Telephony Control Protocols	TCS Binary, TCS AT-Commands
Adopted Protocols	UDP/TCP, PPP, IP, OBEX, vCard, vCal, WAP, usw.

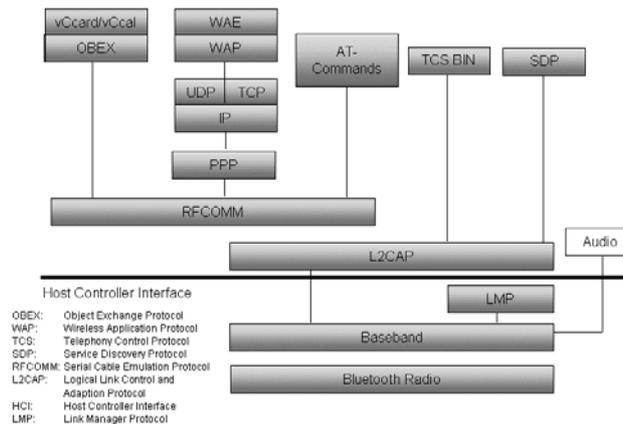


Abbildung 8.5: Protokollstapel Bluetooth

Kern-Protokolle und Schnittstellen (Auswahl)

Link Manager Protocol (LMP) / Link Controller

- Verbindungssetup und Sicherheitsmechanismen, wie Authentisierung, Generierung und Verteilung der Schlüssel,
- LMP kontrolliert die Baseband-Paketgrößen, Power Modi und den Verbindungsstatus einzelner Geräte.

Host Controller Interface (HCI)

- Kommandoschnittstelle für Link Manager und Baseband Controller

Logical Link Control and Adaptation Protocol (L2CAP)

- Adaptiert Protokolle höherer Schichten über dem Baseband. Ähnlich wie LMP, aber mit Unterschied, dass L2CAP verschiedene Dienste für höhere Schichten bereitstellt, u.a. Protokolle zu Multiplexing, Segmentation und Reassembly (SAR).
- L2CAP erlaubt Anwendungen, Datenpakete bis zu Größe von 64 kByte zu übertragen, im Modus ACL (Asynchronous Connection-Less), SCO nicht unterstützt.

Serial Cable Emulation Protocol (RFCOMM)

- Protokoll zur Emulation serieller Schnittstellen („Cable Replacement Protocol“), u.a. RS 232 Emulation (Telefonie-Schnittstelle),
- einfaches Transportprotokoll, Dienste für Protokolle höherer Schichten wie OBEX.

Service Discovery Protocol (SDP)

- Dienstvermittlung mit Bluetooth: da Bluetooth in dynamischer Umgebung arbeitet (Geräte mobil, Piconetz veränderlich), können Dienste hinzukommen bzw. wegfallen.
- Bluetooth sorgt für die Identifikation bzw. Bereitstellung der Dienste. Erst danach wird Verbindung zum Endgerät hergestellt.

Telephony Control Protocols (TCS-Binary bzw. TCS-AT Commands)

- TCS-Binary: bitorientiert, Rufsteuerung zum Aufbau von Sprach- und Datenverbindungen, Mobilitätsmanagement der Geräte.
- TCS-AT Commands: Befehle zur Steuerung von Handys, Modems und Fax-Geräten.

8.4 Neue Entwicklungen der drahtlosen Geräteanbindung

8.4.1 Drahtlose Identifikationstechniken (RFID, NFC)

RFID (Radio Frequency Identification)

Technologie zur entfernten Identifizierung mittels Funkfrequenztechnik im Nahbereich ~> Basisfunktionalität für Ubiquitous Computing.

Systemaufbau:

Hauchdünner Transponder-Chip (Etikett) und Sende/Empfangseinheit (Antenne). Datenübertragung über elektromagnetische Wellen ohne Berührung und Sichtkontakt. Batterie oder andere Energiequelle nicht erforderlich: Energieversorgung aus dem Sendesignal nach dem Prinzip der magnetischen Induktion. Preis: RFID-Chip inkl. Antenne kostet wenige Cents.

Einsatzgebiete (Auswahl):

Handel: Warenkennzeichnung, bargeldloser Einkauf in Kaufhallen (Vorteil gegenüber Barcode: mehr Informationen auf RFID-Chip verfügbar). Vereinfachung der Verwaltung und Logistik, u.a. in Bibliotheken, Containerhäfen, militärische Einrichtungen, Krankenhäuser, Kaufhäuser, Produktion.

Bekannte einfache Anwendungsform: *Diebstahlschutz in Kaufhäusern*. Antennen in „Türschleusen“ senden ein Hochfrequenzsignal aus. Der in der Verpackung der Produkte integrierte Chip nimmt über kleine Antenne das Signal wahr und sendet Antwort zurück. Hierbei nur Auswertung eines binären Wertes: bezahlt / nicht bezahlt.

Allgemeinere Anwendung: Man kann eindeutige Seriennummer aus dem Chip auslesen bzw. bis zu einige hundert Bits drahtlos auf den Chip schreiben. Entfernung wenige Meter. Wichtige Anwendung: *Logistik*. Kontrolle und Identifikation der Produkte einer Lagerhalle, lückenlose Verfolgung der Warenströme und Lieferketten.

Verknüpfung mit Internet und Datenbank: Die eindeutige Objektidentifikation in Echtzeit durch RFID-Chips, deren Vernetzung mit dem Internet und entfernten Datenbanken, eröffnet weitreichende Anwendungsmöglichkeiten, u.a. automatisierte Lagerhaltung, kassenloser Supermarkt, automatisch einstellbare Waschmaschinen (Auslesen der Wäsche-Chips), RFID-Chips im Abfall: bestimmt „Verwendung“ in Müllsortieranlage, RFID-Chips in Bordkarte eines Flugreisenden: damit Reisender auch im Flughafenbereich lokalisierbar (~> kann Ausruf über Lautsprecher ersetzen).

NFC (Near Field Communication)

Drahtlose Nahverbundstechnologie: Nokia, Sony und Philips kooperieren zur Entwicklung einer neuen drahtlosen Übertragungstechnologie ~> Near Field Communication (NFC): dient zur drahtlosen Verbindung von Geräten wie Digitalkameras, Mobiltelefonen und Notebooks auf kurzen Entfernungen von wenigen Zentimetern. Neue Feldfunk-Technologie ab Ende 2004 auf dem Markt (Mitteilung auf Cebit in Hannover).

Beispiel einer NFC-Nutzung: Nutzer lädt mit einem Mobiltelefon Tour-Informationen von einem mit einem Smart Chip versehenen Plakat seiner Lieblingsband herunter, indem er das Handy vor das Poster hält. Anschließend kann er die Tickets elektronisch kaufen und diese auf seinem Handy speichern und das Mobiltelefon als Eintrittskarte verwenden.

Timo Poikolainen (Nokia): „Bluetooth, Infrarot und andere drahtlose Systeme werden durch NFC nicht ersetzt, sondern ergänzt“. NFC basiert zum Teil auf RFID.

8.4.2 Weitere Entwicklungen

Stand nach Cebit 2005 bzw. 2008

Ergänzung zu Bluetooth, WLAN, UMTS, GPRS usw., insbesondere zur Vernetzung von Geräten im Haushaltbereich. Neue Technologien unter Beibehaltung der bisherigen Standards.

Seit Jan. 2008 Freigabe von Funkfrequenzen im Bereich 6 – 8,5 GHz in Deutschland. Nutzung für W-USB (Wireless USB). Technische Details der Funkstandards:

Bezeichnung	Frequenz	Übertragungsrate	Reichweite
Zigbee	868 MHz, 915 MHz, 2,4 GHz	250 Kbit/s	10 – 75 m
NanoNet	2,4 GHz	2 Mbit/s	60 – 900 m
Wimax	3,5 GHz	70 Mbit/s	bis 50 km
Ultra Wideband	3,1 – 10,6 GHz	200 Mbit/s	10 m
W-USB	6 – 8,5 GHz	480 / 110 Mbit/s	3 / 10 m

Zigbee

Neuer technischer Standard für Funkverbindung im Nahbereich (2005). Technische Details:

Frequenzbereich: 868 MHz, 915 MHz, 2,4 GHz

Übertragungsrate: 250 Kbit/s

Reichweite: 10 – 75 m

Konsortium von Elektronikherstellern, wie Motorola und Samsung. Einsatz bei Vielzahl von Produkten und Anwendungen für Verbraucher, Industrie und Behörden. Anwendungen: Verbindung von Haushaltgeräten auf Strecke von 10 ... 75 Metern, Steuerung von Beleuchtungsanlagen, Chips, eingebaut in Fernbedienungen, Computermäusen oder Sicherheitssystemen.

NanoNet

Anwendungen wie Zigbee zur drahtlosen Nahbereichskommunikation (Funkverbindung), aber höhere Reichweite und weniger störanfällig. Hersteller: Nanotron. Technische Details:

Frequenzbereich: 2,4 GHz

Übertragungsrate: 2 Mbit/s

Reichweite: 60 – 900 m

Einsatz: Kommunikation zwischen Maschinen, im Haushalt (z.B. drahtlose Bedienung von Rollläden, Brandmelder oder Klimaanlage). Nanonet-Chips sind einfacher zu bauen und verbrauchen weniger Strom. Produkte ab Mitte 2005. Reichweiten: 900/ 60 m (out(indoor)).

Wimax

Standard IEEE 802.16a, Schließen der Versorgungslücken im breitbandigen Internet. Schnelle, breitbandige Funkverbindung zum Einsatz für längere Distanzen. Technische Details:

Frequenzbereich: 3,5 GHz

Übertragungsrate: 70 Mbit/s

Reichweite: bis 50 km

Chip-Hersteller: Intel. Konsortium: Wimax Forum (Intel, Ericsson, Fujitsu u.a.). Ziel: Anschlüsse mit DSL-Leistung drahtlos über längere Strecken. Entfernung: theoretisch bis 50 km (aber Abschattung durch Hindernisse).

Einsatz dort, wo keine DSL-Anschlüsse. Aber in Deutschland fraglich, da hier die Infrastruktur für breitbandiges und kabelgebundenes Internet vergleichsweise gut. Bisher Pilotprojekt in Selm (Westfalen). Produkte: ca. 2005/06. Anfänglich sog. Residential Gateways: Geräte, die Wimax empfangen und in Protokolle übersetzen, die von WLAN verstanden werden. Wimax-fähige Endgeräte ab 2006/07 in Handel, z.B. Notebooks.

UWB (Ultra-Breitband oder Ultra Wideband)

Entwicklung u.a. durch Intel. Persönliches Netzwerk (WPAN), aber deutlich höhere Bandbreiten als Bluetooth. Somit max. Reichweite bei 10 m. Technische Details:

Frequenzbereich: 3,1 – 10,6 GHz

Übertragungsrate: 200 Mbit/s

Reichweite: 10 m

UWB vergleichbar mit Bluetooth, aber wäre für Bluetooth-Aufgaben unterfordert. Sinnvoller hierbei Einsatzgebiete zur Übertragung von Audio- und Videodaten vom Rechner zum Abspielgerät im Wohnzimmer. Produkte: nach 2007 zu erwarten.

DSL (Digital Subscriber Line)

Nutzung Kupferkabel (Tel.-Anschluss: analog, ISDN) für breitbandigen Anschluss über Zugangstechnologie zu Backbone-Netzwerken (Internet) durch DSL. Ausnutzung der höheren Frequenzen (Sprache bis 4 kbit/s) zur Datenübertragung. Bekannt: ADSL (Asynchronous Digital Subscriber Line), Telekom: T-DSL; download: 8 Mbit/s, upload 768 kbit/s (ab 2006: 16 bzw. 1 Mbit/s). Dazu wird vom Provider (z.B. T-Com) ein Splitter bereitgestellt (Frequenzweiche). An den Splitter anschließbar: DSL-Modem, Fax, Telefon. Splitter teilt die Daten aus dem Telefonnetz auf in Telefon-, Fax- und Internetdaten (online-Zugang).

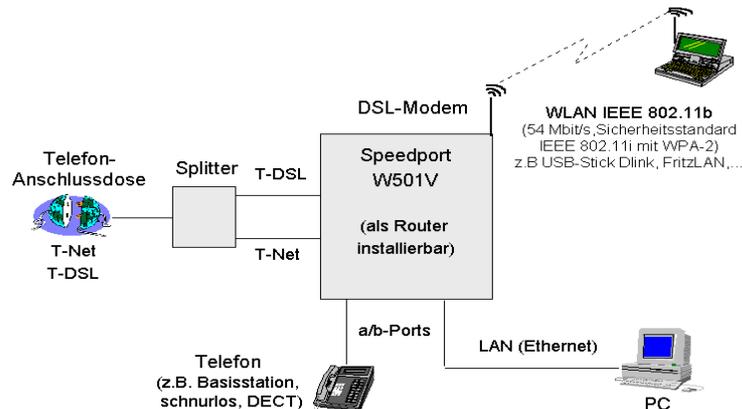


Abbildung 8.6: Anschlusskonfiguration (Beispiel T-DSL)

DSL-Modem über Ethernet-Kabel oder USB-Schnittstelle mit PC verbunden. Auch mehrere im NW verbundene Computer über das Modem via DSL mit Internet verbindbar. Soll Zugriff über DSL-Anschluss mit mehreren Computern durchgeführt werden, ist ein Router erforderlich (z.B. NAT-Router), an den die PCs angeschlossen werden. Router bietet auch größere Sicherheit gegenüber Netzangriffen, z.T. sind diese auch mit einfachen Firewalls ausgerüstet (z.B. Schließen von nur selten genutzten Ports).

Funkstandard WLAN (Wireless Local Area Network)

Standards:

IEEE 802.11: 2 ... 54 (108) Mbit/s, Aufbau von hot-spots, Access Points. Verschiedene Standards, u.a. IEEE 802.11b: 11 und 54 Mbit/s, 2,4 GHz, 30-300 m (seit 1999).

IEEE 802.11i: unterstützt Sicherheitsstandard nach WPA-2 (Wi-Fi Protected Access 2).

HIPERLAN/1 und /2, nach Standard ETSI (54 Mbit/s).

Damit kabellose Verbindung auch bei DSL-Anschluss zwischen PC und Splitter/Modem. Dazu benötigt der PC eine WLAN-Karte bzw. WLAN-USB-Stick. Auf Seite des Netzanschlusses ist ein WLAN-Modem/Router erforderlich, der die Daten an den Splitter weiterleitet und per Funk an den PC überträgt.

Beispiele: WLAN-Router DG834GB von Netgear (mit ADSL-Modem, Firewall und einem 4-Port-Switch für bis zu 4 PC, die per Netzwerkkabel an Router anschließbar sind).

Moderne DSL-Modems (z.B. Speedport W501V) mit Router-Fkt. u. WLAN (IEEE 802.11i).

Bluetooth als Alternative zu WLAN

HW-Hersteller AVM (Berlin) bietet eine Alternative zu WLAN: *Access Point BlueFritz*. AP-DSL vereint DSL-Modem, DSL-Router und ISDN-Karte in einem Gerät und ermöglicht u.a. den Zugriff auf den DSL-Anschluss via Bluetooth. Der PC benötigt für den Online-Zugang einen Bluetooth-Adapter, der an einen USB-Anschluss des Rechners gesteckt wird. Übertragungsraten: bis zu 723 Kbit/s. Zum Vergleich: DSL: 768 Kbit/s (ausreichend für WLAN, aber Senkung durch Störfaktoren ist zu berücksichtigen), Ethernet: 100 Mbit/s (dagegen konstant). DSL nicht sicher gegenüber Dialer-Programmen.

8.4.3 UWB (Ultra Wideband) und W-USB (Wireless USB)

UWB: Drahtlose Ultra-Wideband-Kommunikation

Ergänzung zu IR, Bluetooth, NFC u.a., Einsatz als WPAN. Verwendung eines alten Ansatzes: kurzzeitiges Senden mit hoher Bandbreite. Entfernung bis 10 m, Datenraten >100 Mbit/s.

Anwendungen:

- „Piepende Milchtüte“ (Chip: mit Barcode ~> sendet bei Verfall eine SMS ans Handy).
- Mit hoher Bandbreite können z.B. Bilder einer Digitalkamera über Funk durch kurze Impulse bis zu zehn Mal schneller an PC überspielt werden als mit heutigem WLAN.

Grundlagenuntersuchungen im Projekt Pulser: Koordination durch GWT/TU Dresden. EU-Förderung: ca. 30 Mio. €.

UWB-Funktechnologie, basierend auf der Übertragung von Funksignalen mit großer Bandbreite, mindestens 500 MHz (i.d.R. 3,1 - 10,6 GHz). Übertragungsraten: 200 Mbit/s ... Gbit/s. Große Datenmengen kabellos in kürzester Zeit übertragen. Da alle attraktiven Funkbänder besetzt sind, werden lizenzfreie Frequenzreserven genutzt: Anstelle modulierter Signale in schmalen Frequenzbändern, werden bei UWB kurze Impulse auf einem breiten Frequenzspektrum erzeugt. Das Signal wird gespreizt, die Verschlüsselung erfolgt durch Variationen in der zeitlichen Folge der Impulse.

Marktstudie in Europa: ab 2009 werden 157 Mio. Geräte in der Heimelektronik, PCs und Mobilfunk mit UWB erwartet (weltweit 543 Mio.). UWB-Chips sollen in PCs, Fernseher, DVD-Player, aber auch in Armbanduhren, Handys, Milchtüten oder Kühlschränken eingesetzt werden. Anwendung insbesondere dort, wo die anderen Systeme an ihre Grenzen stoßen.

Reichweite: 3 – 10 m (WLAN: 50 – 300 m). Neue Anwendungsfelder für UWB-Chips:

- drahtlose Sensornetzwerke: Energiearme Sensoren mit Funkverbindung. Anwendungen mit niedrigen Datenraten, z.B. zur Überwachung von Waldbränden, Standortverfolgung in Fertigungshallen und Lagern, Überwachung von Luft- und Gewässerqualität.
- drahtloser USB-Anschluss für externe Geräte am Computer, mit hoher Übertragungsraten.

Wireless USB (W-USB)

Funktechnologie im Nahbereich zum drahtlosen Anschluss peripherer Geräte. 2 Spezifikationen für die funkbasierte Erweiterung des USB-Standards:

CWUSB (Certified Wireless USB) durch USB Implementers Forum.

WUSB von Cypress Semiconductors, nicht von USB-Organisation unterstützt.

W-USB basiert auf UWB- (OFDM-) Technologie (ECMA-368, WiMedia Alliance). Übertragungsraten entfernungsabhängig:

480 Mbit/s (bis 3 m, spezielle Chips für bis 9 m), 110 Mbit/s (bis 10 m).

Übertragung im Frequenzband zwischen 3,1 und 10,6 GHz, aufgeteilt in 5 Bandgruppen. Ein Band belegt Bandbreite von 528 MHz. Frequenzen weltweit noch nicht freigegeben. Frequenzfreigabe des Bereiches 6 bis 8,5 GHz durch EU für 2010 erwartet.

Für DE erfolgte Frequenzfreigabe am 16.01.2008, erste Geräte auf Cebit 2008. Geräte als einfaches Device, Host (HUB für 127 Devices) oder Inhouse-Equipment. Stellt MSC-Funktion (Mass Storage Device) für Lese/Schreibzugriff auf Speicher bereit.

8.4.4 WLAN und FritzBox-WLAN

WLAN (Wireless LAN)

Standards: IEEE 802.11x (Industrie- und Heimnetze), IEEE 802.16 (breitbandig, z.B. WiMax), HIPERLAN (ETSI, z.B. für UMTS Core Network).

WLAN leistungsfähiges, kabelloses Heimnetz (Daten, Video, Musik, Internetzugang), Quasi-Standard IEEE 802.11b, sog. **WiFi-Standard**: 54 Mbit/s, gestattet Verbindung von Geräten unterschiedlicher Hersteller. Einige Hersteller (wie Netgear, D-Link, Belkin) bieten höhere Übertragungsraten (108 ... 300 Mbit/s), aber nicht für alle Geräte kompatibel.

Probleme bei WLAN:

- Reichweite (Sendeleistung, Abschattungen, Hindernisse) ~> gute Positionierung nötig,
- Sicherheit (DSL-Zugang, Passwort, default-Einträge, WEP- bzw. WPA-Verschlüsselung, Firewall, Netzwerkkennung SSID),
- Beschränkung der IP-Adressen und Identifikation der Netzwerkkarten (MAC-Adresse),
- Konfigurierung: kompliziert, z.T. vorkonfigurierte Geräte (z.B. FritzBox-WLAN).

Standards für WLAN nach IEEE 802.11 (Auswahl)

IEEE 802.11a: 54 Mbit/s, Standard 1999, Frequenzbereich bei 5 GHz, Reichweite ca. 25 m

IEEE802.11b: 11 Mbit/s (-> 54 Mbit/s), Standard 1999, Frequenzbereich bei 2,4 GHz, Reichweite bis 300 m. Weit verbreitet, Kompatibilität zum Standard 802.11g.

IEEE 802.11g: 54 Mbit/s, Standard 2002/2003, abwärtskompatibel zu IEEE 802.11b. Beschränkung auf max. Ü-Rate von 54 Mbit/s, Reichweite wie IEEE 802.11b (300 m). Infolge Kompatibilität können IEEE 802.11g Router und Access Points problemlos in ein bestehendes IEEE 802.11b-Netz integriert werden.

IEEE 802.11i: unterstützt Sicherheitsstandard nach WPA-2 (Wi-Fi Protected Access 2).

Vorkonfigurierte WLAN-Produkte

FritzBox-WLAN: mit eingestellten Sicherheitseinstellungen. Hersteller: AVM (Berlin).

Hercules WiFi-Serie: mit Bediensoftware und Handbücher; Hersteller: Guillemot.

9 Satellitennetze

9.1 Satellitenkommunikation

Satellitenübertragung

70/80er Jahre: Nachrichtensatelliten (Patent: Arthur Clarke, 1965):

- gebündelte Übertragung vieler Telefongespräche und Fernsehkanäle.
- direkte Verteilung von Fernseh- und Rundfunkprogrammen (Kabel-TV, "Schüssel").

Seit 90er Jahre auch:

- satellitengestützte Daten-, Bild-, Text- und Sprachkommunikation,
- direkte, interaktive Individualkommunikation,
- Positionierungssysteme, LBS (local based services), Wettersatelliten u.a.

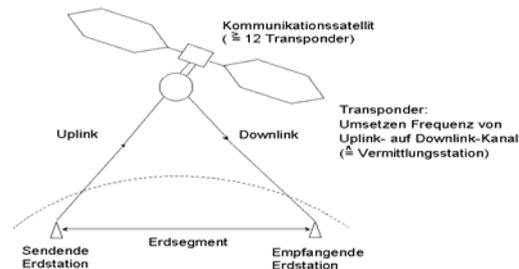


Abbildung 9.1: Aufbau Satellitenkommunikationssysteme

Sendestation: Senden von Rahmen auf einer Uplink-Frequenz an Satellit.

Transponder: Zwischenspeicherung des Rahmens und Zuweisen eines Downlink-Kanals.

Satellit: Senden von Rahmen auf einer Downlink-Frequenz an Empfängerstation.

Für Uplink und Downlink werden verschiedene Frequenzen benutzt, um Transponder vor Schwingungen zu schützen. Bandbreiten-Nutzung: 500 MHz Bandbreite aufgeteilt in (i.d.R.) 12 Transponder zu je 36 MHz od. 50 Mbit/s. Pro Transponder z.B. 800 digitalisierte Sprachkanäle zu je 64 kbit/s. Satelliten, die keine interne Verarbeitung ausführen, sondern nur zurückstrahlen, werden als Bent-Pipe-Satelliten bezeichnet. Ein Transponder deckt mit einem Strahl einen Teil der Erde (Erdsegment) ab: Breite 250 km (Punktstrahl) bis 10 000 km (breiter Strahl). Mittlere Übertragungszeit: 270 ms.

Satelliten - Orbits

GEOS: Geostationary Earth Orbit Satellite (z.B. Inmarsat System)

Höhe: 22 282 miles (36 000 km); Rotationsperiode: 24 h; Sichtzeit: 24 h

Orbit ist über dem Erdäquator

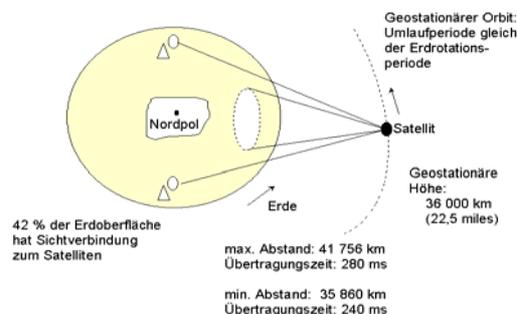


Abbildung 9.2: Geostationärer Orbit

MAS: Medium Altitude Satellite (z.B. Russian Molnya Communication Satellite und AT&T Telstar Satellites)

Höhe: 6 000 ... 12 000 miles; Rotationsperiode: 5 ... 12 h; Sichtzeit: 2 ... 4 h

LEO: Low Earth Orbit Satellite (z.B. RCA Relay Satellites)

Höhe: 400 ... 900 miles (700 ... 1 500 km); Rotationsperiode: 1½ h, Sichtzeit: $\leq \frac{1}{4}$ h
 LEO sollten in Zukunft GEO in neuer, individueller Telekommunikation ablösen.
 Satellitensysteme, u.a. für TV/Rdfk., Telekomm., Navigation, Wetter, Raumfahrt, Militär.

9.2 Kanalzuordnung

Mehrfachzugriff

Wichtigste technische Frage (analog wie bei LAN): Zuweisung der Transponder-Kanäle. Bei Satelliten ist (im Gegensatz zu LAN) die Trägerabtastung auf Grund der Ausbreitungsverzögerung von 270 ms nicht möglich. Tastet eine Station den Zustand eines Downlink-Kanals (Satellit -> Erde) ab, erfährt sie, was 270 ms zuvor abgelaufen ist. Abtastung eines Uplink-Kanals ist i.allg. nicht möglich, deshalb CSMA/CD-Protokolle nicht verwendbar (dies geht davon aus, dass eine sendende Station die Kollision innerhalb der ersten Bitzeiten erkennt und sich in diesem Fall zurückzieht). Somit andere Protokolle erforderlich.

Auf Mehrfachzugriffskanal (Uplink) werden 5 Protokollklassen benutzt: Polling, ALOHA, FDM, TDM, CDMA. Hauptproblem liegt beim Uplink-Kanal. Downlink-Kanal hat nur 1 Sender (den Satelliten): deshalb hierbei kein Problem der Kanalzuordnung.

Polling

Aufteilung eines einzelnen Kanals unter mehreren Benutzern durch Polling (Umfrage). Satellit fragt jede Station im Umlaufverfahren ab. Teuer, u.a. wegen 270 ms für Umfrage/Antwort. Falls Bodenstation über ein Netz verkoppelt, wäre das Polling auch durch die Erdstationen möglich (umlaufender Token zwischen den Bodenstationen).

ALOHA

Reines ALOHA (Abramson, Univ. Hawaii, 1972): leicht implementierbar: jede Station sendet, wenn sie will; aber nur ca. 18% Kanaleffizienz --> zu geringe Auslastung.

Unterteiltes (slotted) ALOHA: Verdopplung der Effizienz

- * Aber Problem, alle Stationen zu synchronisieren, wenn ein Zeitschlitz beginnt.
- * Lösung muss beim Satelliten liegen, da er inhärent ein Broadcast-Medium ist.
- * weitere Verbesserung: 2 Uplink-Kanäle, 1 Downlink-Kanal

FDM (Frequenzmultiplexverfahren)

Ältestes und am meisten angewandtes Kanalaufteilungsschema. Frequenzband wird aufgeteilt, Teilband exklusiv. 1 Transponder mit 36 Mbit/s kann statisch in ca. 500 PCM-Kanäle mit je 64 000 bit/s aufgeteilt werden, die je in einer eigenen Frequenz arbeiten und sich gegenseitig nicht stören. Nachteile FDM:

- * Schutzbänder zwischen den Kanälen reduzieren die Bandbreite.
- * Überwachung der Stationen kompliziert (FDM ist eine reine analoge Technik).
- * Bei größerer Stationsanzahl oder wechselnder Stationsbelastung müssen Frequenzbänder dynamisch zugewiesen werden (z.B. SPADE-System).

TDM (Zeitmultiplexverfahren)

Kanal zeitlich aufgeteilt, Zeitschlitze (Slots) den Teilnehmern zugeordnet, Slots exklusiv. Weit verbreitet. TDM setzt zeitliche Synchronisation der Zeitschlitze voraus, z.B. in ACTS (Advanced Communication Technology Satellite): eingeführt 1992, 4 unabhängige TDM-Kanäle von 110 Mbit/s (2 Uplink, 2 Downlink).

Statische Zuordnung der Schlitze; dynamische Zuordnung bei wechselnden Belastungen: dazu verschiedene Reservierungsmethoden: Binder (1975), Crowther (1973), Roberts (1973).

Generelles Problem: Auch wenn eine ACTS-Station nur einen 64 kbit/s-Kanal hat, muss sie in der Lage sein, 64-bit-Verkehr in einem Zeitschlitz von 578 ns auszugeben.

CDMA (Code Division Multiple Access)

Code-Multiplexing. Parallele Übertragung durch Anwendung verschiedener Codes:

- Codes müssen den Teilnehmern bekannt sein,
- können die Nutznachricht herausfiltern (andere Nachrichten als Rauschen interpretiert),
- Anwendung Spreizcodes zur Verbesserung der Kanalübertragung.

Hierbei keine Probleme der zeitlichen Synchronisation und Kanalzuordnung. Verfahren ist absolut dezentral und dynamisch. Anwendung: bei Militär schon lange, allmählich auch in kommerziellen Anwendungen, Mobilfunknetze (IS95-CDMA, UMTS / Phase2, CDMA2000).

9.3 Anwendungen von Satellitensystemen (Auswahl)

Kommunikationssatelliten: Übertragung von Telefon und Fernsehen (z.B. Astra), Globale Kommunikation (z.B. Inmarsat), Satellitentelefonie (z.B. Iridium)

Satellitennavigation: Nutzung zur Positions- und Zeitbestimmung, Navigation (z.B. PkW), Maut usw. Amerikanische Systeme (GPS, DGPS, WAAS), Russisches System (GLONASS), Europäische Systeme (EGNOS, GALILEO)

Wettersatelliten: Eumetsat (Wetteragentur): Meteosat 9, Metop-A

Nachrichtensatelliten: u.a. Flugsicherung, Raumfahrt, Militär, Spionage udgl.

Forschungssatelliten: Verschiedene Systeme, u.a. Planetenforschung (z.B. COROT)

Kommunikationssatelliten (Systeme und Projekte)

Kommunikationssatelliten-Netze

GEOS (z.B. Inmarsat) ~> LEOS (z.B. Iridium). LEOS analog zum terrestrischen zellularen Mobilfunknetz (nur: Satelliten projizieren während Umlauf Funkzellen zur Erde).

Vernetzung der Satelliten untereinander bzw. mit terrestrischen Systemen. Aufbau GAN: Global Area Network (Vinton Cerf, "Vater" des TCP/IP).

Satellitentelefonnetze in Konkurrenz zu terrestrischen MFN.

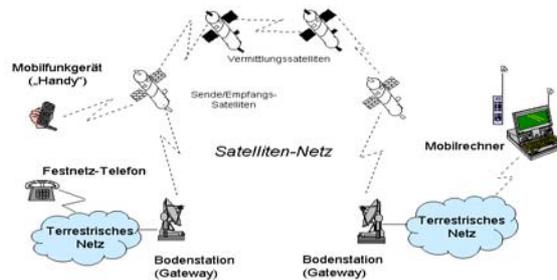


Abbildung 9.3: Satellitenübertragungssystem

INMARSAT: GEO-Satellitensystem, in Betrieb seit 1982: 3 geostationäre Satelliten, Höhe 36000 km. In Vergangenheit vor allem Schiff-Schiff-Kommunikation mit nicht tragbaren Bodenstationen, sollte ca. 2000 durch LEO-System abgelöst werden, aber keine Entscheidung dazu.

IRIDIUM: LEO-Satellitensystem, Motorola Iridium Projekt, 3.4 Mrd. \$ Investitionen. Globales Netzwerk für "Personal Communication". 66 Kommunikationsatelliten in ca. 800 km Höhe (ursprünglich 77 geplant: Iridium = Element Nr. 77 des Periodensystems). Abschaltung in 2000 (Konkurrenz terrestrischer Systeme); in 2000: 1.5 Mio. Nutzer

Satellitenbasierte Navigation

Nutzung zur Positions- und Zeitbestimmung, Navigation (z.B. PkW), Maut, usw. Prinzip: Positioning – Berechnung der Ortskoordinaten aus den empfangenen Satellitensignalen (GPS, Galileo), ggf. topologische Darstellung durch beim Empfänger installierte Landkarten.

Ergebnis verbleibt im Empfangsgerät (vs. Tracking).

Verschiedene Navigationssysteme für individuelle Nutzung:

- **Fest installierte Navigationsgeräte**, z.B. im PkW: teuer (06): 1000 € (sw) - 2000 € (farbig). Sprachausgabe, grafische Positionsdarstellung (Landkarte, Pfeildarstellung). Zusätzlich TMC (Traffic Message Channel) für Stauanzeige und Stauumfahrung. Probleme: Teure Updates der Navigations-SW, aktuelle Landkarten, fehlender Standard.

- **Mobile Navigationsgeräte**, sog. Plug-&-Play-Geräte
u.a. Garmin, tom tom, Mio, Falk, Sony, Navman, Becker, ViaMichelin, KlickTel ...
Routenberechnung 40 ... 90 sec., Preise ab 200 € (mit TMC ca. 800 €).
Probleme: Akkus (i.d.R. < 3 h), oft fehlende Korrekturwerkzeuge bei GPS-Ausfall. Zusätze (Blitzampeln, fest installierte Überwachungsanlagen) in DE nicht erlaubt.
- **Navigations-Handys**, verschiedene Handys lassen Einbau der Navigation zu. 2 Systeme:
 - * Ziel wird per SMS an einen Service-Provider gesendet. Dieser berechnet aus der aktuellen Position die Route, Rücksendung an Handy (Nutzer hat somit aktuelles Kartenmaterial).
 - * Navigations-SW auf austauschbarer Speicherkarte, Routenberechnung im Handy. Navigations-SW ab 300 €, SW-Update und europäische Landkarten gegen Aufpreis.

Europäisches Wetterbeobachtungssystem

Betreiber: **Eumetsat** (Wetteragentur). Wettersatelliten: Meteosat, Metop.

Wettersatellit Meteosat 9 (2005) und älteres Doppelsystem (als Reservesystem).

Höhe: 36 000 km, geostationär. Damit ausfallsicheres System, Nutzung durch 400 Nutzer (weltweit). Genauigkeit der Wettervorhersage (90%-Genauigkeit):

vor 20 Jahren: ca. 24 Stunden, mit Meteosat: 3 Tage (2005), 5 Tage (geplant 2015).

Reservesatellit: folgt Meteosat 9 in 5 min. Abstand. Soll Bilder und Wetterdaten von besonders gefährdeten Regionen senden.

Meteosat 9: Positionierung über Äquator im Indischem Ozean. Übertragung der Daten der Messstationen, Beobachtung Atmosphärenzustände, Winde bzw. Hurrikans, Springfluten (Tsunami), tektonische Beben und Vulkanausbrüche udgl.

Wettersatellit Metop-A

Start 19.10.2006 vom Weltraumbahnhof Baikonur/Kasachstan; Trägerrakete Sojus 2-1A. Startgewicht: 4 093 kg, Höhe: 800 - 850 km, Umlaufzeit: 110 min. Abmessungen: 17,6 x 6,5 x 5,2 m (incl. Sonnensegel). Lebensdauer: 5 Jahre (Kontinuität bis 2020, Nachfolger Metop-B und Metop-C sollen in 5 Jahren folgen). Zusammenarbeit Europa und USA. Ergänzung der europäischen Meteosat-Satelliten durch die niedrigfliegenden Satelliten (z.B. an Polen):

- Erfassung von Temperatur, Feuchtigkeit, Wind, Ozon usw.
- Überwachung Umweltbedingungen, geladene Teilchen, Weiterleitung von Notsignalen.
- Klimaüberwachung, Verbesserung von Wettervorhersagen.

Herzstück von Metop-A ist ein extrem hoch auflösendes Infrarot-Spektrometer: Messung von Temperatur und Feuchtigkeit sowie der chemischen Zusammensetzung der Erdatmosphäre in verschiedenen Höhen. Erfasst nicht nur Ausdehnung der Wolken und Luftschichten sondern auch die darin herrschenden unterschiedlichen Temperaturen. Damit auch Zirkulation klimarelevanter Gase wie Kohlendioxyd nachvollziehbar.

Der meteorologische Kern des Satelliten am EADS-Astrium-Standort Friedrichshafen entwickelt und gebaut. Startbegleitung durch das Europäische Satellitenkontrollzentrum ESOC in Darmstadt. Stromversorgung über das 17,6 m lange Sonnensegel. Organisation und Verwertung der Daten durch die europäische Wetteragentur Eumetsat.

Planetenforschung

Französischer Forschungssatellit Corot: Gewicht: 670 kg, Ausdehnung: 4,2 m, Entfernung 900 km. Start 27.12.2006, Weltraumbahnhof Baikonur/Kasachstan. Satellit mit Hochleistungsteleskop (erprobt in Landessternwarte Jena). Aufzeichnung von Daten aus Weltall, Funkübertragung zur Erde. Koordinierung: ESA und DLR. ESA-Kontrollzentrum Darmstadt. Ziel: Auffinden von Planeten außerhalb des Sonnensystems, Frage nach Leben auf anderen Planeten („Erde 2“). Aufgabe: Verstärken des Wissens über die sog. Exo-Planeten (~> Gasriesen, auf denen Leben nicht möglich). Suche nach neuen, kleineren Planeten, wo Leben möglich sein könnte. Konkrete Untersuchung dann mit weiteren Satelliten. Beitrag Deutschland: wissenschaftliche Vorbereitung, Steuerungs-SW der Positionierung der Satelliten.

10 Positionierung und Navigation

10.1 Verfahren zur Positionsbestimmung

10.1.1 Grundlagen zur Positionierung

Mobile Computing und Navigation

Anforderungen aus Mobile Computing (ubiquitous / nomadic): Benutzer, Geräte und Dienste bewegen sich räumlich. Viele Anwendungen benötigen aktuelle Position des Benutzers, u.a.

Bestimmung des Zielortes (Navigation): Automobile (Berechnung des optimalen Weg auf Basis der aktuellen Position und eines gespeicherten Straßennetzes).

Informationen über *aktuellen Ort oder Umgebung*: Elektronische Touristenführer, Stadtpläne, Museumsführer.

Kommerzielle Verkaufshilfe: Autoverkauf, Supermarkt (Information über Sonderangebote).

Gedächtnishilfe- und Personensuchsysteme: Übermittlung der aktuellen Position an andere Personen. Beispiele: automatische Systeme zur Informations-Übermittlung, Hilferuf und Suche (Position des Patienten ~> Kognitives Erinnerungshilfesystem MEMOS).

Local based Services (LBS): aktuelle ortsabhängige Informationen, u.a. Gaststätte, Kino udgl.
Verknüpfung existierender Internet-Dienste mit Positionsdaten (analog LBS): Hyperlinks im WWW mit aktueller Position (z.B. Link „Restaurant in Nähe“), Verknüpfung mit E-Mail-Diensten (z.B. Emails an Teilnehmer versenden, die in bestimmter Strasse wohnen, Kunde in Einkaufspassage an Besorgung erinnern).

Optimierung einer Kommunikationsinfrastruktur: Unterstützung Routing in Ad-hoc-Netzen.

Ortsabhängige Kommunikationsdienste: Weiterleitung eingehender Anruf an den Telefonapparat im Gebäude, der dem Benutzer am nächsten gelegen ist.

Positionsbestimmung für *militärische und verkehrsorientierte Anwendungen*: Positionierungssystem GPS (Militär). Mit Positionsdaten können Flugzeuge, Fahrzeuge und Schiffe navigieren oder Flugkörper in ein Ziel gesteuert werden. Zusätzlich Positionsdaten für die Einsatzplanung und Verkehrssteuerung (z.B. Maut, TMC).

Ausprägungen von Positionsdaten

Weltweit eindeutige Positionsangaben: i.d.R. *Längen- und Breitengrad*, optional *Höhe*. Angaben meist in dieses benutzerfreundliche Format transformiert.

Oft nur *relative Position* zu einem gegebenen Punkt erforderlich (Beispiel: für Navigation im Gebäude ist relative Position zu einer Gebäudeecke ausreichend).

Orientierung im Raum. Raumrichtung kann durch drei Winkel spezifiziert werden, sog. *Roll-Nick-Gier-Winkel* (engl.: *Roll-Pitch-Yaw*). Für Navigationszwecke meist nur der Winkel von Bedeutung, der die Himmelsrichtung angibt. Orientierung u.a. bedeutend, wenn *Fahrt-richtung* in die Navigation einfließt. Für elektronischen Touristenführer: auf welches Exponat der Benutzer gerade blickt.

Geschwindigkeit. Bei hinreichend genauer Messung zweier Positionen p und q kann über die zeitliche Differenz Δt die Geschwindigkeit berechnet werden:

$$v = \frac{\sqrt{(p_x - q_x)^2 + (p_z - q_z)^2}}{\Delta t}$$

Messungenauigkeit: Bei jeder Positionsmessung ist ein bestimmter Messfehler zu beachten.

Ungenauigkeit ist z.T. nicht nur vom eingesetzten Verfahren, sondern auch von den jeweiligen Umgebungsbedingungen abhängig. Bestimmte Positionsmessungen können je nach Tageszeit am gleichen Ort zu unterschiedlichen Werten führen.

Semantische Positionsangabe: Anwendung oder Benutzer oft nicht an den Koordinaten, sondern eher an der „Bedeutung“ der aktuellen Position interessiert. Bspw. für Navigation im Gebäude ist wichtig, in welchem Stockwerk, Flügel oder Raum man sich befindet. Einige

Verfahren zur Positionsbestimmung liefern direkt semantische Positionen, andere Verfahren müssen diese anhand von gespeicherten Informationen berechnen, z.B. über Karten.

Location Awareness

Bezeichnet die Eigenschaft von Anwendungen, Positionsdaten zu berücksichtigen, z.B. *Position Awareness*, *Situation Awareness* oder *Context Awareness*.

Context Awareness allgemeinsten Awareness-Begriff. In Vergangenheit unterschiedliche Definitionen, u.a. nach Schilit und Theimer (1994) bzw. Dey und Abowd (1999): „Informationen über die Umgebung beeinflussen die Ausführung einer Anwendung“.

Weitere Unterteilungen:

Infrastrukturkontext: Zusammenhang zur Kommunikationsinfrastruktur. Wahrnehmungen für Benutzer: Netzwerkbandbreite, -verzögerung, -verlässlichkeit.

Systemkontext: Probleme der verteilten Anwendungsentwicklung. Mobile Anwendung oft über mehrere Rechner und Geräte verteilt.

Domänenkontext: Stellt Beziehung zwischen Geräten und ihren Benutzern auf Basis der Anwendungsdomäne her, insbesondere die Interaktion mit anderen Benutzern.

Physikalischer Kontext: Gerät z.B. fest in Fahrzeug eingebaut oder unter bestimmten Umweltbestimmungen eingesetzt. Kontext berücksichtigt das physikalische Wesen von Geräten und ihre Einsatzbedingungen.

10.1.2 Verfahren und Systeme

Tracking und Positioning: 2 Verfahren zur Positionsbestimmung

Tracking: Positionsbestimmung einer Person oder Objekts mittels Sensorenetzwerk. Dazu Benutzer mit einer Marke (engl.: *Tag*) versehen, die vom Netzwerk erkannt wird. Ermittelte Position liegt damit nur dem Positionierungssystem vor und muss ggf. über (drahtloses) Netzwerk an Benutzer übertragen werden.

Positioning: Mobiler Benutzer ermittelt selbst die Position. Bei Satellitennavigation (z.B. GPS): Satellit sendet Zeitsignal, aus der Benutzer die Entfernung und Position berechnen kann. Bei WLAN: dazu System von Sendern oder *Baken* (engl.: *Beacons*) benutzt, die Funk-, Infrarot- oder Ultraschallsignale aussenden.

Positionsangabe beim Positioning fällt direkt beim Benutzer an. Während beim Tracking die Positionsdaten potenziell auch für andere Benutzer zugreifbar, sind sie beim Positioning relativ gut im mobilen Gerät geschützt.

Basistechniken zur Positionsbestimmung

Beim Tracking und Positioning kommen verschiedene Basistechniken zur Positionsbestimmung zum Einsatz (allein oder kombiniert).

Cell of Origin (CoO): Anwendung bei Positionierungssystemen mit Zellenstruktur. Drahtlose Übertragungssysteme haben begrenzte Reichweite, ausgestrahltes Signal wird nur in einem bestimmten Bereich (Zelle) aufgefangen. Aus Identifikation der Zelle lassen sich Rückschlüsse auf Position ziehen.

Time of Arrival (ToA), *Time Difference of Arrival (TDoA)*: Elektromagnetische Signale mit Lichtgeschwindigkeit (ca. 300 000 km/s). Trotz hoher Geschwindigkeit kann Laufzeit präzise bestimmt werden. Aus Zeitunterschied zwischen Aussenden und Empfangen eines Signals kann auf Entfernung zwischen Sender und Empfänger geschlossen werden. Ähnliches Prinzip auch mit Ultraschall anwendbar. Signallaufzeiten hier einfacher zu messen, allerdings breitet sich Ultraschall nur über geringe Distanzen aus. Bei GSM-Netzwerken statt TDoA Begriff *Enhanced Observed Time Difference (E-OTD)* verwendet.

Angle of Arrival (AoA): Bei Antennen mit *Richtungscharakteristik* kann ermittelt werden, aus welcher Richtung ein bestimmtes Signal eintrifft. Empfänger üblicherweise mit einem gan-

zen Satz von Antennen ausgestattet, die in alle Richtungen mit einem bestimmten Winkelabstand ausgerichtet sind.

Messung der Signalstärke: Aus Signalstärke am Empfangsort wird auf Abstand zum Sender geschlossen. Allerdings Methode sehr ungenau, da neben dem Abstand auch andere Einflüsse das Signal abschwächen, z.B. Hindernisse.

Klassifikation der Systeme zur Positionsbestimmung

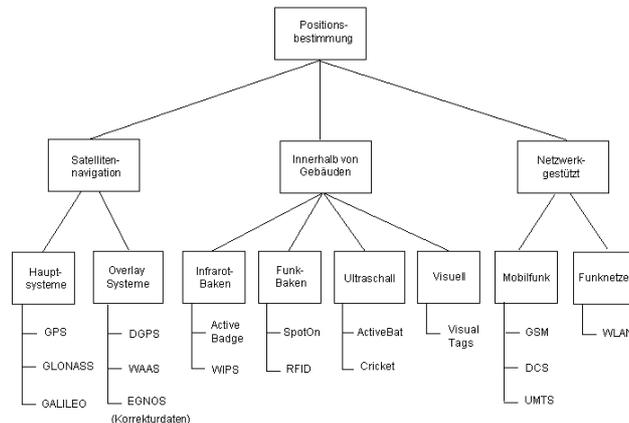


Abbildung 10.1: Systeme zur Positionsbestimmung

10.2 Satellitennavigation

10.2.1 Grundlagen der Satellitennavigation

Eigenschaften der Satellitennavigation

Positionsbestimmung mit Satelliten bereits in 60er Jahren des 20. Jahrhunderts. Vorteile:

- Positionsbestimmung kann überall auf der Erde erfolgen.
- Umweltbedingungen (z.B. Wetter) nur geringen Einfluss auf Positionsbestimmung.
- Hohe Genauigkeit.

Anwendungen: Militär, zivile/private Zwecke (z.B. Maut, Fahrzeugnavigation).

Nachteile:

- Erhebliche Kosten bei Installation und Überwachung der Satelliten.
- Positionsbestimmung funktioniert nur, wenn Signale von genügend vielen Satelliten empfangen werden. Insbes. im Gebäudeinneren Positionsbestimmung nur bedingt möglich. Ab 2006/07 Systeme mit geringerem Energiebedarf (dann Navigation auch indoor).

Bekanntes Satellitennavigationssystem: GPS (*Global Positioning System*).

Positionsbestimmung mit 3 Satelliten

Zur Positionsbestimmung mit Satelliten werden die exakte Position der Satelliten und exakte Entfernung zu den Satelliten benötigt.

Ist die Position eines Satelliten (s_i) sowie Entfernung zum Satelliten (r_i) ermittelt, ist die Position u des Benutzers auf einer Kugeloberfläche genau festgelegt. Liegt zusätzlich noch die Information eines zweiten Satelliten vor, kann die Position nur noch auf der Schnittmenge zweier Kugeloberflächen liegen (i.allg. ein Kreis). Um die Position u zweifelsfrei zu bestimmen, ist Kenntnis eines 3. Satelliten notwendig. Erst Schnitt dreier Kugeloberflächen führt zur genauen Position (Abb. 10.2).

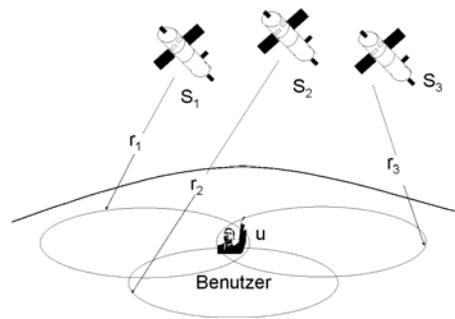


Abbildung 10.2: Positionsbestimmung mit 3 Satelliten

Der Schnitt von drei Kugeloberflächen führt i.allg. zu zwei Schnittpunkten (Abb. 10.3). Der zweite Schnittpunkt liegt jedoch weit im Weltraum, kommt somit als Position für einen Benutzer innerhalb der Erdatmosphäre nicht in Frage.

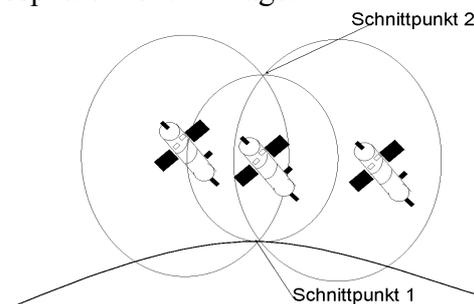


Abbildung 10.3: Zwei Schnittpunkte bei 3 Satelliten

Es wird angenommen, dass Position s_i der Satelliten und Entfernung r_i vom Benutzer ermittelt werden können. Da sich Satelliten auf festen Bahnen um die Erde bewegen, ist deren Position einfach zu bestimmen. Hierzu verfügen Navigationssysteme über Verzeichnisse aller Satelliten, die ständig aktualisiert werden. Die Verzeichnisse werden auch über stillgelegte sowie neu eingerichtete Satelliten und deren Bahndaten informiert.

Entfernungsmessung zum Satelliten und exakte Zeitmessung

Bestimmung der Entfernungen ist aufwendiger. Verfahren bei Satellitennavigation:

- Jeder Satellit sendet ein Signal, das den Zeitpunkt des Aussendens exakt kodiert.
- Empfänger vergleicht Zeitpunkt mit der internen Uhr. Aus Laufzeitunterschied Δt kann mit $r = c * \Delta t$ die Entfernung ermittelt werden (c : Lichtgeschwindigkeit, ca. 300 000 km/s).

Kritischer Punkt: Zeitmessung. Da Lichtgeschwindigkeit sehr hoch ist, muss Zeitmessung sehr exakt erfolgen (z.B. Fehler von 1 μ s führt zu Unterschied von 300 m in Positionsbestimmung). Jeder Satellit ist mit einer Atomuhr ausgestattet, die eine hinreichende exakte Zeitbestimmung erlaubt (exakte Uhrzeit des gesamten Navigationssystems: sog. *Systemzeit*).

Ein mobiles Gerät zur Positionsbestimmung kann aus Kosten- und Platzgründen nicht mit einer Atomuhr ausgestattet werden. Jedes Gerät verfügt über eine interne Uhr, ohne eine Synchronisation mit der Systemzeit ist die notwendige Genauigkeit jedoch nicht zu erreichen.

Synchronisation direkt mit den Uhren der Satelliten ist nicht möglich, da Zeitinformation „nur“ mit Lichtgeschwindigkeit übertragen werden kann. Als Lösung wird für Positionsbestimmung deshalb ein vierter Satellit hinzugenommen (Verweis auf Fachliteratur).

10.2.2 Global Positioning System (GPS)

Entwicklung GPS

Seit Beginn der 60er Jahren verschiedene amerikanische Behörden an einem satellitengestützten System zur Positionsbestimmung interessiert, u.a. Verteidigungsministerium (DoD), Verkehrsministerium (DoT) und NASA.

Ältere Navigationssysteme genügten nicht mehr den Anforderungen. DoD konzipierte 1970 das System NAVSTAR GPS (*Navigation System with Timing and Ranging - Global Positioning System*), im folgenden mit GPS (Global Positioning System) bezeichnet. Systemtests 1974, 1984 erste GPS-Satelliten gestartet, bis 1990 waren 12 Satelliten in Betrieb. Eine erste Betriebsbereitschaft (*Initial Operation Capability, IOC*) wurde am 08.12.1993 mit 21 Systemsatelliten und 3 Reservesatelliten erreicht, volle Betriebsbereitschaft (*Full Operation Capability, FOC*) am 17.07.1995 erklärt.

Prinzip GPS

Für eine globale Abdeckung vom Äquator bis zu den Polen sind 24 Satelliten auf 6 Bahnen mit jeweils 4 Satelliten pro Bahn im Umlauf um die Erde erforderlich. Jeder Satellit umkreist die Erde im Abstand von ca. 20 200 km. Für einen Umlauf benötigt ein Satellit 12 Stunden. Satelliten so angeordnet, dass von jedem Punkt der Erde mindestens 5 und maximal 11 Satelliten über dem Horizont sichtbar sind.

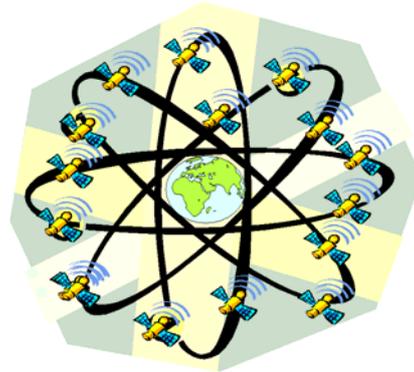


Abbildung 10.4: Umlaufbahnen der GPS-Satelliten

Allerdings kann Anzahl der aktiven Satelliten aufgrund von Abschattungen durch Gebäude oder Geländeformationen niedriger sein. Für eine Positionsbestimmung in drei Dimensionen sind mind. 4 Satelliten notwendig: 3 Satelliten für die geometrischen Schnittpunkte, 1 Satellit für die Zeitsynchronisation.

Ein Satellit hat eine erwartete Lebensdauer von 7,5 Jahren. Damit Betriebsbereitschaft auch beim Ausfall eines Satelliten erhalten bleibt, befinden sich häufig mehr als 24 Satelliten im Orbit, teilweise bis auf 28 Satelliten aufgestockt ~> somit steigt Wkt., dass man 5 oder mehr Satelliten selbst bei ungünstigen Bedingungen empfangen kann. I.allg. 60 Tage benötigt, um nach Ausfall eines Satelliten einen Ersatzsatelliten im Orbit zu installieren. Planung: Zeit auf 10 Tage zu verkürzen. Damit könnte Anzahl auf 25 Satelliten gesenkt werden.

GPS - Dienste

Benutzer von GPS muss sich *nicht anmelden*, sondern kann die ausgesendeten Signale *kostenlos* benutzen. Verfahren basiert auf Einweg-Kommunikation von den Satelliten zum Benutzer. Benutzer braucht keine Daten zu den Satelliten senden, um eigene Position zu bestimmen. Zur Positionsbestimmung existieren zwei Dienste im GPS:

1. *Precise Positioning Service (PPS)* - früher *P-Code* oder *Precision-Code*: Positionsbestimmung mit Genauigkeit von 22 m (horizontal) und 27,7 m (vertikal). Angaben mit 95% Wkt., d.h. 95% der Messungen über Zeitraum von 24 Stunden befinden sich innerhalb der angegebenen Messgenauigkeit. PPS ist verschlüsselt und kann nur von US-Streitkräften und NATO entschlüsselt werden. Für zivile Benutzer ist dieser Dienst nicht zugreifbar.
2. *Standard Positioning Service (SPS)* - früher *C/A-Code* oder *Coarse/Acquisition-Code*: Dienst ist für zivile Benutzer verfügbar. Erweiterung durch *SA (Selective Availability)*. Bis zum 30.04.2000 mit Genauigkeit von 100 m (horizontal) und 156 m (vertikal).

SPS mit SA: SPS-Signal bis ins Jahr 2000 künstlich verfälscht, um genauere Messung zu verhindern. Realisierung durch System SA (*Selective Availability*): ausgesendete Uhrzeiten der Satelliten zufällig verändert. Zusätzlich wurden die Bahninformationen verfälscht. Dadurch exakte Positionsbestimmung nicht mehr möglich (US-Armee wollte anderen Streitkräften eine zu genaue Positionsbestimmung nicht ermöglichen). Am 01.05.2000 wurde SA aus wirtschaftliche Gründen abgeschaltet. Seitdem über SPS eine Genauigkeit von 25 m (horizontal) und 43 m (vertikal) gewährleistet (jeweils zu 95%).

Genauigkeiten verschiedener GPS-Dienste

Dienst	Genauigkeit (horizontal)	Genauigkeit (vertikal)
PPS	22 m	27,7 m
SPS mit SA	100 m	156 m
SPS ohne SA	25 m	43 m

Satellitensignale

Jeder Satellit sendet kontinuierlich mit ca. 20 W ein Signal aus. Verwendete 2 Frequenzen:

L1: 1575,42 MHz für PPS und SPS (Standard Positioning Service),

L2: 1227,60 MHz ausschließlich für PPS (Precise Positioning Service).

Da alle Satelliten auf denselben Frequenzen senden, muss Empfänger die Signale den jeweiligen Satelliten zuordnen. Bei GPS kommt das CDMA-Verfahren zum Einsatz: Jeder Satellit sendet einen eigenen, unverwechselbaren Code aus, genannt *Pseudo Random Noise (PRN)*. Der Empfänger kennt alle Codes und kann die entsprechende Folge aus den überlagerten Signalen aller Satelliten herausfiltern. Die PRN sind so entworfen worden, dass sie sich nicht gegenseitig stören. Mit dem PRN-Signal werden zwei Ziele verfolgt:

- Anhand der Folge kann der Empfänger die Signallaufzeit ermitteln.
- Dem Signal werden zusätzliche Daten überlagert, die Empfänger auswerten kann.

Satellit sendet ein Signal, das um Zeit Δt verschoben ankommt. Im Folgenden vorausgesetzt, dass Empfänger über die exakte Systemzeit verfügt. Für einen bestimmten Satelliten produziert er intern das entsprechende Signal und verschiebt es so lange, bis es sich mit dem empfangenen Signal deckt. Durch die Verschiebung kann der Empfänger damit Δt ermitteln.

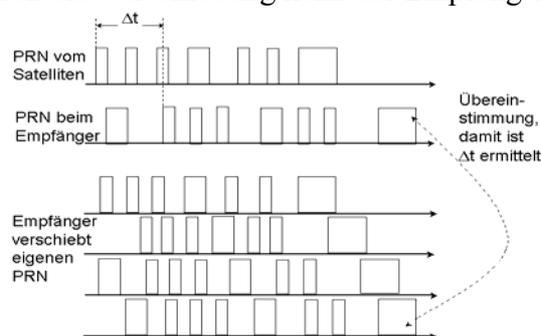


Abbildung 10.5: Messung Signallaufzeiten mit PRN

Der Datenstrom hat eine Datenrate von 50 Bit/s. Er dient vor allem zur Übertragung der Position des Satelliten, der Uhrzeit sowie der Bahndaten anderer Satelliten (sog. *Almanach*).

Systemaufbau

Gesamtes GPS-System in drei sog. *Segmente* aufgeteilt: Benutzersegment, Raumsegment, Steuersegment (Kontrollsegment):

Legende: Frequenzen der Satellitensignale:

L1: 1575,42 MHz für PPS und SPS

L2: 1227,60 MHz nur für PPS

PPS: Precise Positioning Service

SPS: Standard Positioning Service

S-Band: spezielles Band für Kommunikation zwischen Master Control Station und Satellit

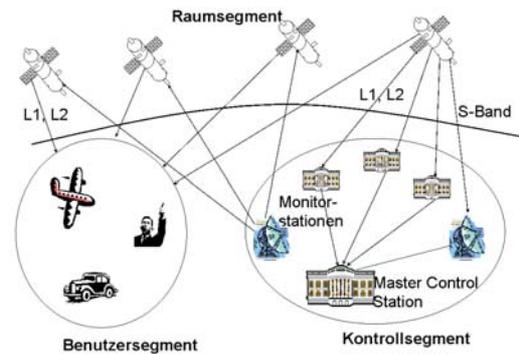


Abbildung 10.6: GPS Segmente

Benutzersegment

Es umfasst die Geräte, die Benutzer direkt bedient: *GPS-Empfänger*. GPS-Empfänger unterliegen ständiger Miniaturisierung und Preisverfall: z.Zt. für einige hundert Euro erhältlich und in Größe eines Mobiltelefons. GPS-Empfänger in unterschiedlichen Ausstattungen,

- Eigenständiges Gerät (z.B. in Auto) bzw. spezifische GPS-Organizer (z.B. in Palm); falls mit integrierter Kartenfunktion \leadsto nicht nur Position in Längengrad und Höhe ermittelt, sondern eine Karte der entsprechenden Umgebung darstellbar.
- Ab 2006 großes Angebot mobiler Navigationsgeräte (z.B. Garmin, tom tom, Falk ...).
Ausgabe: Sprachausgabe, Display mit Positionszeiger. Zusätzlich: Stauangabe (TMC: Traffic Management Control), Blitzeranzeige (nicht DE).
- GPS-Empfänger auch in Form von Einsteckkarten für Notebooks bzw. GPS-Handy.

Zusätzlich zur Position kann mit GPS-Empfängern auch die *aktuelle Geschwindigkeit* in drei Dimensionen ermittelt werden. Dazu folgende Möglichkeiten:

- Man ermittelt zwei Positionsangaben kurz hintereinander. Der Abstand zwischen den Positionen geteilt durch die Zeit zwischen den Messungen liefert die Geschwindigkeit.
- Nutzung des Doppler-Effekts: Bewegte Objekte erfahren eine Frequenzverschiebung auf dem empfangenen Signal. Größe der Verschiebung ist Maß für die eigene Geschwindigkeit.

Messung der Uhrzeit: Eine weitere Information, die GPS-Empfänger ermitteln können, ist die genaue Uhrzeit. Einige Anwendungen gar nicht an der Positionsbestimmung interessiert, sondern nur an der Uhrzeit, die weltweit exakt empfangen werden kann.

Messung der Ausrichtung: Es ist nicht möglich ist, über das GPS-System den aktuellen Winkel eines Gerätes zu ermitteln. Hier auf andere Verfahren angewiesen (ähnlich Kompass, um Ausrichtung des Gerätes zu berechnen).

Raumsegment

Es besteht aus den Satelliten. Jeder Satellit wiegt 1,5 ... 2 Tonnen, hat autonome Energieversorgung über Sonnensegel. Der zentrale Rechner jedes Satelliten verfügt über eine 16-MHz-CPU. Programmiert wurden die Satelliten in ADA (ca. 25 000 Zeilen Code).

Kontrollsegment (Steuersegment)

Es dient zur Verwaltung der Satelliten sowie zur Korrektur der satelliteninternen Daten (Systemzeit, Position und Bahndaten). Dazu hören *Monitorstationen* ständig passiv die Signale des Satelliten ab. Sie haben eine präzise bekannte, feste Position und verfügen über Atomuhren, die mit der Systemzeit synchronisiert sind. Hieraus können die Monitorstationen Korrekturdaten berechnen. Korrekturdaten werden an die *Master Control Station (MCS)* in Colorado Springs, USA weitergeleitet. Leistungen der Master Control Station: Sammeln der Korrekturdaten von den Monitorstationen, Berechnung von Korrekturinformationen für die Satelliten, Übertragung von Bahn- und Positionsformationen an die Satelliten, Korrektur der Atomuhren in den Satelliten, Einrichten neuer Satelliten.

Kommunikation zwischen Master Control Station und Satelliten erfolgt über ein spezielles Frequenzband (S-Band). Für Übertragung werden Bodenantennen eingesetzt.

Fehlerquellen

Uhrenfehler: Obwohl die Uhren sehr genau gehen, zumindest in den Satelliten, bewirken Uhrenfehler eine Ungenauigkeit von 1,5 m in der Positionsberechnung.

Schwankungen in der Umlaufbahn: Die Satelliten bewegen sich nicht so exakt auf ihren Bahnen wie vorausberechnet. Beispielsweise stören die Gravitationskräfte der Sonne und des Mondes die Umlaufbahnen. Fehler geht mit 2,5 m in die Positionsmessung ein.

Störungen der Atmosphäre: Druck- und Wetterverhältnisse wirken sich auf die Signalausbreitung aus. Fehler geht mit 0,5 m in die Positionsmessung ein.

Störungen der Ionosphäre: Die geladenen Teilchen der Ionosphäre stören die Signalausbreitung. Der resultierende Fehler liegt bei 0,5 m.

Multipath-Fehler: Darunter versteht man Fehler, die durch reflektierte Signale in der Umgebung des Empfängers entstehen. Fehler liegt bei 0,6 m.

10.2.3 Differential GPS (DGPS)

Prinzip von DGPS

Overlay-System („Überlagertes System“): GPS mit Berücksichtigung von Korrekturdaten. Häufig Genauigkeit erforderlich, als durch GPS allein erreichbar. Mit Verfahren *Differential GPS (DGPS)* kann die Genauigkeit entscheidend verbessert werden, wobei zusätzliche Stationen auf der Erdoberfläche eingerichtet werden (sog. *Basisstationen* oder *Korrektursender*).

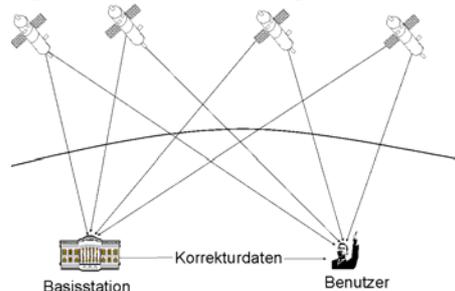


Abbildung 10.7: Differential GPS (DGPS)

Eine Basisstation mit fester, präzise bekannter Position führt Positionsbestimmung mit GPS durch. Da Positionsbestimmung fehlerbehaftet \leadsto Differenz gegenüber exakten Position, damit werden Korrekturdaten ermittelt, die den Benutzern im Umkreis der Basisstation mitgeteilt werden. Dem Verfahren liegt Annahme zugrunde, dass Benutzer in Umgebung sehr ähnliche Fehler wahrnehmen. Damit Fehler durch die Korrekturdaten nahezu kompensiert.

Erforderlich für DGPS:

- die Entfernung zwischen Basisstation und Benutzer ist nicht zu groß,
- die Korrekturen werden zeitnah übertragen.

Verfahren einfach, aber mit Nachteil: es funktioniert nur dann zufriedenstellend, wenn sich Basisstation und Benutzer dieselben Satelliten zur Positionsbestimmung ausgesucht haben. Nur dann kompensieren sich die Fehler. Oft stehen mehrere Satelliten zur Auswahl \leadsto große Anzahl von Möglichkeiten, die eigene Position zu bestimmen.

Verfahren RTCM-104

Basisstation könnte nun Messungen mit verschiedenen Kombinationen von Satelliten durchführen und die Korrekturdaten jeweils mit der verwendeten Satellitenkombination versehen. Daraus würde ein ganzer Satz an Korrekturdaten entstehen, die alle an die Benutzer versendet werden müssen (Anm.: Kommunikation zwischen Basisstation und Benutzer ist eine Einweg-Kommunikation. Basisstation kann somit Benutzer nicht fragen, welche Kombination zur Positionsbestimmung verwendet wurde).

Verfahren scheitert an der Menge möglicher Kombinationen. Wenn zu viele Satelliten gleichzeitig empfangen werden, explodiert Anzahl der Kombinationen. Eingesetzt wird deshalb ein

Verfahren, das auf der Korrektur von Pseudo-Entfernungen beruht, unter der Bezeichnung RTCM-104 standardisiert. Korrektursender häufig in Küstenregionen installiert, i.allg. gebührenfrei. In DE sind flächendeckend Korrektursignale über Langwelle sowie mit UKW über die Sendeeinrichtungen der ARD zugreifbar. Mit DGPS erhöht sich Genauigkeit auf ca. 1 ... 3 m. In diese Genauigkeit geht maßgeblich die Entfernung zum Korrektursender ein.

10.2.4 Wide Area Augmentation System (WAAS)

WAAS ähnliches Prinzip wie DGPS (Overlay-System, überlagertes System): GPS mit Korrekturdaten. Mit Hilfe von Monitorstationen fester Position werden Korrekturdaten berechnet, die an den Benutzer übertragen werden. Im Gegensatz zu DGPS wird die Übertragung jedoch nicht terrestrisch durchgeführt, sondern mit Hilfe von geostationären Satelliten.

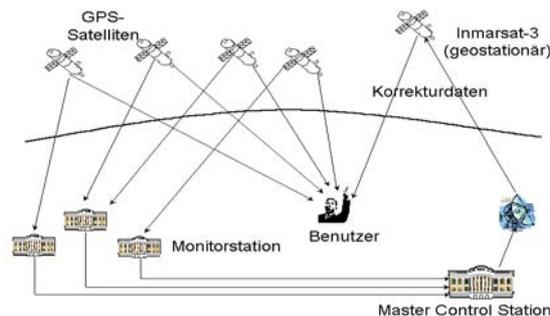


Abbildung 10.8: Wide Area Augmentation System (WAAS)

Ab 2002 ca. 30 Monitorstationen auf dem Gebiet der USA betrieben. Diese empfangen permanent die GPS-Signale und geben die Auswertungen an die Master Control Station weiter. Diese berechnet auf dieser Basis Korrekturdaten, die an einen Inmarsat-3-Satelliten übertragen werden. Dieser sendet die Korrekturdaten an die Benutzer. Da sich der entsprechende Satellit (im Gegensatz zu GPS-Satelliten) auf einer geostationären Umlaufbahn befindet, wird immer derselbe Bereich mit den entsprechenden Korrekturdaten versorgt. Zur Übertragung der Korrekturdaten an die Benutzer sendet der Inmarsat-3-Satellit auf der L1-Frequenz und benutzt dabei einen nicht anderweitig verwendeten PRN-Code.

10.2.5 Weitere Systeme zur Satellitennavigation

Russisches Satellitennavigationssystem

GLONASS (Globalnaya Navigacionnaya Sputnikovaya Sistema): Russisches Gegenstück zu GPS, 1996 in Betrieb genommen. Es benutzt wie GPS zwei Frequenzen, wobei wiederum eine dem Militär vorbehalten ist. GLONASS ohne Verschlüsselung des präzisen Dienstes oder Verfälschung der Uhrzeiten durch Selective Availability. Damit erreicht ein ziviler Anwender eine Genauigkeit von 26 m in der Horizontalen und 45 m in der Vertikalen. Während GLONASS in Anfangszeit dieselbe Verfügbarkeit wie GPS hatte (24 Satelliten), fielen aufgrund der kürzeren Lebensdauer (3 ... 4 Jahre) der GLONASS-Satelliten immer mehr Satelliten aus; zudem Finanzierungsprobleme. Im Jahr 2000 waren nur noch 10 Satelliten aktiv, damit war die durchgängige globale Abdeckung nicht mehr zu erreichen. Inzwischen Situation behoben, seit Ende 2007 wieder ausgebaut ~> kommerzielles Angebot. Zusammenarbeit mit GPS und später auch Galileo ~> für höhere Genauigkeit. GLONASS kann wie GPS aus Sicherheitsgründen für zivile Nutzung gesperrt werden.

Europäische Satellitennavigationssysteme

Entwicklung eines europäischen Satellitennavigationssystems findet in zwei Stufen statt.

1. Stufe: Entwicklung eines Systems, ähnlich dem amerikanischen WAAS, das Korrekturdaten zu den Systemen GPS und GLONASS bereitstellt (Ziel: 2002 fertig):

~> System *EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay System)*.

EGNOS: europäisches Gegenstück zu WAAS zur Korrektur von GPS-Daten. Infos: Web-Seite der europäischen Raumfahrtbehörde ESA <http://www.esa.int>

2. Stufe: ein von GPS oder GLONASS autonomes europäisches Navigationssystem. Im EU-Ministerrat wurde 1999 beschlossen, das System *GALILEO* zu errichten; Fertigstellung für 2008 geplant (~> 2013). GALILEO wird drei Dienste anbieten:

- einen kostenlosen Dienst, der von jedermann frei empfangen werden kann,
- einen verschlüsselten Dienst, der nur von staatlicher Seite benutzt werden kann,
- und einen weiteren verschlüsselten Dienst, von Benutzern gegen Gebühr verwendbar.

Satellitennavigationssystem Galileo

Satelliten: Höhe: 23 000 km.

- Anzahl: 2005: 1 (Start "Giove", 28.12.2005, Frequenzfreigabe) -> 2006: 3 Satelliten, -> 2013: 30 Satelliten (davon 3 Reserve).
- Empfang auch in abgeschatteten Gebieten (Häuserschluchten) u. Wände durchdringend.

Merkmale und Kosten:

- Investition ca. 3,4 Milliarden €, geteilt von Industrie und EU (Vergleich: GPS 50 Mrd. €).
- Betriebsdauer: ca. 20 Jahre, Kosten 220 Mio. € p.a. (finanziert über Gebühren). Angestrebte Nutzerzahlen: 1 Mrd. (2013), 2,5 Mrd. (2020).
- Nachfolgesystem GALILEO II, ab ca. 2015/20.
- Unabhängigkeit gegenüber GPS, höhere Genauigkeit, ständige Verfügbarkeit

Genauigkeit:

- Atomuhren, mit Abweichung von 1 s in 3 Mio. Jahren. Alle Satelliten mit gleicher Zeit. Alle senden kurzen Impuls aus. Aus Laufzeitunterschied wird Position bestimmt.
- ca. 1m (10-fach genauer als GPS I). Gegen Gebühren: cm-Genauigkeit.
- Galileo kompatibel mit GPS und Glonass -> hohe Genauigkeiten erreichbar.

Dienste:

- Kommerzielle Nutzung (nicht-militärisch): Maut, Lawi, Luftfahrt, Bau, individuell, Auto.
- 3 Formen: kostenlos (jedermann), verschlüsselt (staatliche Nutzung bzw. gegen Gebühr).
- Erweiterte Nutzungsdienste: Verkehrssteuerung (u.a. Stauumfahrung, Geschwindigkeitswarnung, Suche freier Parkplätze), Personensuche, Notrufmeldung bei Unfall, ...

Neue Geräte (Dualmode): mit 2 Chips (für Galileo und GPS).

Bodenkontrollzentrum:

Test- und Entwicklungsumgebung des Bodenkontrollzentrums Gate in Berchtesgaden durch DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Oberpfaffenhofen). Antennen und Signalgeneratoren auf 6 Bergen, im Tal Monitoring-Stationen für Signalüberwachung. Areal 65 km², Start 02/2007. Gebühr 18 400 € p.w. (für Test der Geräte, SW, Anwendungen).

Weitere Bodenkontrollzentren: Fucino (Italien), Spanien (noch unklar, auf eigene Kosten).

11 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1: Einsatzbereiche Telematik	4
Abbildung 1.2: Daten- und Rechnernetze	6
Abbildung 1.3: Öffentliche Datennetze und Dienste (Beispiel Telekom)	7
Abbildung 1.4: Aufbau eines Mailboxsystems	8
Abbildung 1.5: Audio/Videokonferenz und Whiteboard	9
Abbildung 1.6: Teleworking (mobiler Service-Ingenieur)	10
Abbildung 2.1: Interaktive Multimediadienste	16
Abbildung 2.2: Mehrebenenstruktur optischer Netze	19
Abbildung 3.1: Einsatzszenarium Mobile Computing (Beispiel)	22
Abbildung 3.2: Generische Kommunikationsinfrastruktur	23
Abbildung 3.3: System MEMOS (BMBF-Projekt MOBREGIO)	30
Abbildung 3.4: Systeme der drahtlosen Kommunikation	35
Abbildung 3.5: Zellen und Antennen im Räummultiplex	38
Abbildung 3.6: Netztopologie eines Infrastruktur-Netzes	40
Abbildung 3.7: Infrastruktur eines Ad-hoc-Netzes	40
Abbildung 3.8: Hierarchische Architektur eines zellulären Netzwerkes	43
Abbildung 3.9: Architektur GSM-System	45
Abbildung 3.10: Schlüsselauswahl in GSM	45
Abbildung 3.11: Sicherung der Teilnehmer-Identität	46
Abbildung 3.12: Modulare Zellenarchitektur	47
Abbildung 4.1: Systemarchitektur MEMOS	50
Abbildung 4.2: Administrierung mobiler Stationen in verteilten Systemen	50
Abbildung 4.3: Netzinfrastruktur für mobile IP	52
Abbildung 4.4: Ablauf Adressvergabe mit DHCP	54
Abbildung 4.5: Begriffe in mobile IP (Rechnertypen und Netzwerke)	55
Abbildung 4.6: Tunneling bei mobile IP	56
Abbildung 4.7: Zweistufige Netzwerkarchitektur mobile / cellular IP	57
Abbildung 4.8: Zugriffsnetzwerk (Cellular IP)	58
Abbildung 4.9: Routing in Cellular IP (Beispiel)	58
Abbildung 4.10: Binding in drahtlosen Netzen	59
Abbildung 4.11: Dienstsuche in WPAN (IAS und SDP)	60
Abbildung 4.12: Dienstsuche in größeren Netzen	60
Abbildung 4.13: Dienstvermittlung mit SLP	60
Abbildung 4.14: Jini Protokollstapel	62
Abbildung 4.15: Jini – Registrierung und Dienstnutzung	62
Abbildung 6.1: Multimedia-Anwendungen (Merkmale)	71
Abbildung 6.2: Multimedia-Techniken und -Verfahren	72
Abbildung 6.3: Symbolisierter Screen-Dump	72
Abbildung 6.4: Audio-/Videoconferenzing	73
Abbildung 6.5: Audio/Videokonferenzsystem Vidphone	74
Abbildung 6.6: Distance Learning Infrastruktur	74
Abbildung 6.7: Distance Learning / Teleteaching Szenarien	75
Abbildung 6.8: Einsatzszenarium “Projektion in Vorlesungen”	75
Abbildung 6.9: Lehrveranstaltung im Internet	75
Abbildung 6.10: Virtuelle Räume (VRML)	76
Abbildung 6.11: VRML Knotentyp <i>translation</i>	80
Abbildung 7.1: Computer und Netze in verteilten Systemen	82
Abbildung 7.2: Infrastruktur (SW) verteilter Systeme	82
Abbildung 7.3: Kooperationsmodell Client/Server	83

Abbildung 7.4: Kooperationsmodell Peer-to-Peer	84
Abbildung 7.5: DCE (Plattform und Architektur)	84
Abbildung 7.6: Object Management Architecture (OMA)	85
Abbildung 7.7: Aufrufschnittstellen in CORBA	85
Abbildung 7.8: CSCW-Beispiel (Produktionssystem)	86
Abbildung 7.9: Workflow-Management-System im Büroinsatz	87
Abbildung 7.10: Entwicklung EDI-Standards	87
Abbildung 7.11: Anwendung verschiedener EDI-Standards	88
Abbildung 7.12: WfMS–Szenarium Umweltamt (Beispiel)	88
Abbildung 7.13: Workflow-Management-Modell	89
Abbildung 7.14: Teleworking und Multimedia	90
Abbildung 7.15: Teleworking in der Medizin	90
Abbildung 8.1: IrDA-Protokollstapel	92
Abbildung 8.2: Aufgaben der IrDA-Protokollschichten	93
Abbildung 8.3: IrDA Bitübertragungsschicht	93
Abbildung 8.4: Verbindungsaufbau und Stromsparmodi	96
Abbildung 8.5: Protokollstapel Bluetooth	97
Abbildung 8.6: Anschlusskonfiguration (Beispiel T-DSL)	100
Abbildung 9.1: Aufbau Satellitenkommunikationssysteme	103
Abbildung 9.2: Geostationärer Orbit	103
Abbildung 9.3: Satellitenübertragungssystem	105
Abbildung 10.1: Systeme zur Positionsbestimmung	109
Abbildung 10.2: Positionsbestimmung mit 3 Satelliten	110
Abbildung 10.3: Zwei Schnittpunkte bei 3 Satelliten	110
Abbildung 10.4: Umlaufbahnen der GPS-Satelliten	111
Abbildung 10.5: Messung Signallaufzeiten mit PRN	112
Abbildung 10.6: GPS Segmente	113
Abbildung 10.7: Differential GPS (DGPS)	114
Abbildung 10.8: Wide Area Augmentation System (WAAS)	115

12 Literaturverzeichnis

Allgemein

- Borghoff, U.M.; Schlichter, J.H.: Rechnergestützte Gruppenarbeit - Eine Einführung in Verteilte Anwendungen. Springer, 1995
- Hase, H.-L.: Dynamische Virtuelle Welten mit VRML 2.0. Einführung, Programme und Referenz. dpunkt-Verlag, Heidelberg, 1997
- Handke, J.: Multimedia mit Tool-Book und Macromedia-Director. Praxisorientierte Einführung in die Multimedia-Programmierung. 1997, Oldenburg
- Lankau, R.: Webdesign und Webpublishing. Handbuch für Grafiker. Hanser-Verlag, 1998
- Milde, T.: Videokompressionsverfahren im Vergleich. JPEG, MPEG, H.261, XCCC, Wavelets, Fraktale. dpunkt-Verlag, Heidelberg, 1995
- Maurer, R.: HTML und CGI-Programmierung. dpunkt, Heidelberg, 1997

Telekommunikation und Teledienste

- Braun, T.; Zitterbart, M.: Hochleistungskommunikation, Bd. I und II. Oldenburg, 1996
- Coulouris, G.; Dollimore, J.; Kindberg, T.: Verteilte Systeme. Konzepte und Design. Addison Wesley & Pearson Studium, 2002
- Häckelmann, H.; Petzold, H. J.; Strahinger, S.: Kommunikationssysteme – Technik und Anwendungen. Springer-Verlag, 2000
- Hammerschall, U.: Verteilte Systeme und Anwendungen. Pearson Studium, München, 2005
- Müller, G.; Eymann, T.; Kreuzer, M.: Telematik- und Kommunikationssysteme in der vernetzten Wirtschaft. Oldenbourg Verlag München/Wien, 2003
- Peterson, L. L.; Davie, B. S.: Computernetze (Lehrbuch). dpunkt, Heidelberg, 2000
- Tanenbaum, A. S.: Computer-Netzwerke. Prentice-Hall, München, 1996
- Tanenbaum, A.S.; Steen, M. van: Verteilte Systeme – Grundlagen und Paradigmen. Pearson Studium München, 2003

Multimedia

- Bruns, K.; Neidhold, B.: Audio-, Video- und Grafikprogrammierung. Fachbuchverlag Leipzig, 2003
- Buford, J.F.K. (Hrsg.): Multimedia Systems. Addison Wesley, Reading, MA, 1994
- Froitzheim, K.: Multimedia-Kommunikation. Dienste, Protokolle und Technik für Telekommunikation und Computernetze. dpunkt-Verlag, Heidelberg, 1997
- Meyer-Wegener, K.: Multimedia-Datenbanken. Einsatz von Datenbanktechnik in Multimedia-Systemen. Teubner-Verlag, Stuttgart, 1991
- Steinbrink: Multimedia - Einstieg in eine neue Technologie. Springer-Verlag, 1999
- Steinmetz, R.: Multimedia-Technologie. Springer-Verlag, 2. Auflage, 1999

Mobilkommunikation und Mobile Computing

- Biala, J.: Mobilfunk und Intelligente Netze. Vieweg-Verlag, Braunschweig, 1994
- Diehl, N.; Held, A.: Mobile Computing. Systeme, Kommunikation, Anwendungen. Thomson's Aktuelle Tutorien (TAT 3). Int. Thomson Publishing, 1995
- Lescuyer, P.: UMTS. Grundlagen, Architektur und Standard. dpunkt, Heidelberg, 2002
- Proakis, J.G.; Salehi, M.: Grundlagen der Kommunikationstechnik. Pearson Studium, 2004
- Roth, J.: Mobile Computing - Grundlagen, Technik, Konzepte. dpunkt, Heidelberg, 2002
- Schiller, J.: Mobilkommunikation. Techniken für das allgegenwärtige Internet. Addison-Wesley, 2000
- Walke, B.: Mobilfunknetze und ihre Protokolle, Bd. 1/2. Teubner-Verlag, 2000