

Scriptum zur Lehrveranstaltung

Mobilkommunikation

Mobile Computing: Ubiquitous Computing, mobile IP, Dienstvermittlung
Mobilfunksysteme: Funkkanal, Standards, Funknetze, Positionierung

Teil 1
(Mobile / Ubiquitous / Nomadic Computing)

- Draft -

Anm.: Diese Script ist gegenwärtig nicht in allen Teilen aktuell überarbeitet.
Die Aktualisierung erfolgt erst bei entsprechenden Lehranforderungen.



Studiengang Mobilkommunikation (BA)
Umfang: 4 SWS
15 Wochen

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

Dresden, den 31. August 2008

Inhaltsverzeichnis

Teil 1 (Mobile / Ubiquitous / Nomadic Computing): Kap. 1 ... 6

Teil 2 (Mobilfunksysteme) : Kap. 7 ... 14

1	Telematik - Neue Kommunikationstechnologien und Teledienste.....	4
1.1	Einführung Telematik	4
1.2	Innovationen in der Kommunikationstechnik	6
1.3	Teledienste im Überblick	7
1.3.1	Traditionelle Teledienste	7
1.3.2	Advanced Teleservices	9
2	Entwicklung der modernen Kommunikationsinfrastruktur	12
2.1	Innovation Telekommunikation	12
2.2	Entwicklung der technischen Kommunikation	13
2.2.1	Telegraf und Telefon (Ursprung)	13
2.2.2	Analoge Fernsprechnetze	14
2.2.3	Weitere Entwicklung der Telekommunikation	15
2.2.4	Digitale Netze	17
2.3	Netze für Daten- und Rechnerkommunikation	18
2.3.1	Fernsprechkommunikation	18
2.3.2	Rechner- und Datenkommunikation.....	18
2.4	Mobilkommunikation.....	20
2.4.1	Entwicklung der Mobilkommunikation	20
2.4.2	Mobilfunksysteme	21
2.4.3	Satellitenkommunikation.....	23
2.5	Multimediasdienste über Kabelfernsehen.....	24
2.6	Hochleistungskommunikation.....	25
2.6.1	Ausgangspunkt ISDN	25
2.6.2	Entwicklung zum Breitband-ISDN	26
2.6.3	Entwicklung von Gigabit-Netzen	27
2.6.4	Integrierte Breitbandkommunikation	28
3	Mobile Computing (Ubiquitous Computing).....	30
3.1	Informationsversorgung, Mobilität und Innovationen	30
3.2	Ubiquitous Computing	34
3.2.1	Technologien im Ubiquitous Computing	34
3.2.2	Visionen des Ubiquitous Computing.....	36
3.3	Portable Endgeräte	38
3.3.1	Anforderungen und Charakteristika	38
3.3.2	Tragbare Computer	39
3.3.3	Moderne Bedienoberflächen	40
3.3.4	Technische Realisierungen (Auswahl)	41
3.4	Neue mobile Dienste	43
3.5	Drahtlose Kommunikationssysteme.....	46
3.5.1	Merkmale der drahtlosen Kommunikation.....	46
3.5.2	Technische Aspekte der drahtlosen Kommunikation.....	48
3.5.3	Wireless LAN (WLAN)	50
3.5.4	Drahtlose Nahverbindungen (Auswahl).....	53
3.5.5	Mobilfunknetze (Auswahl).....	54
3.5.6	Satellitennetze.....	59
3.5.7	Neuere und zukünftige Systeme	59
4	Mobile Verteilte Systeme (Nomadic Computing)	62
4.1	Mobilität und Ressourcen.....	62

4.1.1	Integration von Mobilität und Ressourcen	62
4.1.2	Ressourcenverwaltung.....	64
4.2	Mobilität im Internet	66
4.2.1	Internet-Protokolle für den mobilen Einsatz	66
4.2.2	Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP).....	66
4.2.3	Mobile Internet Protocol (mobile IP)	67
4.2.4	Cellular IP.....	70
4.2.5	Mobilität auf Transportebene	72
4.3	Dienstvermittlung in mobilen Umgebungen	75
4.3.1	Dienstverwaltung in drahtlosen Netzen.....	75
4.3.2	Dienstvermittlung in WPAN und größeren Netzen.....	76
4.3.3	Dienstvermittlung mit Jini	78
4.3.4	Weitere Systeme zur Dienstvermittlung.....	79
4.4	Mobile Ad-hoc-Netze (MANET).....	80
4.5	Anwendungen (Beispiele).....	81
5	Mobilfunknetze	82
5.1	Mobilfunksysteme: Netze und Dienste (Überblick)	82
5.1.1	Dienste des Teilnehmeranschlusses	82
5.1.2	Mobilfunktechnik	83
5.1.3	Klassifikation, Ausgewählte Netze (Beispiel) und Evolution.....	84
5.2	Bestehende und einzuführende Netze und Dienste	86
5.2.1	Zellularfunknetze, WLAN, Satellitenfunk, Nahbereichsfunk.....	86
5.2.2	Universal Personal Telecommunication	91
5.3	Technische Aspekte und historische Entwicklung.....	92
5.3.1	Technische Entwicklungen.....	92
5.3.2	Weitere Aspekte	92
5.3.3	Historische Entwicklung	93
6	Weitere landesweite Mobilfunksysteme	95
6.1	Öffentlicher beweglicher Landfunk (Überblick).....	95
6.2	Schnurlose Telefonie.....	95
6.3	Funkruf-Systeme (Paging)	97
6.4	Bündelfunk (Trunked Radio)	98
7	Funkübertragung (Funkwellen und Funkkanäle).....	101
8	Mobilfunknetze 2G (Mobiltelefonie, GSM, DCS)	101
9	Mobilfunknetze 3G (UMTS, IMT-2000).....	101
10	Drahtlose lokale Netze (Wireless LAN)	101
11	Wireless Personal Area Networks (WPAN)	101
12	Plattformen für Wireless Applications.....	101
13	Satellitennetzwerke	101
14	Verfahren zur Positionierung und Navigation	101
15	Abbildungsverzeichnis (Teil 1).....	102
16	Literaturverzeichnis.....	103

Teil 1 : Mobile / Ubiquitous / Nomadic Computing

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.

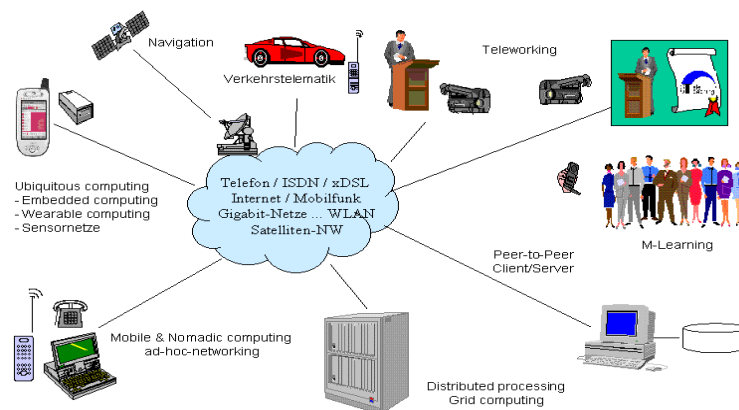


Abbildung 1.1: Einsatzbereiche Telematik

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 Innovationen in der Kommunikationstechnik

Telefon- und Datennetze

Hierbei i.allg. unterschieden: Einzelnetze, diensteintegrierende Netze und Breitbandnetze. Bekannte Vertreter der Einzelnetze sind Telefon (PSTN), Telefax, Telex, Teletext, Bildschirmtext auf der Basis paket- und leitungsvermittelter Datennetze und Träger- bzw. Teledienste. Ein diensteintegrierendes Netz ist das ISDN. Übertragung und Vermittlung erfolgt digital. Zu den Breitbandnetzen gehört das Breitband B-ISDN / ATM und neuerdings verstärkt Gigabitnetze auf Basis SDH/WDM und dark fiber.

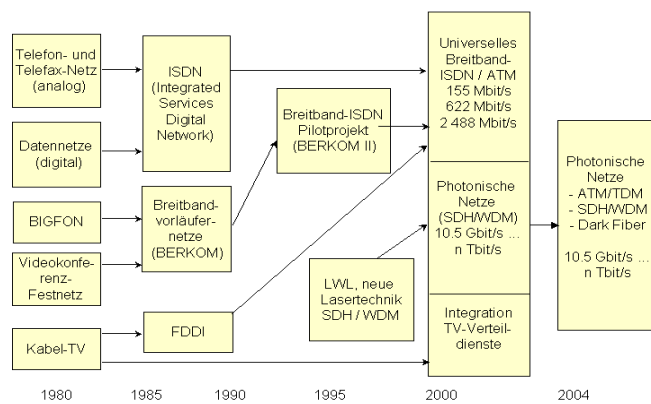


Abbildung 1.2: Entwicklung der Breitbandnetze

Typen und Entwicklung von Mobilfunksystemen

Die Abbildung zeigt die markanten Vertreter von Mobilfunksystemen und die zeitliche Entwicklung der Mobilfunksysteme in den Bereichen Datenpaketfunk, Zellularfunk, Bündelfunk, Funkruf, schnurloses Telefon, Satellitenfunk und Breitbandfunk.

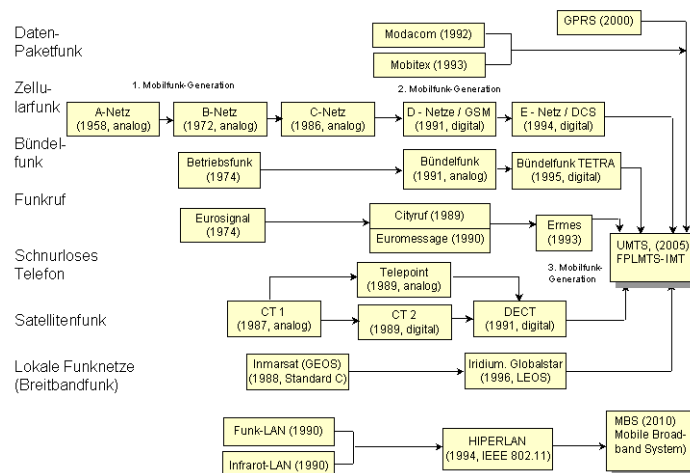


Abbildung 1.3: Zeitliche Entwicklung der Mobilfunksysteme

Satellitensysteme

Im wesentlichen zwei verschiedene Systeme zur Satellitenübertragung: GEOS und LEOS. Für GEOS (geostationär) sind 3 geostationäre Satelliten notwendig. Sie befinden sich in einer Höhe von 36 000 km. Voraussetzungen: leistungsstarke Endgeräte, ständige Funkverbindung.

Bei LEOS (erdnah) umkreisen ca. 70 Satelliten die Erde in eine Höhe von 700 km bis 1500 km. Auch hier findet eine (zelluläre) Abdeckung des gesamten Erdballs statt. Sprach- und Datendienste können bis 4kBit/s betrieben werden. Zum Betrieb reichen leistungsschwache Endgeräte aus, z.B. Handhelds.

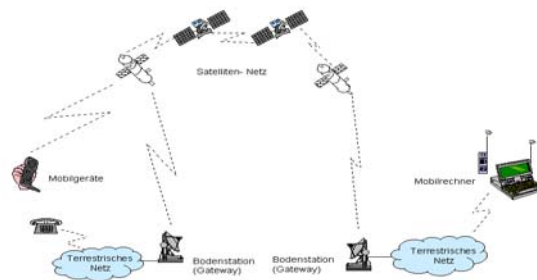


Abbildung 1.4: Satellitenübertragung

1.3 Teledienste im Überblick

1.3.1 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 (Bürofernschreiben), 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

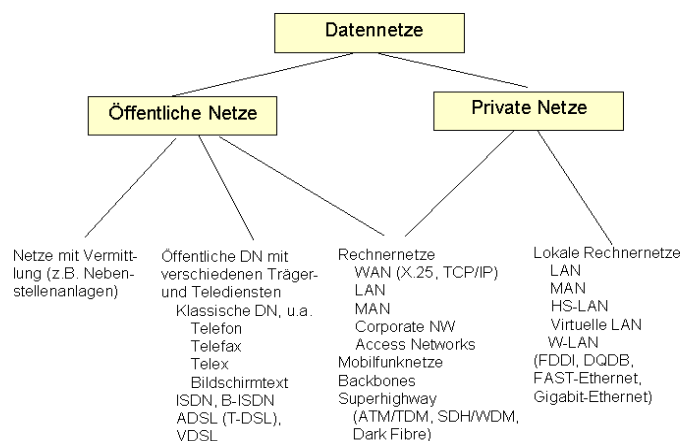


Abbildung 1.5: Daten- und Rechnernetze

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.

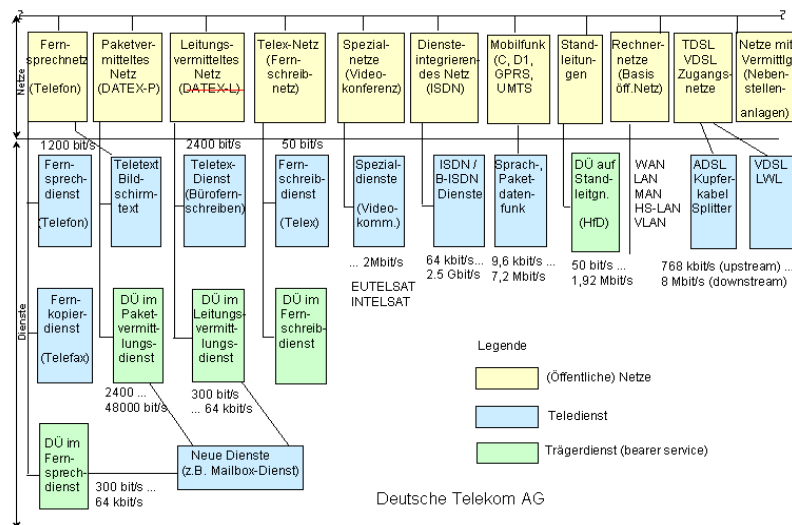


Abbildung 1.6: Öffentliche Datennetze und Dienste (Beispiel Telekom)

Telekommunikationsdienste

Es sind Fernmeldedienste in klassischen Datennetzen (POTS, ISDN, PVN).

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.

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

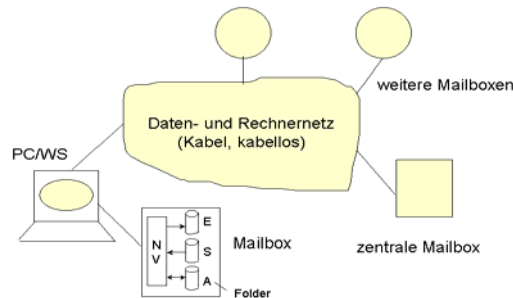


Abbildung 1.7: Aufbau eines Mailboxsystems

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

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.

1.3.2 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
- Musikaustauschbörsen, 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.

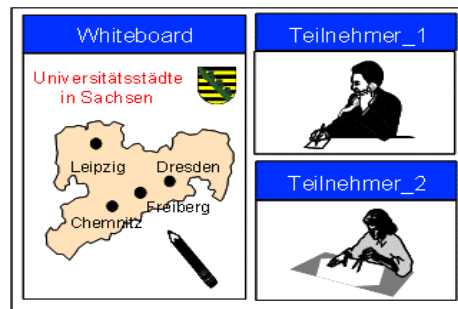


Abbildung 1.8: Audio/Videokonferenz und Whiteboard

Teleworking

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

- 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.

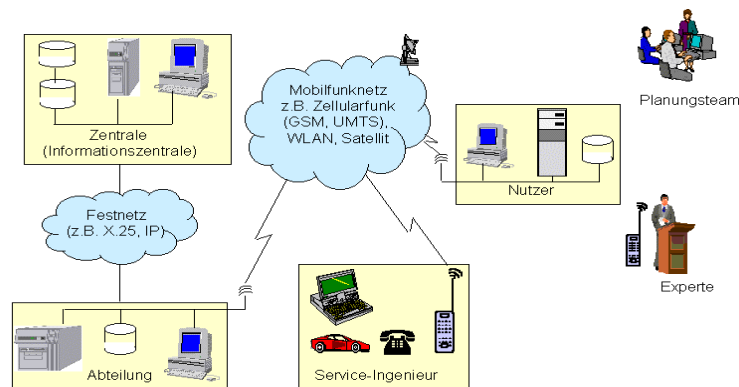


Abbildung 1.9: Teleworking (mobiler Service-Ingenieur)

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.

Neue Anwendungsgebiete

Auswahl:

- Telekooperation: verteilte, rechnergestützte Bearbeitung mit gleichzeitigem Zugriff und Sichtbarmachung (joint viewing) -> CSCW: Computer Supported Cooperative Work.
- Multimedia (Sprache, Video, Text) für Informationsdienste, Telekonferenzen, Audio/Video-Kommunikation, Cooperative Multimedia Services, Live-Streaming.
- Services-on-Demand (z.B. VoD).
- Telearbeit (Teleworking).
- Electronic Commerce: E-Mail, Home-Banking, Tele-Shopping, E-Business, e-cash.
- Spracherkennung, -verarbeitung, -ausgabe.
- Wireless Communications: Sprachübertragung (DECT, GSM, UMTS, CDMA2000), Datenübertragung (GPRS, HSDPA), Universelle Personelle Telekommunikation (UPT).
Integration Telefonie, Internetzugang, Fernsehen über Handy
- Mobile Computing (ubiquitous & nomadic Computing)

Einsatzfelder (Auswahl)

- Fertigungsautomatisierung, Geschäftsbereich (Automatisiertes Büro)
- Verkehrswesen (Verkehrstelematik), Gesundheitswesen (Telemedizin)
- Bildungswesen (Teleteaching, Distance Learning)
- Haushalt ("intelligenter Kühlschrank"), Wearables („Gesundheitshemd“), RFID
- Embedded Systems (Automobile, Lichtschalter, ...), Sensornetze
- Automatische Spracherkennung
- Interaktives Fernsehen.

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 Morsetelegraphen in Praxis (ca. 1840). Kontinente überspannende Weitverkehrskommunikation; insbes. staatliche und militärische Nutzung.
- Telefon: Philipp Reis (1861): erstmalig Stimmen über größere Entfernungen übertragen. 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 („Wahlverbindung“, Wahlvermittlung).

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 Fernsprechnetze 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 Fernsprechnetze-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).

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

Planung des Aufbaus 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.

2.2.4 Digitale Netze

Digitalisierung von Übertragung und Vermittlung

Entscheidende Nachteile analoger Technik:

- Übertragung: Beschränkung durch Dämpfung-, Laufzeit- und Rauscheffekte.
- Vermittlung: nur im niederfrequenten Sprachband im Raummultiplex mittels metallischer Schalter möglich.

Überwindung der Nachteile durch Digitalisierung (Konsequenz der Mikroelektronik).

Übergang vom Analogsignal über PAM-Signal zum Digitalsignal

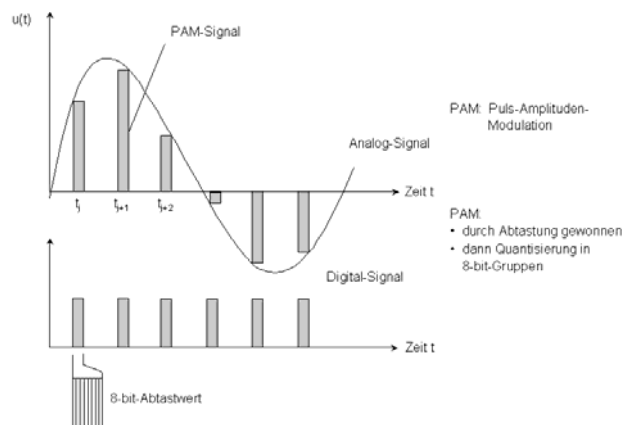


Abbildung 2.1: Digitalisierung analoger Signale (PAM)

PAM-Signal (Puls-Amplituden-Moduliertes Signal): durch Abtastung aus dem Analogsignal gewonnen. Digitalsignal: durch Quantisierung der Abtastwerte und durch Analog-Digital-Umwandlung in 8-bit-Gruppen gebildet.

Abtasttheorem (Shannon, Nyquist) für bandbegrenzte Signale:

Abtastung mit doppelter Frequenz (Sprache ca. 3,4 kHz) und Einordnung in 8-Bit-Werte liefert verlustfreie exakte Darstellung des analogen Signals: Abtastwerte der Signale werden mit der Frequenz 8 kHz entnommen, d.h. alle 125 ms der Pulsrahmendauer \rightarrow Transport von 8-bit-Werte-Gruppen \rightarrow ein Fernsprechsinal wird somit zum 64 kbit/s-Datenstrom.

Zeitmultiplexverfahren: TDM (Time Division Multiplexing)

Durch zeitliches Verschachteln der Abtastwerte mehrerer Zeitkanäle kann man viele Kanäle im synchronen Zeitmultiplex TDM auf einer Leitung darstellen. Übertragungshierarchie erfolgt von 30 über 120, 480 bis zu 1920 Zeitmultiplexkanälen (grob 2, 8, 34 und 140 Mbit/s).

Im Pulsrahmen weitere Informationen übertragen. Dadurch kann Empfängerseite den Beginn des Pulsrahmens erkennen und damit Zeitkanäle aus dem Multiplex-Bitstrom rekonstruieren.

Vermittlung der Zeitkanäle erfolgt im Zeitmultiplexbereich rein digital. Übertragung/Vermittlung durchgehend auf Basis des synchronen Zeitmultiplex integriert (Regeltechnik, ab 1980). Digitalisierung der analogen Signale erfolgt an Peripherie des Vermittlungsknoten oder gleich im TN-Endgerät (ISDN) \rightarrow Kernnetz vollständig digital.

Rechnersteuerung und Zentralkanal-Signalisierung

2 wesentliche Neuerungen in der Entwicklung der Kommunikations-Infrastruktur:

- Digitalisierung der Übertragung und Vermittlung.
- Speicherprogrammierte Steuerung mittels zentraler und dezentraler Rechner.

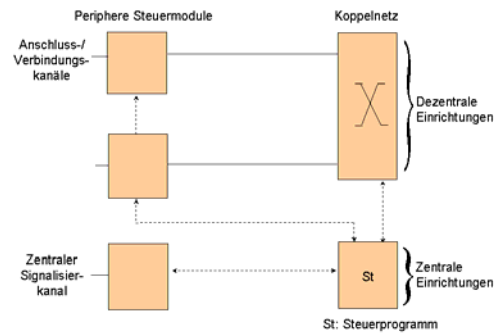


Abbildung 2.2: Prinzip der rechnergesteuerten Vermittlung

Infolge Rechnersteuerung wurde die konventionelle, kanalgebundene Signalisierung (In-band-Signalling: Steuerdaten auf gleichen Kanälen wie Nutzdaten) durch die Zentralkanal-Signalisierung ersetzt. Hierbei werden separate Signalisierungskanäle bereitgestellt, sowohl zwischen Teilnehmer und Netzknoten als auch innerhalb des Kernnetzes.

Über die separaten Signalisierungskanäle werden mittels der Rechnerkommunikation Steuerungssignale für viele Verbindungen in sicherer und schneller Weise ausgetauscht, z.B. im ISDN kann in einem 64 kbit/s-Signalisierungskanal (entspricht einem Fernsprechnutzkanal) der gesamte Steuerdatenverkehr für 2000 ... 4000 Nutzkanäle abgewickelt werden.

2.3 Netze für Daten- und Rechnerkommunikation

2.3.1 Fernsprechkommunikation

Durchschaltevermittlung (Leitungsvermittlung, circuit switching):

Grundsätzliches Vermittlungsprinzip in Fernsprechkommunikation und darauf aufsetzender Dienste (Telefon-, Telefax-Dienst): Bereitstellung eines durchgehenden physikalischen Kanals zwischen den beteiligten Teilnehmern über die Koppelnetze der Netzknoten. Dienstintegrierendes Digitalnetz (ISDN) nutzt hierzu 64 kbit/s-Kanäle (Basis-/B-Kanäle).

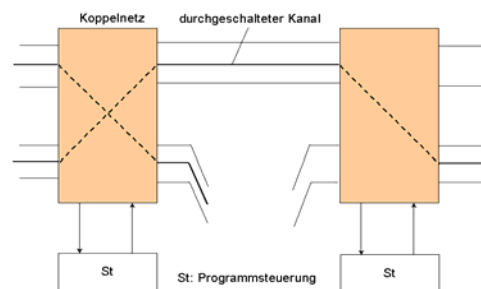


Abbildung 2.3: Prinzip der Durchschaltevermittlung

Durchschaltevermittlung für Daten- und Rechnerkommunikation wenig geeignet, da auch vielseitigere Anforderungen, u.a.

- Sporadischer Verkehrscharakter (büschelförmiges Übertragungsverhalten, lange Pausen).
- Höherer Grad an Übertragungssicherheit.
- Heterogene Endgeräte mit variierenden Nutzer- und Dienstmerkmalen (Geschwindigkeit, Datenvolumen, Echtzeitanforderung).

Für Rechnerkommunikation hat sich das Paketvermittlungsprinzip durchgesetzt.

2.3.2 Rechner- und Datenkommunikation

Paketvermittlung (packet switching, store-and-forward):

Vermittlungsprinzip in Rechnerkommunikation: Gesamte Nutzinformation in Einheiten beschränkter Länge (Pakete) verpackt. Vermittlung der Pakete durch das Paketnetz mittels Steu-

erinformationen im Paketkopf (Adresse, Reihenfolge-Nr.). Pakete variabler und konstanter Länge (sog. Zellen ~> Cell Relay).

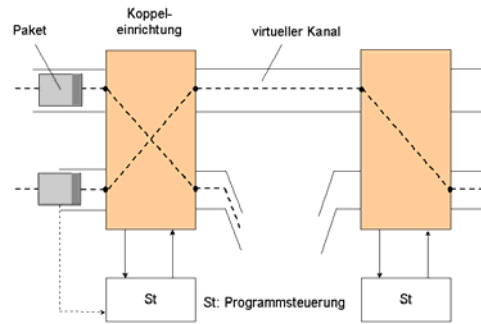


Abbildung 2.4: Prinzip der Paketvermittlung

Die Pakete selbst werden übermittelt entweder *verbindungslos* (connectionless, Datagram-Dienst) von Knoten zu Knoten mittels mitgeführter Zieladressen oder *verbindungsorientiert* (connection-oriented). Bei ATM wird hierzu die Zuordnung der virtuellen Kanalnummer einer virtuellen Verbindung in den Netzknoten gespeichert. Bekannte Paketvermittlungsnetze: X.25, Frame-Relay, IP, ATM (Zellvermittlung).

Protokolle und Dienste

Die Sicherung der Integrität der übermittelten Daten, die Verkehrlenkung oder die Datenflußsteuerung zwischen ungleich schnellen Endeinrichtungen unterliegt einem systematisch und hierarchisch gegliederten Funktionensystem: Protokolle und Dienste.

In den Protokollen sind u.a. standardmäßig festgelegt: Formate der Dateneinheiten, Prozeduren des Datenaustausches, Fehlererkennung und -behebung, Datenflußsteuerung, Quittierungen. Protokolle und Dienste bilden die abstrakte Systemarchitektur.

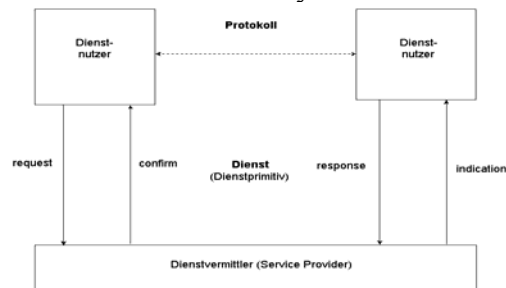


Abbildung 2.5: Service Convention Model

Weitverkehrsnetze (WAN: Wide Area Networks)

70/80er Jahre: WAN als Paketvermittlungsnetze (Packet Switched Networks). Protokolle: X.25 (in DE: Datex-P, Pakete über 64 kbit/s-Kanäle), Frame Relay bzw. IP. Trotz schnellen Ausbaus der X.25-Netze: Leistung für die moderne Rechnerkommunikation nicht ausreichend (schnelle File-Transfer, kurze Reaktionszeiten bei interaktiven Anwendungen erforderlich). Anfang der 90er: Aufstockung der X.25-Netze auf 2 Mbit/s- Kanäle. Aber auch dies nur Zwischenlösung auf Weg zu Hochgeschwindigkeitsnetzen. Gleiche Technik (und z.T. dieselben Netze) auch für das schmalbandige Wissenschaftsnetz (S-WiN). Ablösung S-WiN: 1996 durch B-WiN (ATM), 2000 durch G-WiN (SDH/WDM), 2006 durch X-WiN (dark fiber).

Lokale Rechnernetze (LAN: Local Area Networks)

Entwicklung seit 70er Jahre, nachhaltig und schnell, Standardisierung durch IEEE. Basis der LAN: Paketvermittlung über breitbandige, gemeinsam genutzt Übertragungsmedien (shared media) im Nahbereich ~> Rundsendekanal (Broadcast, shared media). Medien: Kupferleitungen (Doppeladern, Koaxialkabel) oder Lichtwellenleiter.

Prinzip:

- verbindungslose Paketvermittlung, realisiert dezentral durch ein Medienzugriffsverfahren:
 - * Aussenden eines Paketes über gemeinsam genutztes Medium.
 - * bei Bus: Trägerabtastung, Kollisionserkennung,
bei Ring: Selektieren und Kopieren des vorbeilaufenden Paketes.
- Schnelle Rechner-Rechner-Kommunikation bei LAN: 1 bis 16 Mbit/s --> Trend zu 100 Mbit/s (Fast-Ethernet), 1, 10 bzw. 40 Gbit/s (Gigabit-Ethernet).

Bekannte Medienzugriffsverfahren:

- Bus- (Linien-) Struktur: Ethernet (CSMA/CD) - 10 Mbit/s, stochastisch, Kollisionen
 - Ringstruktur: IBM-Tokenring - 4 bzw. 16 Mbit/s, deterministisch, hohe Verzögerungen
- Standardisierung: IEEE 802.3 (Ethernet), 802.4 (Tokenbus), 802.5 (Tokenring).

Backbones und MAN (Metropolitan Networks)

LAN heute als Subnetze (Department-/Campus-/Unternehmensnetze) genutzt. Kopplung dieser Netze über sog. Backbones, um komplette Inhouse-/Campus-Vernetzung zu ermöglichen. 2. Generation von LAN's arbeitet mit ≥ 100 Mbit/s (sog. HS-LAN: High-Speed-LAN).

Bekannte Medienzugriffsverfahren:

- FDDI: Fibre Distributed Data Interface (seit Anfang 90er Jahre, proprietär).
- DQDB: Distributed Queue Dual Bus (IEEE 806, proprietär).
- Weitere solcher LAN's: Fast Ethernet, VG-Any-LAN, Gigabit-Ethernet

Nutzung als

- *Infrastrukturnetze* (mit Ankopplung an Backbones): gut für Client/Server-Lösungen
- *Ad-hoc-Netzwerke*: dezentral aufgebaut, dynamisch (spontane Vernetzung): für P2P.

2.4 Mobilkommunikation

2.4.1 Entwicklung der Mobilkommunikation

Einsatz der Mobilkommunikation

Große Nachfrage an beweglichen Kommunikationsendgeräten für Sprache, Text, Daten, Bild (Fest- und Bewegtbild). Für Anfang des 3. Jahrtausend mehrere 100 Mio. mobile Teilnehmer erwartet: 1999: 200 Mio. TN \sim 2001 TN: 1,3 Mrd. TN (lt. ITU News 02/2002).

Aufgaben: Ursprünglich Sonderaufgaben, wie Sicherheitsdienste (Polizei, Feuerwehr, Notruf) und Militär. Durch Angebot an teilnehmerorientierter Funknetze der Telekom und anderer privater Anbieter (Vodafone, o.tel.o, ...) massive Expansion (D-, E- Netze; GPRS, UMTS).

Technische Entwicklungen

- Mobilfunknetze der 1./2. Generation (Mobiltelefonie, Zellularfunk) im Ausbau beschränkt analoge Netze (1. Generation): in Deutschland A-, B-, C- Netze
digitale Netze (2. Generation): D1, D2 (GSM, 900 MHz); E1, E2 (DCS-1800, 1800 MHz)
- Mobilfunknetze der 3. Generation
 - Entwicklung eines persönlichen Kommunikationsdienstes.
 - Zwischenlösung: PCS bzw. PCN (Personal Communication Service bzw. Network). Teilnehmer können jeden Dienst von jedem Ort über jedes geeignetes Endgerät nutzen; Einsatz ab 2000. Höhere Flexibilität, schnellere Entscheidungen, individuelle Kommunikation, Sicherheit.
 - Standardisierung IMT-2000: Frequenz: 2000 MHz. In USA: CDMA2000.
In Europa: UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). Integration der koexistenten mobilen Netze DECT/GSM/PCN und Dienste.
Bereitstellung von Universalschnittstellen und -protokolle, Standardisierungen.
- Datenpaketfunk: Modacom (9.6 kbit/s), GPRS (General Packet Radio Service): Paketvermittlung, 80 ... 115 kbit/s, Einsatz HSCSD (Kanalbündelung), GSM-Infrastruktur, UMTS/HSDPA (1,8 ... 7,2 Mbit/s).

- Mobilfunknetze der 4. Generation: Breitbandige Kommunikation (W-ATM -> IP, Wimax), Frequenzbereiche bis zu 100 GHz, Einsatz ab 2005/2010, Makro-/Mikro-/Picozellen.
- Integration Mobilkommunikation und Breitband-Netze (B-ISDN), Entwicklung zum UPT (Universal Personal Telecommunication).
- Weitere Entwicklungen:
Bündelfunknetze (Truncated Radio), Pagersysteme, Satellitennetze. W-LAN (IEEE 802,11, Hiperlan). Nahbereichskommunikation: Infrarot, Bluetooth (Raumnetze, WPAN).
RFID, NFC, Zigbee, NanoNet, UWB (Ultra Wideband), Sensornetze.
mobile IP: Erweiterung der IP-Adressen für Mobilkommunikation im Internet,
Mobiler Zugang zum Internet / Web: WAP (Wireless Application Protocol), i-mode,

2.4.2 Mobilfunksysteme

WAN-Mobilfunknetze (Mobiltelefonie)

- analoge Mobilfunknetze, z.B. DE: A-, B-, C- Netze ; USA: AMPS
- digitale Mobilfunknetze
Mobiltelefonsysteme (drahtlose Verlängerung ISDN):
MFN 2G: ETSI-Zellularfunknetze (GSM: D-Netze, DCS: E-Netze),
MFN 3G: EDGE, UMTS
Paketfunknetze:
Modacom/Deutschland (drahtlose Verlängerung X.25), Ardis/USA
Europa: GPRS (für GSM und EDGE), HSDPA (für UMTS)

Mobilfunknetze der 1. Generation

Reine analoge Technik; Einsatz in den vergangenen 40 Jahren (ab 1965 ...). In Deutschland (öbl): A-, B-, C- Netze. Anwendung: geschäftlicher Bedarf, Sicherheits- und Notdienste.

Mobilfunknetze der 2. Generation

Digitale Mobilfunk-Netze (Zellulernetze). Seit 1992 in Betrieb; Netze europaweit bzw. auch außereuropäisch, internationales Roaming. Netze: D1 / D2, E1 / E2. Merkmale

- * Frequenzen D1/D2 (GSM): 900 MHz; E1/E2 (DCS 1800): 1800 MHz
- * kleinere Zellen, häufigere Wiederverwendbarkeit von Funkkanälen (Raummultiplex).

Mobilfunknetze der 3. Generation

Standardisierung IMT-2000 (ITU, ETSI). Frequenzen bei 2 GHz.

Europa: UMTS (ab 2000), Nordamerika: CDMA2000.

Zelluläre Mobilkommunikation

Zentrales zu lösendes technisches Problem: Mangel an Funk-Frequenzen in den für Mobilfunk vorgesehenen Frequenzbändern des elektronischen Spektrums (WARC-Konferenz).

Verteilung der Frequenzgruppen so, dass benachbarte Funkzellen unterschiedliche Frequenzbereiche nutzen und in weiter entfernten Zellen die Frequenzen einer Gruppe erneut benutzt werden können (ohne Gefahr der Störung, Dämpfung).

Lösung: Funkzellenprinzip (*Raummultiplexing*)

- Unterteilung des abzudeckenden Funkgebietes in einzelne Funkzellen mit einem festen Vorrat an Frequenzen (Frequenzgruppen).
- Für einen ankommenden oder abgehenden Teilnehmerruf wird eine dieser Frequenzen für die Dauer der Kommunikation zugeteilt.

Prinzip eines zellulären Mobilfunknetzes

Versorgungsbereich in Funkzellen unterteilt. Wiederverwendbarkeit der Funkkanalfrequenzen in weiter entfernten Funkzellen. Somit Erweiterung der Kapazität des verfügbaren Frequenzbereiches durch Verkleinerung der Zellausdehnung.

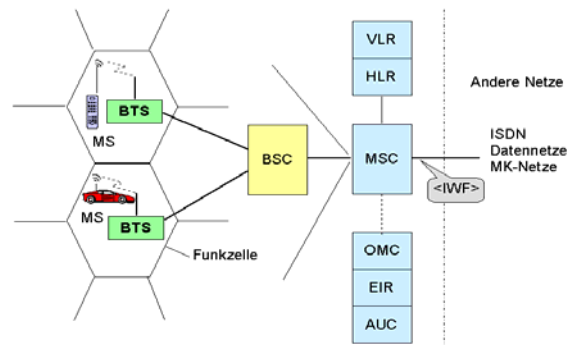


Abbildung 2.6: Aufbau Zellularfunknetz (ETSI-Standard)

BSC	Basis Station Controller (Basisstations-Steuerung)
MSC	Mobile Services Switching Center (Mobilfunk-Vermittlungsstelle)
MS	Mobile Station (Mobilstation)
HLR	Home Location Register (Heimdatei)
VLR	Visitor Location Register (Besucherdatei)
EIR	External Identification Register (Geräte-Identifikation)
AUC	Authentication Control (Berechtigungsprüfung)
OMC	Operation Management Control (Betriebsüberwachung)
IWF	Interworking Functions

Mobile Nahbereichskommunikation

Neben Entwicklung der Zellularfunknetzen existieren alternative Konzepte in Form von sog. „schnurlosen Endgeräten“. Sie ermöglichen eine eingeschränkte Mobilität um das private Haus, innerhalb einer Firma oder in Umgebung von Geschäfts- und Verkehrszentren.

Entwicklungen:

- a) Telepoint (CT Feldversuch), DECT, Funk-Nebenstellenanlagen,
- b) Funk-LAN's (RadioLAN, wireless LAN): IEEE 802.11 bzw. ETSI/HIPERLAN,
- c) Infrarot- bzw. Bluetooth-Verbindungen sowie RFID, NFC, Zigbee, NanoNet, UWB u.a.

Schnurloses Telefon (Cordless Telephone)

Begrenzung der Reichweite einer Funkzelle auf einige hundert Meter (Betrieb, Haus) --> schnurloses Telefon (Cordless Telephone). Nutzung (Betreibung): genehmigungsfrei von jedermann mit häuslichem Telefonanschluss und ohne zusätzliche Gebühren. Übergang zur standardisierten Digitaltechnik, z.B. Europa DECT (Digital European/Enhanced Cordless Telephone), Japan PHS (Personal Handyphone System), USA PCS1900 (IS.134).

Wireless LAN (Funk-LAN, Radio LAN, WLAN)

- Standards und Produkte für WLAN
 - IEEE 802.11 (u.a. wireless MAC und PHY)
 - ETSI: HIPERLAN (High PERFORMANCE Local Area Network)
- Übertragung in WLAN: Funk bzw. Infrarot, Lizenziertes bzw. ISM-Band, Narrowband bzw. Spread Spectrum (verschiedene Varianten).

Future Wideband & Broadband Telecommunication Systems

Gegenwärtig dominierende Entwicklungen in der drahtlosen Weitverkehrskommunikation:

- Identifikationstechniken (RFID, Sensornetze) ~> Nahbereichskommunikation
- Familie der wireless ATM (W-ATM -> IP), Wimax (IEEE 802.16), UWB
- Universal Mobile Telecommunications System (UMTS): MFN 3G ~> Wideband-Telefonie.

Mobile Broadband Systems (wireless ATM, W-ATM, MBS)

Einsatz von wireless ATM als Broadband Telecommunications System (ATM/AAL2).

Standardisierung: ATM-Forum, Übertragungsraten: ≥ 100 Mbit/s, Trend zu IP („all IP“).

Aufgabenstellung für W-ATM, u.a. Klassen von Luftschnittstellen („air interfaces“), Frequenz-Allocation und Sharing-Regeln, Air Interface Protocol Stacks (MAC, LLC).

Ergänzung: Wimax (IEEE 802.16), UWB. Zusammen mit Kleinstzellen-Infrastruktur -> 4G

Mobilfunknetze der 3. Generation

Zielstellung: universelle Erreichbarkeit (“anywhere, anytime, anyform”), in Europa: Wideband Cellular Mobile System ~> Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)

Funktionalität und Einsatz:

- Telefonieren (typische Form der Individualkommunikation).
 - Mobilrechner als Persönlicher Digitaler Assistent (PDA) für Bild-, Ton-, Datenaustausch, MM-Funktionen (Digitalkamera, Videorecorder, DVD-Player).
 - Einsatz Notfallsituationen; Übertragung Biosignale (telemedizinische Überwachung).
 - Integrierte Dienste, u.a. Handy-TV, Navig., Live-Video, Blackberry (Email, Push-Prinzip).
- Technisch beinhaltet UMTS die Integration der bisher getrennt operierenden terrestrischen Mobilfunksysteme DECT, GSM, GPRS und PCN.

Standardisierung:

ETSI in Europa (ITU: IMT-2000 in Nordamerika, Asien -> CDMA2000) ~> hin zu einem auf Universalschnittstellen und -protokollen beruhenden System. UMTS stellt ab Beginn des 3. Jahrtausends die 3. Generation von Mobilfunksystemen dar.

Weiter erforderliche Integrationschritte für UMTS:

- Anschluss an Satellitenkommunikation (Satellitentelefonie): insbes. dort, wo keine terrestrische MK möglich bzw. sinnvoll ist (dünn besiedelte Gebiete, See, ...).
- Anschluss an LWL-basierte Breitbandkommunikationsnetze (B-ISDN, opt. Gigabitnetze).

Aufgabenstellung für UMTS, u.a.

- * Integration existierenden Mobilnetze und Dienste,
- * Dynamische Bandbreiten-Kapazitäts-Zuweisung,
- * Mobilitätsverwaltung (Mobility Management: Funk, Netzwerk, Handover).

Übertragungsraten: 384 kbit/s; für Paketdatenübertragung Nutzung GPRS.

- Deutschland: Frequenzfreigabe 03/2000, Inbetriebnahme ca. 2003/2004.
- Dienste: Mobiltelefonie/-fax, SMS/MMS, Paketdatenübertragung, Handy-TV ~> Flatrate.

Bei Einsatz HSDPA (High Speed Downlink Packet Access: Paketdatendienst im UMTS) bis 1,8 Mbit/s (2006), später bis 7,2 Mbit/s (Turbo- bzw. Breitband-UMTS).

Handy-TV im UMTS

2006 in Deutschland zwei Übertragungsstandards für mobiles Fernsehen:

- DVB-H (Digital Video Broadcasting for Handheld), Tests bei norddeutschen TV-Anstalten, Basis: digitales Antennenfernsehen DVB-T.
- 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. Probleme: Free- und Pay-TV, Akku.

Mobilfunknetze der 4. Generation

Entwicklungen: Im Festnetzbereich: breitbandige optische Übertragungssysteme und auf Höchstintegration beruhende Vermittlungssysteme. Im Mobilbereich: Beschränktheit der Funkfrequenzen bildet entscheidenden Engpass im Mobilfunk-Bereich. Ausweg: Ausschöpfung des Millimeter-Wellenbereich bis hin zu 100 GHz. Damit verbunden ist eine Kleinstzellen-Infrastruktur, zu erwarten ab ca. 2010.

UPT: Universal Personal Telecommunication. Mit der Mobilfunkentwicklung und der Integration (Satellit, B-ISDN) sind die Voraussetzungen gegeben zur Einführung einer weltweit verfügbaren persönlichen Kommunikationsnummer UPT und zugehöriger Dienste.

2.4.3 Satellitenkommunikation

Satellitengestützte Daten-, Bild-, Text- und Sprachkommunikation

Bisherige wichtigste Anwendungen über Nachrichtensatelliten und Funktechnik:

- Gebündelte Übertragung vieler Telefongespräche und Fernsehkanäle,

- Direkte Verteilung von Fernseh- und Rundfunkprogrammen (Kabelfernsehen, „Schüssel“). Aufkommende weitere wichtige Anwendungen: Satellitengestützte Daten-, Bild-, Text- und Sprachkommunikation (direkte, interaktive Individualkommunikation), z.B. Internet-Anschluss über Satellit. Weitere Satellitensysteme für Positionierung, Wetter, Planeten usw. Aufteilung: Terrestrische Mobilkommunikationsnetze für größere Versorgungsbereiche kontinentaler Ausdehnung (z.B. Westeuropa, Nordamerika). Künftige Satellitenkommunikation für den globalen Versorgungsbereich (z.B. Afrika, Asien, Ozeane). Voraussetzung für individuelle Satellitenkommunikation: **niedrig fliegende Satelliten**.

LEO-System (Low Earth Orbit):

- nicht geostationär, Höhe der Umlaufbahn: 800 ... 10 000 km,
- ausgestattet mit on-board-Vermittlungseinrichtungen,
- bekanntes System: IRIDIUM (Motorola, 66 Satelliten, geplant 77 (Elementezahl)).

LEO-Satelliten sollten ab ca. 2000 das seit längerem eingeführte INMARSAT-System ablösen (aber Abschaltung IRIDIUM, Konkurrenz durch terrestrischen Mobilfunk).

GEO-System (Geostationary Earth Orbit):

- 3 geostationäre Satelliten, Höhe 36.000 km. Beispiel: INMARSAT

Aufgaben LEO, u.a. Satellitentelefonie, Versorgung schwach infrastrukturerter Gebiete, Versorgung der „dritten Welt“.

2.5 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: Deutschland besitzt das größte geschlossene Breitbandnetz. 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):

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) ~> Peer-to-Peer-Modell (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.

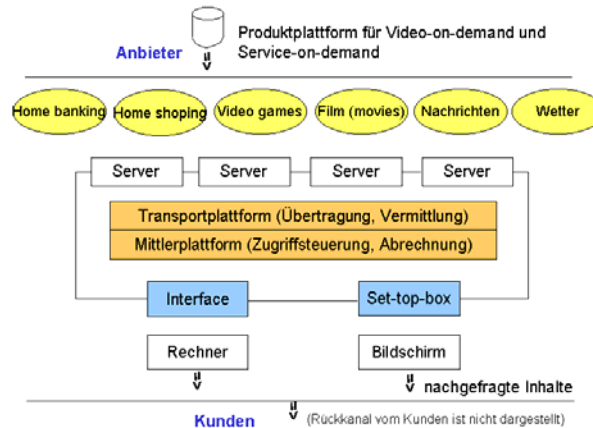


Abbildung 2.7: Interaktive Multimediadienste

Digitales Fernsehen

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

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)

2.6 Hochleistungskommunikation

2.6.1 Ausgangspunkt ISDN

Telefoniedienst und Digitalisierung:

- Telefondienst nach wie vor dominierendes 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 (als 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).

2.6.2 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 hard-

waremäßige 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.

ATM-Technik

Zwischen 2 Teilnehmern nicht mehr eine Leitung (Ü-Kanal) reserviert, sondern die Übertragungskapazität wird in kleine Pakete (mit konstanter Länge, sog. ATM-Zellen) aufgeteilt:

- Jede Zelle mit Zellen-Kopfteil mit Angabe der entsprechenden Teilnehmerverbindung.
- Zellenlänge: 53 Oktetts (Bytes): 5 Oktetts Kopf, 48 Oktetts Nutzinformationen.

Zellen werden anhand im Zellkopf mitgeführter Verbindungskennung VPI (Virtual Path Identifier) und VCI: Virtual (Channel Identifier) und der beim Verbindungsaufbau in den Netzknotentabellen abgelegten Verkettung dieser Kennung durch das Netz zum Ziel übermittelt.

Durch Bündelung vieler Teilnehmerverbindungen auf den Fernübertragungstrecken können in einem Zeitintervall Spitzen- und Niedrigbelastungen ausgeglichen werden. Probebetrieb seit 1994/95, Regelbetrieb in Deutschland (1996). B-WiN: 1996-2000.

ATM im LAN-Bereich

ATM-Prinzip ist universell, auch für LAN (Standard gemäß ATM-Forum). Damit kann eine homogene, durchgehende Netztechnik (ATM) aufgebaut werden. Technologiefortschritte Fast-Ethernet, Gigabit-Ethernet (ebenfalls Switching-Technologie) und kommerzielle Interessenlagen reduzieren die Chancen von ATM im LAN-Bereich. Unbestritten ist der ATM-Einsatz für HS-WAN, Backbones, Multiservice.

B-ISDN/ATM

Das ATM-Netz bildet die Infrastruktur des Breitband-ISDN (B-ISDN/ATM). Die erforderlichen Paketisierungs-/Depaketisierungsfunktionen werden in einer speziellen Funktionsschicht in den Endsystemen, der ATM-Adaptionsschicht (AAL), bereitgestellt. AAL nach 5 prinzipiellen Verkehrscharakteristika unterteilt und bietet verschiedene Dienstgüteklassen an:

- CBR (Constant Bit Rate), ABR (Available Bit Rate), UBR (Unspecified Bit Rate),
- rt-VBR (real-time Variable Bit Rate), nrt-VBR (non-real-time Variable Bit Rate).

Damit unterschiedliche Dienste bereitstellbar, von einfacher Übertragung (best effort) bis Multimedia-Übertragungen mit Quality-of-Service (QoS).

2.6.3 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 Ausnützung 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 Wellenlängenswitching 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).

2.6.4 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 (Access Networks).

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

Die optische Vermittlung hochratiger Datenströme (optische Durchschaltvermittlung) 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.

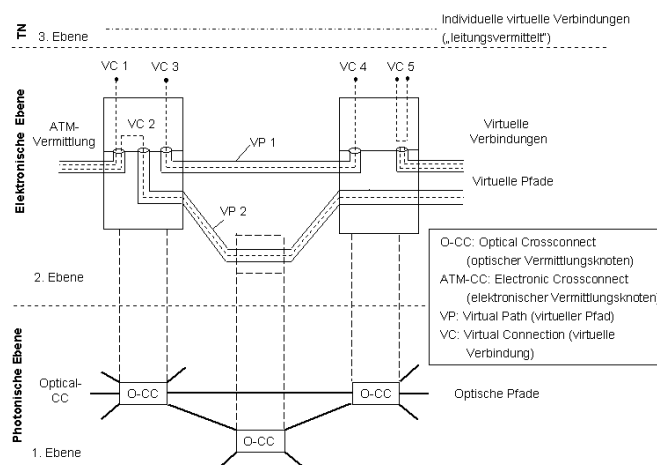


Abbildung 2.8: Mehrebenenstruktur optischer Netze

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 Festnetz) 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. Funknetze bzw. Modem (und Festnetz).

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, Tele-Rehabilitation

Mobile Datenerfassung / -ausgabe (z.B. Geologie)

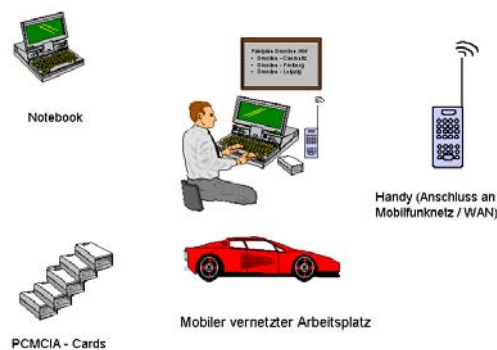


Abbildung 3.1: Einsatzszenarium Mobile Computing (Beispiel)

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)

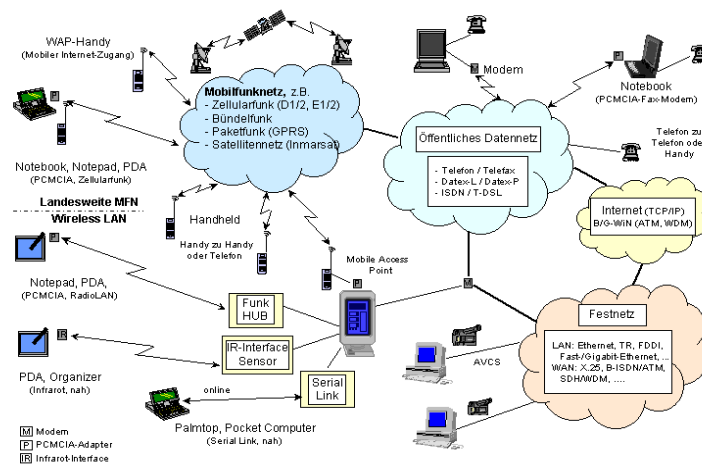


Abbildung 3.2: Generische Kommunikationsinfrastruktur

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 alle 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“.

Kommunikationstechnologie (heutiger Standard):

- Drahtlos: Mobiltelefonie, SMS (zunehmend TV und Navigation per UMTS-Handy)
Internet-Zugang über WLAN, Handy/MFN und mobile IP
Nahbereichsübertragung via Infrarot, Bluetooth, W-USB (z.B. Kamera – PC)

- Verkehrsnavigation mit GPS (Satellitennavigation)
- Schnurlose Telefonie im Heimbereich
- Satellitenkommunikation (TV, Satellitentelefonie, Internet über TV-Kabel)
- FemtoCell (häuslicher Handy-Hotspot): Nutzung DSL (flatrate).
- Drahtgebunden: Internet und WWW-Nutzung, Web-Dienste (hin zum Web 2.0): Informationsdienste, Datenformate (XML), verteilte Verarbeitung (Web-Services)
- Sprachkommunikation (ISDN, VoIP), IPTV
- Hochgeschwindigkeitsnetze (optische Netze)
- Breitbandiger Zugang für Endnutzer

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. Funktioniert 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 und mit der Fähigkeit versehen, 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 (beide werden gemeinsam geschüttelt, verbreiten per Funk ihr jeweiliges Schüttelmuster in der Umgebung.

Kreditkarte dann nur noch wirksam, wenn sich Armbanduhr mit gemeinsamen Schüttelkontext in unmittelbarer Nähe befindet).

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 weiterleiten. 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,
- Arzneischrank 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 smarterer 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): Polyestergewebe, 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 Anwendungsbe- reich. Arbeiten im abgetrennten (disconnected) Modus: Inkonsistenzprobleme.

Elektromagnetische Umweltverträglichkeit (EMUV): Elektrosmog.

3.3.2 Tragbare Computer

Bekannt 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 Musersatz 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.

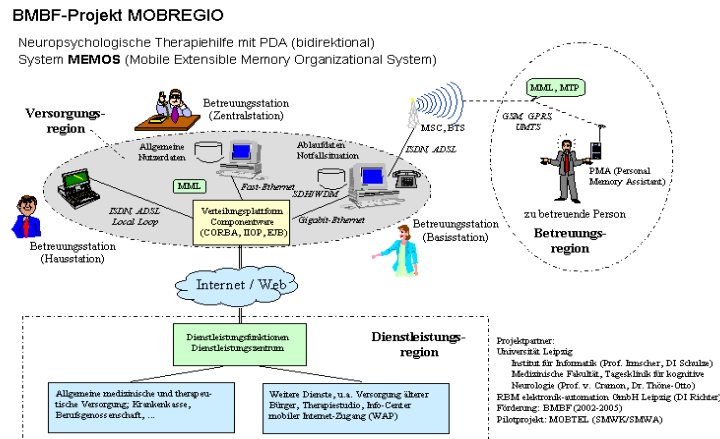


Abbildung 3.3: System MEMOS (BMBF-Projekt MOBREGIO)

Sprachebedienung

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 vorgegebenen Begriffen. Eine umfangreichere Spracherkennung ist problematisch, bspw. durch anfallende Störgeräusche. Sprache kann wie Schrift als Annotation abgespeichert werden, somit digitalisierbar 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. Regulierte Programmierung von Anwendungen, die gesprochene Anfragen erlauben: Call Center, Datenbank-Zugriffe, Web-Informationsdienste. Zugriffe werden sowohl per Sprachdaten (MFN) als auch über Telefonnetz unterstützt. Voice XML basiert auf dem Beschreibungsstandard XML.

3.3.4 Technische Realisierungen (Auswahl)

PSION System 3a (Beispiel)

Pocket Computer (Psion Systems, Erweiterung PSION System 5a). Ausgewählte Parameter:

Prozessor: 16 Bit NEC V30H (Intel-80C86-kompatibel), 3.84 MHz

Interner Speicher: 512 KByte RAM, 1 MByte ROM. Bildschirm: 480 * 160 Pixel

Eingabegerät: Keyboard; eingebautes Mikrophon und Lautsprecher.

Multitasking-Betriebssystem EPOC: Grafische Benutzeroberfläche (u.a. Textsystem, Daten, Notizblock, Tabellenkalkulation), Programmiersprache OPL.

Datenaustausch mit PC: Serial Link: serielles 3-Link-Interface mit RS232-kompatibler Schnittstelle zur Anbindung an PC (Windows, PSI-WIN) bzw. proprietäres Handy-Interface.

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-Mobile: 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. Anbieter T-Mobile, Vodafone, O2, Yahoo.

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.

Nutzbare Funktechnologien für Datenübertragung (Sprache, Daten):

- GSM (Global System for Mobile Communications): leitungsvermittelt, 9.6 kbit/s, Mobiltelefonie.
- GPRS (General Packet Radio Service): paketvermittelt, gebündelte Funkkanäle und Datenpakete, Ergänzung in GSM (Gateway, Register), 40 – 60 kbit/s.
- HSCSD (High Speed Circuit Switched Data): Kanalbündelung in GSM-Netzen, gesamte Kanalkapazität dem Anwender überlassen (im Gegensatz zu GPRS), 57.7 kbit/s, Angebot Vodafone, E-Plus.
- EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution): Vergrößerte Übertragungsrate des GSM-Kanals und Kanalbündelung, modifiziertes GSM-Netz und EDGE-Handy, 384 kbit/s; Angebot bei T-Mobile.
- UMTS (Universal Mobile Telecommunications System): MFN 3G, leitungs- und paketvermittelte Dienste, 384 kbit/s. UMTS-Netz und UMTS-Handy; Angebote T-Mobile, Vodafone, E-Plus, O2.
- HSDPA (High Speed Downlink Packet Access): Erweiterung des UMTS-Standards. 1.8 Mbit/s (2006) \rightarrow 3.6 und 7.2 Mbit/s (\sim DSL); HSDPA-Handy (SGH-ZV50 Samsung); Angebot Vodafone.

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

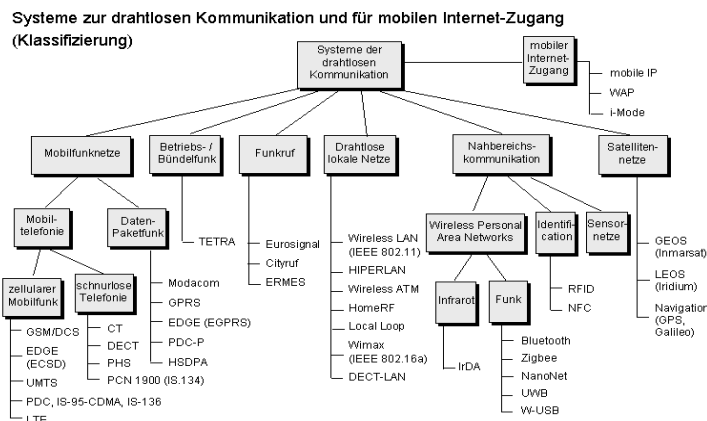


Abbildung 3.4: Systeme der drahtlosen Kommunikation

- 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 ~> Aufteilung der Gesamtfläche in Cluster (Zellen); erfordert Mobilitätsverwaltung der Teilnehmer (MSC).

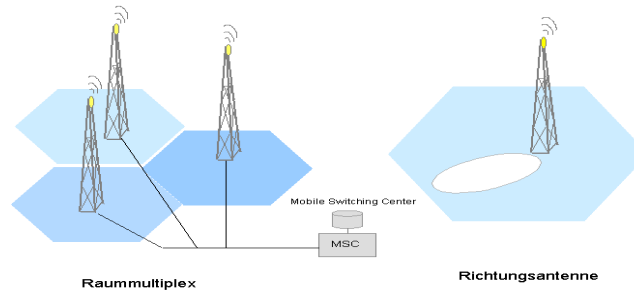


Abbildung 3.5: Zellen und Antennen im Raummultiplex

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.

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 --> Basisstation bzw. Satellit) und Downlink (Basisstation bzw. Satellit --> 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 -> 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 --> 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):

Frequenzen	System	Land
902 - 928 MHz (ISM-Band)	proprietär und IEEE 802.11	USA
2 400 - 2 483,5 MHz (ISM-Band)	proprietär und IEEE 802.11b, HomeRF	Europa, USA, Japan
5 120 - 5 350 MHz	HIPERLAN/1	Europa, USA (?)
5 725 - 5 875 MHz (ISM-Band)	HIPERLAN/2 und IEEE 802.11a	Europa, USA, Japan (?)
17 100 - 17 300 MHz	HIPERLAN	Europa, USA (?)
59 000 - 62 000 MHz	W-ATM	Europa, USA
> 100 000 MHz	Infrarot	beliebig, ohne Lizenz

Internationale Standardisierungen für W-LAN:

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

IEEE: IEEE 802.11 (breitbandig: IEEE 802.16)

Problem: Kompatibilität zu leitungsgebundenen LAN's

IEEE: Betrachtet sowohl Funk als auch Infrarot (viele Gemeinsamkeiten)

ETSI: Beschränkung auf Funkfrequenzen bei 5,2 GHz und 17,1 GHz, geplant 59 - 62 GHz

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 Gruppen drahtloser LAN:

Infrastruktur-Netze:

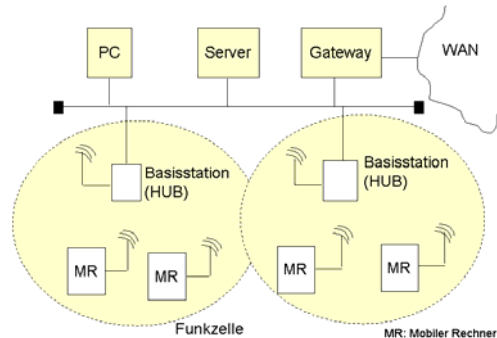


Abbildung 3.6: Netztopologie eines Infrastruktur-Netzes

Erweiterung existierender LAN um drahtlose Komponenten. I.allg. mehrere Funkzellen, Zugriff auf Festnetzrechner (Server) und Router, Verbindung zwischen drahtloses 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.

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.

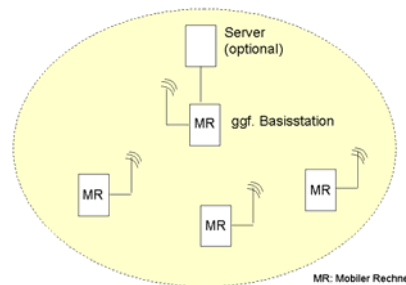


Abbildung 3.7: Infrastruktur eines Ad-hoc-Netzes

WLAN nach Standards IEEE 802.11 und ETSI/HIPERLAN

Protokolle in WLAN

Drahtlose LANs (wireless LAN) erweitern drahtgebundene Netze (wired LAN, z.B. Ethernet) um eine mobile Komponente: Somit Protokollstruktur ähnlich der Protokollstruktur von kabelgebundenen (wired) LAN. Schicht 1 (Physical Layer) und Schicht 2 (Data Link Layer) für W-LAN ist allerdings neu zu definieren:

Schicht 1: regelt Übertragung der Daten über das jeweilige Medium, hierbei je nach Frequenzband (915 MHz, 2.4 GHz, 5.2 GHz, ... 100 GHz) verschiedene Verfahren verwendet: elektromagnetische Funkwellen, Infrarot

Schicht 2: in Analogie zu Festnetz-LAN: MAC und LLC.

MAC (Medium Access Control): Legt Zugriffsverfahren auf das physikalische Medium fest, Gemeinsamer MAC-Standard sowohl für IEEE 802.11 als auch für ETSI HIPERLAN: Ver-

fahren 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 Kollisionsentdeckung 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 zugeteilt 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, dass die gleichzeitige Koexistenz anderer Systeme erlaubt (RTS/CTS-Nachrichten in CSMA/CA) --> führt u.a. zu Einschränkungen in der erlaubten Sendeleistungen 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 synchronisiert), so erscheinen die Signale der anderen Systeme nur noch als kleine Störungen (Rauschen).

2 wichtige Spreizverfahren: Frequency Hopping und Direct Sequence.

Frequency Hopping Systeme

Gesamter Frequenzbereich wird in Kanäle gleicher Bandbreite aufgeteilt (Schutzbänder). Sender und Empfänger verweilen nur bestimmte Zeit auf einer Frequenz (Kanal) und springen dann zu einer anderen Frequenz. Folge der benutzten Frequenzen (*Hopping-Sequenz*) ist durch eine Pseudozufallszahl festgelegt. Sie ist Sender und Empfänger bekannt. Falls Frequenz, mit der die Kanäle gewechselt werden (*Hopping-Rate*), kleiner als die Datenrate: Slow Frequency Hopping. Dabei mindestens ein Datensymbol übertragen, bevor die Frequenz gewechselt wird. Falls Hopping-Rate größer als die Datenrate: Fast Frequency Hopping.

Direct Sequence Systeme

Jedes einzelne Datenbit wird mit einer Spreizsequenz (*Chip-Sequence*) multipliziert. Damit erhält man eine höhere Modulationsrate und spreizt den benötigten Frequenzbereich des Signals. Mehrere verschieden codierte Signale gleichzeitig auf Übertragungskanal (Sender und Empfänger kennen Code). Empfänger kennt die verwendete Chip-Sequence und ist in der Lage, das Signal mittels eines Korrelators zu demodulieren (siehe auch CDMA). Verhältnis zwischen Chiprate und Datenrate (sog. *Processing Gain*) liegt i.allg. zwischen 10 und 100.

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 Identifikation 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, IDEA) 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 802.10). Es ersetzt die unzureichenden Verschlüsselungsverfahren in WEP durch WAP 2.
- Moderne Router (z.B. DSL-Router/Modem Speedport W 501 V, Fritzbox, D-Link u.a.) unterstützen IEEE 802.11i.

WEP (Wired Equivalent Privacy)

- Verschlüsselungsverfahren nach IEEE 802.11 auf Basis einer RC4-Chiffrierung (Stromchiffrierer). 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 „geknackt“ 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 implementiert die Funktionen des neuen Sicherheitsstandards IEEE 802.11i.
- WPA und WPA 2 sehen eine Authentifizierung während des Verbindungsaufbaus vor (Festlegung 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 (Auswahl)

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 anzu-steuern. 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, entlang der wichtigsten Verkehrswege.

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

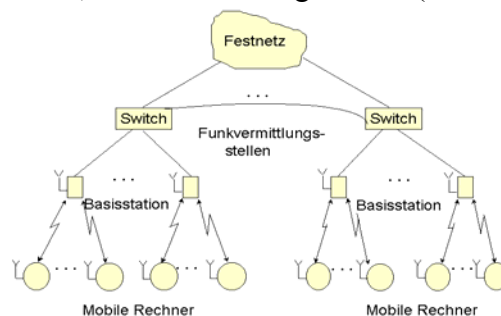


Abbildung 3.8: Hierarchische Architektur eines zellulären Netzwerkes

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/sGPRS ... 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 hoch-ratige *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 1.8₂₀₀₆ ... 7.2 Mbit/s.

Paketfunknetze: Kosten für Anzahl der gesendeten Datenpakete, nicht für Verbindungszeit.

Paketfunknetz Modacom (Mobile Data Communication)

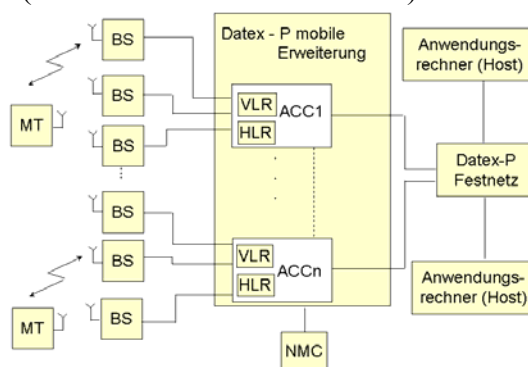


Abbildung 3.9: Architektur Modacom

- | | |
|------------------------------------|--------------------------------|
| MT: Mobile Terminal | VLR: Visitor Location Register |
| BS: Base Station (Basisstation) | HLR: Home Location Register |
| ACC: Area Communication Controller | NMC: Network Management Center |

Zelluläres Funksystem zur paketorientierten Datenübertragung. Erweitert existierende, auf X.25 basierende Datennetze (Datex-P), um mobilen Zugang.

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 zellulare 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:

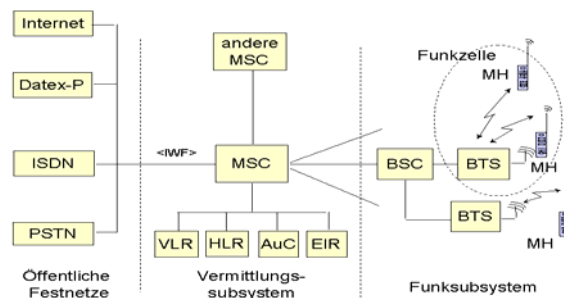
GSM: Global System for Mobile Communications (Standard), 900 MHz Übertragungsfrequenz. Netze: D-Netze (D1, D2). Betreiber D1: Telekom (DeTeMobil / T-Mobile), Betreiber D2: Mannesmann Mobilfunk GmbH / Arcor ~> Vodafone/Airtouch.

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 3.10: 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.

Datendienste in GSM

Schrittweise Einführung von GSM-Datendiensten (historische Entwicklung):

Data circuit duplex asynchronous and synchronous: Leistungsvermittelter, synchroner und asynchroner Duplex-Datendienst mit Zugang zu PSTN (analoges Telefonnetz) und ISDN. PAD access circuit asynchron - PAD service: Leitungsvermittelter Zugang zu einem PAD (Paketierer/Depaketierer) eines paketvermittelten Datennetzes (z.B. Datex-P). Data packet duplex synchronous - packet service: Synchroner Duplex-Zugang zu einem paketvermittelten Datennetz (Datex-P, Internet, ...). Die Datenraten betragen jeweils 2.4, 4.8 oder 9.6 kbit/s, bei GPRS 60 – 115 kbit/s.

Alle Dienste werden in einem transparenten und nicht-transparenten Modus angeboten. Erste angebotene Dienste: asynchrone Dienste mit Zugang zum analogen Telefonnetz (PSTN) und zum ISDN: damit Applikationen über GSM betrieben werden können, die mittels Modem über PSTN oder ISDN kommunizieren, u.a. Terminals über serielle Leitungen (z.B. V.24).

Asynchrone Datenübertragung: Vor bzw. nach jeder Informationseinheit wird (i.allg. ein 8-bit-Zeichen) ein Start- bzw. Stoppbit gesendet. Somit Bitfolge nicht mit einer regelmässigen Zeitbasis gekoppelt, sondern unabhängig („asynchron“).

Transparenter Datendienst (zuerst eingeführt): Daten ähnlich wie bei Sprachdiensten mit konstanter Datenrate und konstanter Verzögerung. Neben normaler Vorwärtsfehlerkorrektur und Interleaving werden keine zusätzlichen Maßnahmen zur Senkung der Bitfehlerrate durchgeführt. Datenrate wird durch die Qualität des Funkkanals bestimmt (2.4, 4.8 oder 9.6 kbit/s).

Nicht-transparenter Datendienst (baut auf transparentem Datendienst auf): Zusätzliches spez. Protokoll (RLP: Radio Link Protocol) zur besseren Fehlerkorrektur. Verlorene oder verfälschte Datenpakete wiederholt übertragen. Damit Bitfehlerrate extrem niedrig. Allerdings sind Datenrate und Verzögerung nicht mehr fest vorgegeben. Datenraten: GPRS 60 - 115 kbit/s, EDGE (EGPRS) 345 kbit/s, UMTS 384 kbit/s, HSDPA 1,8 / 7,2 Mbit/s.

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 Er-

reichbarkeit (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.

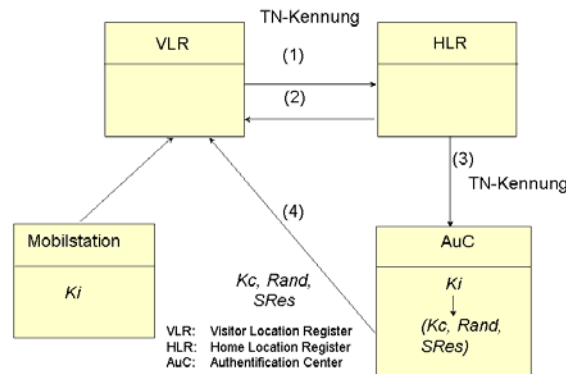


Abbildung 3.11: Schlüsselauswahl in GSM

- (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.

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).

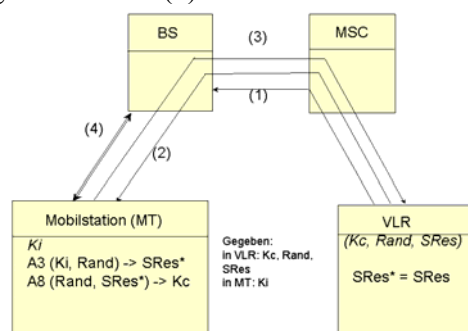


Abbildung 3.12: Sicherung der Teilnehmer-Identität

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

Advanced Mobile Phone System (AMPS)

AMPS ist Basis vieler analoger Funktelefone in Nordamerika (USA, Kanada, Mexiko). Große Flächendeckung vorhanden. In dem analogen System gibt es keine speziellen Datendienste (so wie z.B. bei GSM: Fax, SMS, WAP, ...). Zusammen mit geeigneten Modems bildet

AMPS jedoch eine gute Basis zur mobilen Datenkommunikation (allerdings geringere Zuverlässigkeit gegenüber normalen Telefon-Festnetz mittels Modems). Durch neue (auf Funkübertragung optimierte) Modems können Datenraten bis 14 kbit/s erreicht werden.

Anm.: In digitalen Mobilfunksystemen (wie GSM) werden spezielle Vocoders (Voice-Kodierer) zur Sprachübertragung benutzt ~> deshalb können dort Modems nicht sinnvoll zusammen mit dem Sprachkanal verwendet werden.

3.5.6 Satellitennetze

Ermöglichen Datenübertragung von jedem Punkt der Erde. Bevorzugter Einsatz dort, wo keine terrestrische Infrastruktur vorhanden ist. Satellitenbasierte Netze mit Vermittlung als Global Area Networks (GAN) bezeichnet.

2 Arten von Satellitensystemen (Kommunikationssatelliten für TV, Rdfk., Telefon, Mobiltelefonie): Systeme mit geostationären Satelliten (GEOS) und Systeme mit niedrig fliegenden Satelliten (LEOS).

Weitere Satellitensysteme für Positionierung (GPS, Galileo), Wetter, Planeten, Militär ...

GEOS: Geostationary Earth Orbit Satellites

GEOS-Satelliten sind fest über einer speziellen Region der Erdoberfläche positioniert und sorgen für diese Region für eine ununterbrochene Funkverbindung. Satelliten in 36 000 km Entfernung von Erdoberfläche (ca. 3 Satelliten für Überdeckung erforderlich). Somit große und leistungsstarke Sende/Empfangssysteme benötigt. Typisches Beispiel: Inmarsat-System konzipiert für Einsatz in Schiffskommunikation, Übertragung TV, Rundfunk, Telefon (gebündelt).

LEOS: Low Earth Orbit Satellites

Satelliten in 700 bis 1500 km von Erdoberfläche, für individuelle Satellitenkommunikation. Satelliten umkreisen die Erde, stehen nicht fest über einer bestimmten Region der Erdoberfläche -> mehrere Satelliten benötigt, um eine Region flächendeckend zu versorgen. Typische Systeme: ca. 70 Satelliten. Projizieren während ihres Umlaufs Funkzellen auf die Erde. Satelliten-Netzwerke im Prinzip ähnlich den terrestrischen zellularen Mobilfunknetzen. Wesentlicher Unterschied: Funkzellen bewegen sich mit der Umlaufbewegung der Satelliten über die Erde hinweg. Somit wechselt ein Teilnehmer mit der Zeit auch dann seine Funkzelle, wenn er am Ort verbleibt und sich nicht bewegt.

Satelliten sowohl untereinander als auch mit terrestrischen Systemen verknüpft. Durch niedrige Flugbahn werden nur kleine Endgeräte (Handhelds) mit geringeren Leistungen benötigt. Datenraten für Sprach- und Datendienste: max. 2 bis 4 kbit/s. Bekannte Systeme: Iridium (77 -> 66 Satelliten, 02/2000 abgeschaltet), Globalstar.

3.5.7 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 2005 bzw. 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 FPLMST)

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.

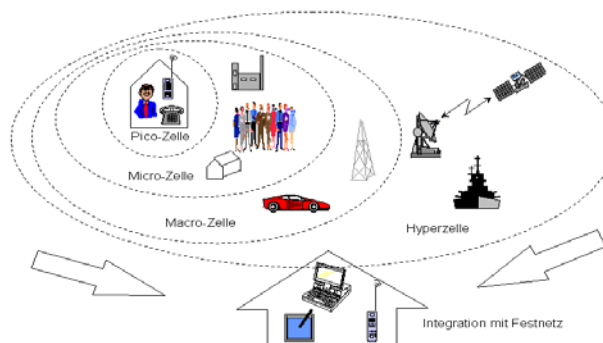


Abbildung 3.13: Modulare Zellenarchitektur

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),
- Sprach- und hochauflösende Video-Übertragungen,
- 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.

- Datenraten von 10 ... 155 Mbit/s. Mobile Erweiterung von B-ISDN (wireless ATM, AAL2).
- Ursprünglich vorgesehenes W-ATM im 60 GHz-Bereich (62 - 63 und 65 - 66 GHz), ggf. auch im 40 GHz-Bereich (39,5 - 40,5 und 42,5 - 43,5 GHz).
- Mit W-ATM auch W-LAN mit hohen Datenraten realisierbar. Durch die zellulare Struktur und höhere Datenraten sind diese Systeme wesentlich flexibler und leistungsfähiger als die Systeme auf Basis IEEE 802.11 und HIPERLAN.
- Technologie ATM umstritten ~> Ziel: Internet mit Dienstgüte (RSVP, DiffServ oder Verlagerung in Anwendungsebene MPLS / Overprovisioning) ~> Einsatz IP-Technologie. Hohe Datenraten ermöglichen mobile / drahtlose Video- und Multimedia-Dienste.

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: Wide Area Coverages)

- 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)

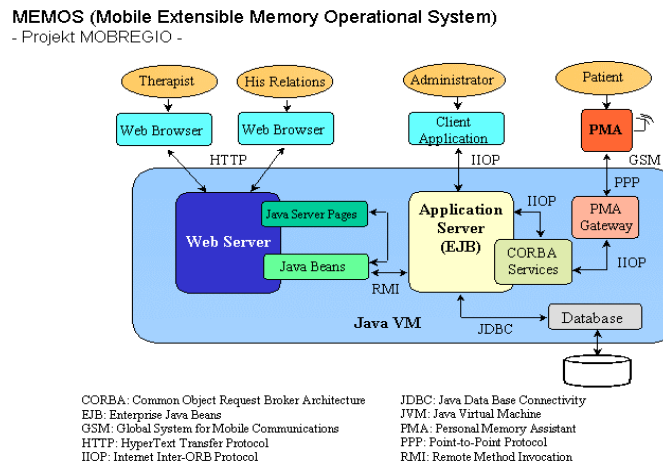


Abbildung 4.1: Systemarchitektur MEMOS

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.

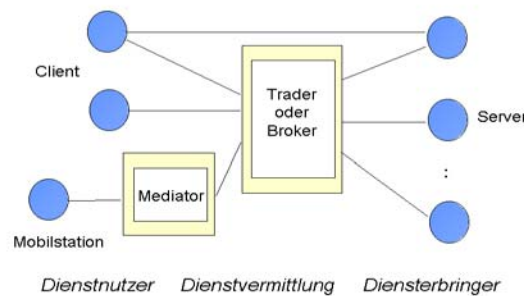


Abbildung 4.2: Administrierung mobiler Stationen in verteilten Systemen

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.

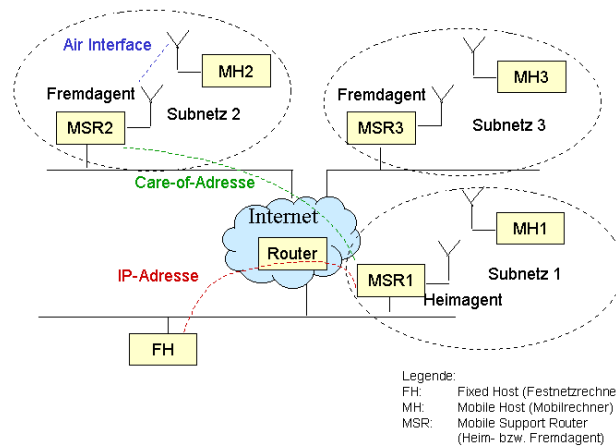


Abbildung 4.3: Netzinfrastruktur für mobile IP

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 \leadsto I-TCP (Indirect TCP), Mobile-TCP, Mobile RPC
Fast Retransmission, Selektive Quittungen \leadsto 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).

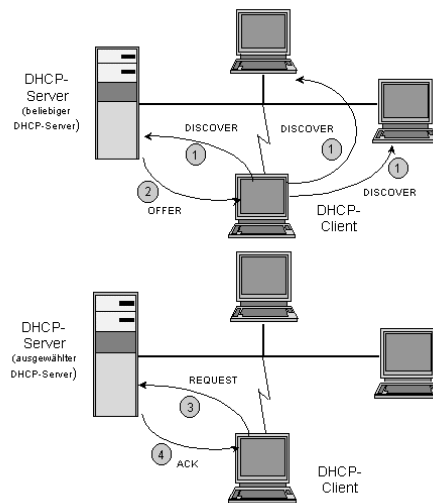


Abbildung 4.4: Ablauf Adressvergabe mit DHCP

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)

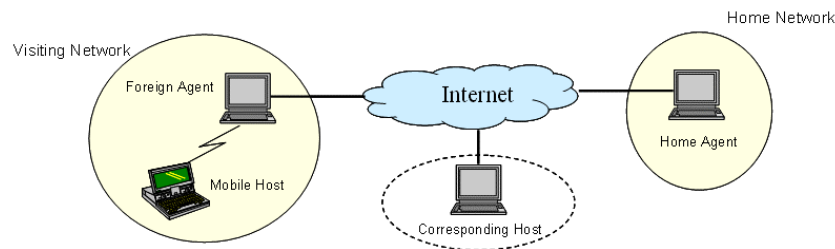


Abbildung 4.5: Begriffe in mobile IP (Rechnertypen und Netzwerke)

- *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 $\langle \text{Heimadresse} - \text{Care-of-Adresse} \rangle$. 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.

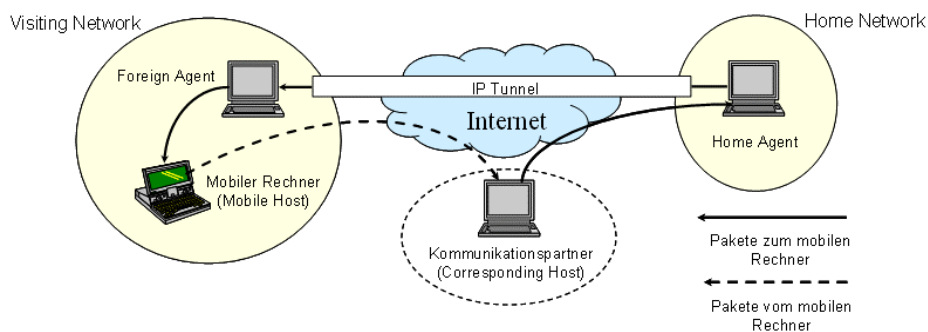


Abbildung 4.6: Tunneling bei mobile IP

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).

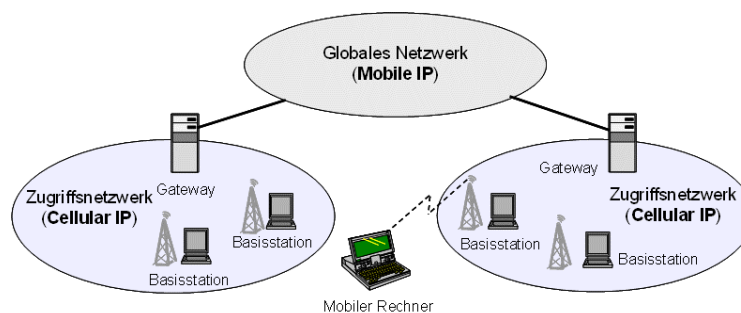


Abbildung 4.7: Zweistufige Netzwerkarchitektur mobile / cellular IP

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.

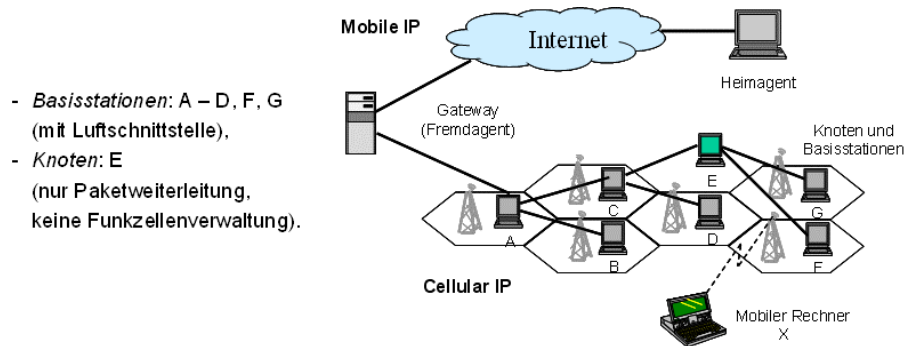


Abbildung 4.8: Zugriffsnetzwerk (Cellular IP)

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:

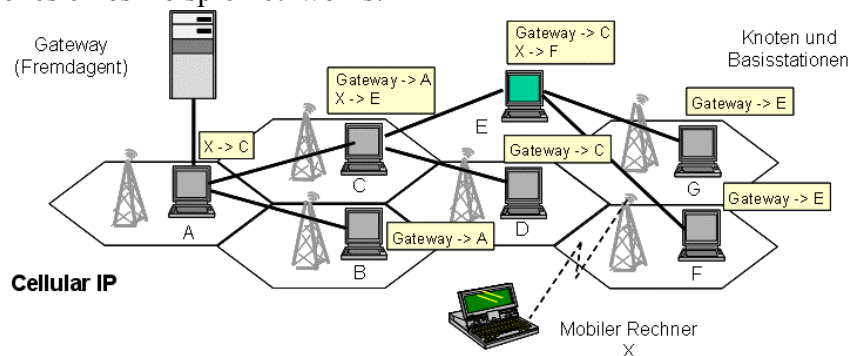


Abbildung 4.9: Routing in Cellular IP (Beispiel)

Weitere Routing-Mechanismen:

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

4.2.5 Mobilität auf Transportebene

Transportprotokoll TCP und drahtlose Netze

Probleme durch Mobilität wirken sich auf Transportschicht aus. Es existieren einige Lösungsansätze, aber noch keine durchgängige Standardisierung. Internet-Anwendungen nutzen meist als Transportprotokoll das TCP (Transmission Control Protocol), das eine zuverlässige Ende-zu-Ende-Verbindung bereitstellt. Anwendungen können somit Daten einfach austauschen, ohne sich mit Fehlern und Engpässen auf dem Übertragungskanal befassen zu müssen.

Falls eine drahtlose Übertragung das Protokoll IP unterstützt, so ist prinzipiell auch TCP einsetzbar. TCP wurde jedoch für Übertragungsmedien entwickelt und optimiert, die nahezu fehlerfrei arbeiten. Zwischen zwei Knoten im drahtgebundenen Netzwerk treten Bitfehler äußerst selten auf. Sind zwei Rechner jedoch nicht direkt verbunden, muss ein Paket über verschiedene Router geleitet werden. Hier können Pakete durch Router-Überlastung verloren gehen.

Überlaststeuerung in TCP

Falls Paketverlust zwischen Sender und Empfänger, unterstellt TCP einen Engpass auf einem Router, d.h. der Router soll mehr Pakete weiterleiten, als er verarbeiten kann. Die Überlastungssteuerung (Congestion Control) behebt den Engpass durch Herabsetzen der Pakethäufigkeit. Bei TCP wird dazu das *Slow-Start-Verfahren* eingesetzt, das gut auf Festnetze abgestimmt wurde: Anzahl der Pakete, die ein Sender aussenden darf, bevor die erste Bestätigung eintrifft, exponentiell erhöht. Damit erreicht der Sender schnell die Paketrate, die noch unterhalb der Überlastung liegt. Bleiben Bestätigungen aus, wird die Paketrate halbiert, um der Überlastung entgegenzuwirken. Bei drahtlosen Übertragungen treffen diese Annahmen nicht zu. Hier liegt Ursache von Paketverlusten bei der Übertragungsstrecke selbst. Bei Fehlern die Paketrate zu drosseln, ist daher ungünstig. Der Sender sollte möglichst schnell das fehlende Paket nachsenden und mit unverminderter Geschwindigkeit weitersenden. Einsatz TCP unverändert über eine fehlerbehaftete, drahtlose Verbindung bewirkt schlechte Performance; deshalb Verfahren für drahtloses TCP.

Drahtlose Transportprotokolle

Für die Lösung für drahtloses TCP gibt es verschiedene Ansätze, i.allg. basierend auf einer sog. „einfachen Architektur“:

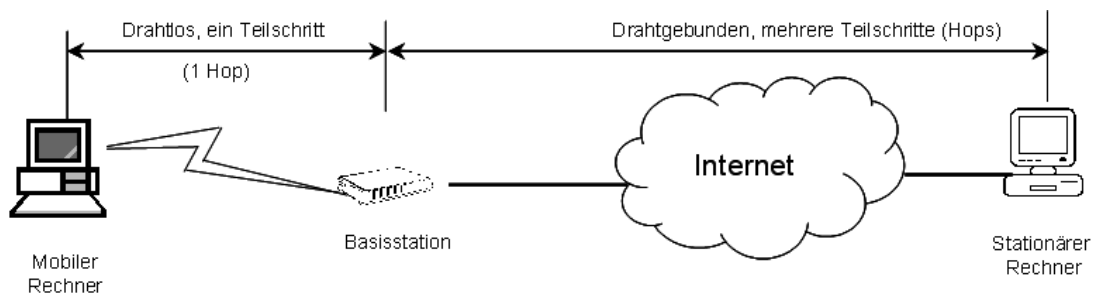


Abbildung 4.10: Drahtlose Transportprotokolle („einfache Architektur“)

Einfache Architektur: Mobiler Rechner ist drahtlos mit einer Basisstation verbunden. Die Verbindung zw. Basisstation und Kommunikationspartner läuft auf traditionelle Weise drahtgebunden ab. Während die Verbindung zwischen stationärem Rechner und Basisstation über mehrere Zwischenstationen laufen kann, stellt die drahtlose Verbindung einen Teilschritt dar. Die nachfolgend beschriebenen Verfahren für drahtloses TCP setzen somit voraus, dass die drahtlose Verbindung nicht über weitere drahtlos verbundene Router erfolgt.

Split-Connection-Verfahren

Eine Lösung für das Problem des drahtlosen TCP ist das sog. Split-Connection-Verfahren. Der Hauptvertreter ist I-TCP (**I**ndirect-**T**CP). Die Grundidee ist, dass die Verbindung zwi-

schen den Endknoten in zwei Verbindungen aufgeteilt ist: in eine Verbindung zwischen stationären Rechner und Basisstation sowie in eine Verbindung zwischen Basisstation und mobilen Rechner.

Erste Verbindung ist eine drahtgebundene Verbindung, somit traditionelles TCP unverändert. Zweite Verbindung ist für den drahtlosen Betrieb. Die Basisstation verwaltet beide Verbindungen und übergibt eingehende Nachrichten einer Verbindung an die jeweils andere.

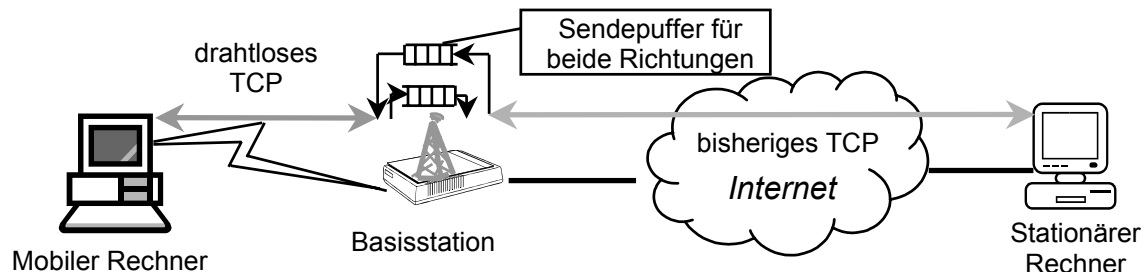


Abbildung 4.11: Split-Connection

Vorteile: Überlastungskontrolle kann für die jeweiligen Abschnitte speziell optimiert werden.

- Drahtgebundene Verbindung kann bei Paketverlusten wie üblich mit Reduktion der Pakethäufigkeit reagieren.
- Drahtlose Verbindung wird dagegen Pakete erneut versenden, falls ein Verlust festgestellt.

In die drahtlose Verbindung können Funktionen integriert werden, die im Transportprotokoll bisher nicht zu finden waren. Beispielsweise kann Verbindung auf eine Reihe von Ereignissen reagieren, ohne das die stationäre Gegenstelle damit belastet wird, etwa auf Verbindungsabbrüche, Bewegen des Rechners im Raum, Reduktion der verfügbaren Bandbreite.

Die Basisstation kann Funktionen vom mobilen Rechner übernehmen, die der Verwaltung der Verbindung dienen. Der mobile Rechner hat oft nicht genug Rechenkapazität für einen kompletten TCP/IP-Protokollstapel.

Der mobile Rechner nutzt für die Kommunikation mit der Basisstation ein vereinfachtes Transportprotokoll. Da die Basisstation zum Internet das gewohnte TCP verwendet, ist das für den stationären Rechner transparent -> Umsetzung mit dem Protokoll **Mobile-TCP** (Haas, 1997). Dabei ausgenutzt, dass die Verbindung zwischen Basisstation und mobilem Rechner in einem Teilabschnitt vorgenommen wird. So verzichtet Mobile-TCP auf der drahtlosen Verbindung auf ein Senderfenster und nutzt ein einfaches Quittungsverfahren, um eine zuverlässige Verbindung zu realisieren. Zusätzlich wird die Bandbreite durch ein Kompressionsverfahren eingespart, das redundante Informationen im Kopf von Paketen eliminiert.

Indirect TCP

Wandert ein mobiler Knoten in den Kommunikationsbereich einer anderen Basisstation, sind davon laufende Transportverbindungen betroffen. Prinzipiell könnte dieses Problem von der Vermittlungsschicht (z.B. durch Mobile IP) gelöst werden.

Lösungsvorschlag: Split-Connection-Verfahren für Transportschicht: I-TCP (Indirect-TCP).

Zuerst ist MR im Kommunikationsbereich der BST 1. Diese stellt damit Verbindung für stationären Rechner bereit. Wandert MR in Kommunikationsbereich der BST 2, so erhält diese alle verbindungsrelevanten Daten, u.a. den Status der Sendepuffer, die Verbindungsparameter etc. von der BST 1. Da alle Verbindungsdaten aus Sicht des stationären Rechners erhalten bleiben, muss keine neue Verbindung aufgebaut werden.

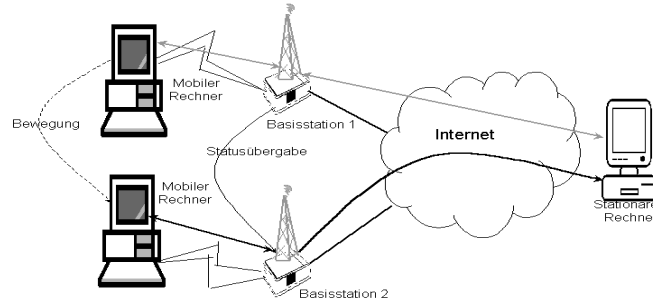


Abbildung 4.12: Indirect TCP (I-TCP)

Anpassungen der Sicherungs- und Vermittlungsschicht

Ein Hauptproblem bei Nutzung von TCP über drahtlose Verbindung ist, dass TCP schlecht mit Paketfehlern umgehen kann. Dieses Problem ist umgehbar, indem die Fehler der Luftschnittstelle auf der Sicherungsschicht behandelt werden und für höhere Schichten ein zuverlässiger Pakettransport angeboten wird.

Konzept *Asymmetric Link Layer Protocol for Digital Cellular Communications* (1995): Einsatz von FEC und ARQ. Bluetooth oder IrDA besitzen diese Eigenschaft, d.h. entsprechende Sicherungsschichten bieten eine zuverlässige Paketübermittlung an. Aus Sicht von TCP wird damit ein Problem bewältigt: bei Paketverlust zwischen Sender und Empfänger, muss es sich um einen Router-Engpass handeln. Damit ist es sinnvoll von TCP, die Paketrate zu reduzieren.

Allerdings, ein zuverlässiger Pakettransport auf der drahtlosen Verbindung läuft den Mechanismen von TCP zuwider. TCP stellt selbst Quittierungsmechanismen zur Verfügung, allerdings optimiert für hohe Durchsätze. Quittierung einzelner Pakete auf der Sicherungsschicht reduziert u.U. damit die Gesamtleistung auf Übertragungsstrecke.

Snoop-Protokoll

Es ist eine Variante dieses Verfahrens (snoop: schnüffeln). Es arbeitet auf Vermittlungsschicht und kombiniert das ARQ-Verfahren mit der Sendewiederholung auf Transportebene.

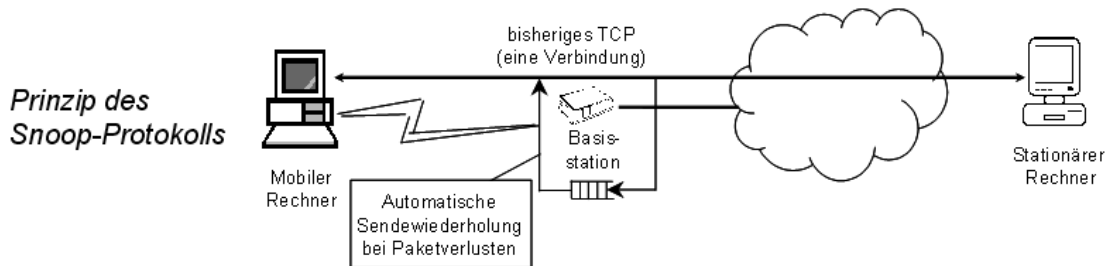


Abbildung 4.13: Snoop-Protokoll

Auf der Basisstation befindet sich ein sog. Snoop Agent. Er puffert Pakete in Richtung des mobilen Rechners. Die Pakete werden jedoch nicht umgeleitet oder abgefangen. Zusätzlich hört der Snoop Agent den Quittungsverkehr in Richtung des stationären Rechners ab. Falls der Snoop Agent die Quittierungsmeldungen abhört, kann er das Paket aus seinem Puffer löschen, falls diese positiv sind. Kann er jedoch anhand der Quittungen erkennen, dass dem mobilen Rechner ein Paket fehlt, lässt er diese Quittung nicht zum stationären Rechner durch. Stattdessen liest er das entsprechende Paket aus dem Puffer und sendet es an den mobilen Rechner. Der mobile Rechner erhält somit wesentlich schneller ein fehlendes Paket. Das zeitaufwendige Anfordern über das drahtgebundene Netzwerk entfällt.

Remote-Socket-Architektur

Die Remote-Socket-Architektur verzichtet auf eine TCP-Implementierung auf dem mobilen Rechner und überträgt die Aufgabe der TCP-Kommunikation vollständig der Basisstation. Zwischen der Basisstation und dem mobilen Rechner wird ein einfaches Protokoll benutzt, das für den drahtlosen Betrieb optimiert wurde.

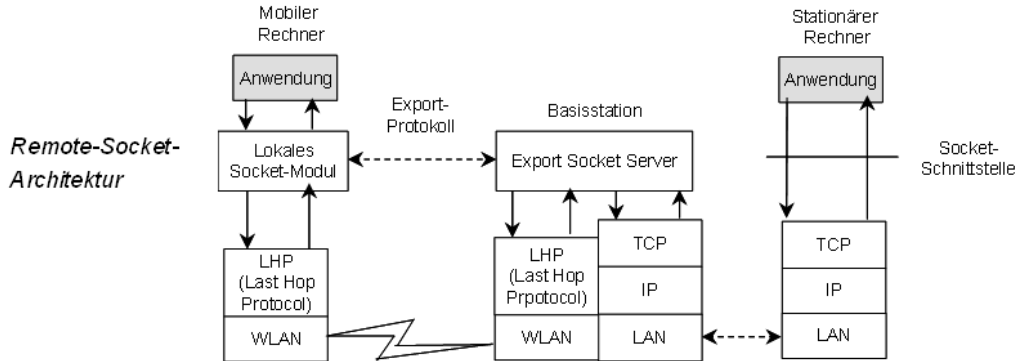


Abbildung 4.14: Remote-Socket-Architektur

Auf der Basisstation befindet sich der Export Socket Server, der die TCP-Kommunikation zum stationären Rechner abwickelt. Die Anwendung auf dem mobilen Rechner verwendet zur Kommunikation Socket-Operationen wie connect, read, write, und close, die auf der Basisstation in entsprechende TCP-Aufrufe umgewandelt werden.

Das *Last Hop Protocol (LHP)* stellt hier eine zuverlässige Verbindung über die Funkstrecke zur Verfügung. Mit Hilfe des Export-Protokolls werden alle Aufrufe, die eine Verbindung betreffen, „exportiert“, d.h. als Nachricht verpackt und auf der Basisstation ausgeführt. Die Basisstation dient dabei aus der Sicht des stationären Kommunikationspartners als Stellvertreter für den mobilen Rechner.

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 Administrierung zu aufwendig),
- Registrierung neuer Dienste,
- Austragung nicht mehr verfügbarer Dienste,
- Ermittlung von Diensten mittels Dienstbeschreibung (~> Netzadresse, Attribute).

Die Problemstellung gilt nicht nur für die Netzadministrierung, sondern auch für Anbieter von Unterhaltungs- und Konsumgeräten. 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. Dienst-Export.
- *Discovery (3)*: Suche/Entdeckung der Dienste bzw. Komponenten (in drahtlose Netzen).
- *Dienstsuche/-auswahl (4)*: Dienstanbieter (Client) besorgen sich die Dienste vom Vermittler sog. Dienst-Import, ggf. Auswahl eines geeigneten Diensteanbieters.
- *Binding (5)*: Direktes Anbinden zwischen Client und ausgewählten Server.

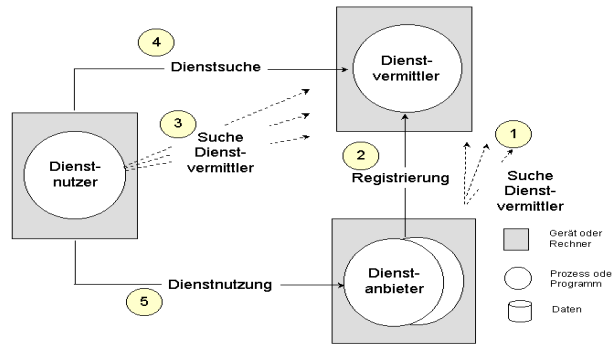


Abbildung 4.15: Binding in drahtlosen Netzen

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):

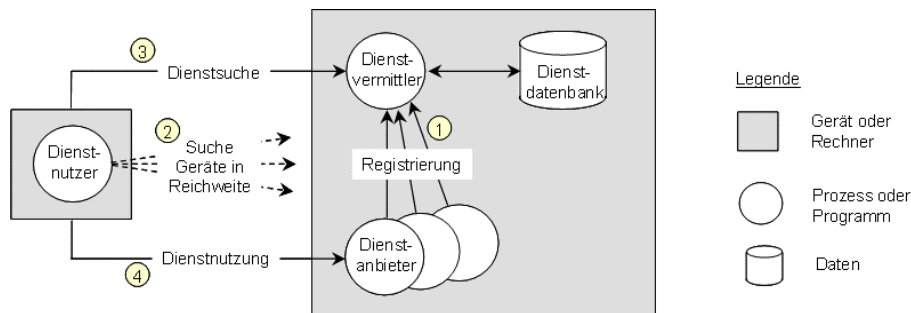


Abbildung 4.16: Dienstsuche in WPAN (IAS und SDP)

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

Dienstsuche in größeren Netzen

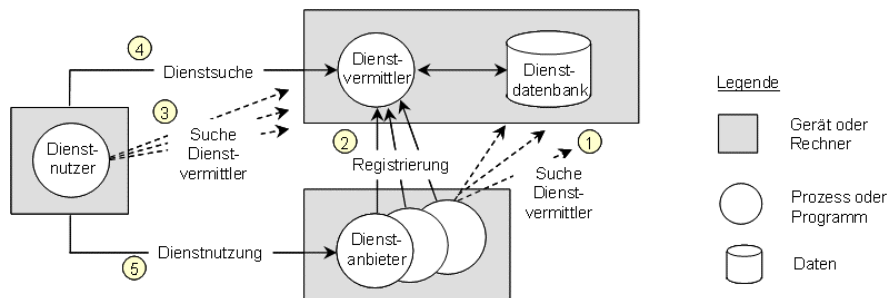


Abbildung 4.17: Dienstsuche in größeren Netzen

Dienstvermittler (sog. Trader) ist ausgelagert und zentral, i.d.R. einmal vorhanden. Allerdings ist ein zusätzlicher Suchschritt erforderlich. Da der Dienstvermittler und -anbieter auf unter-

schiedlichen 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:

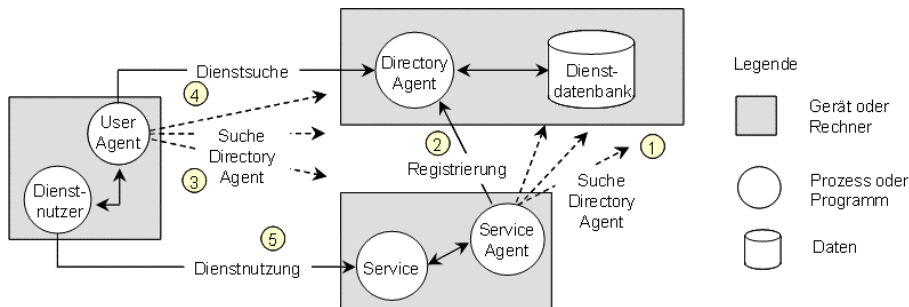


Abbildung 4.18: Dienstvermittlung mit SLP

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 Dienstnutzer. 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

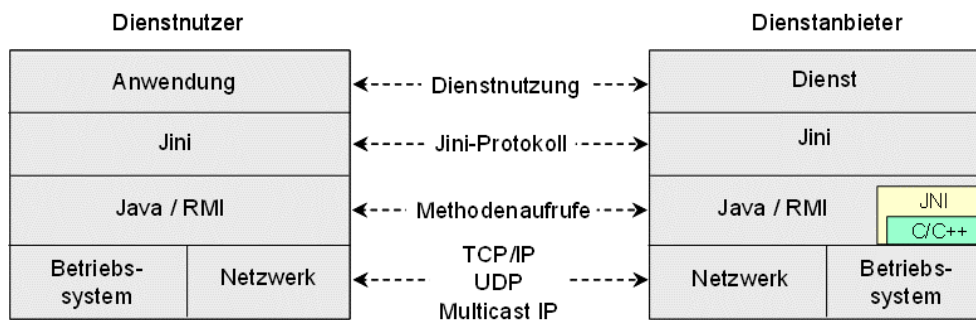


Abbildung 4.19: Jini Protokollstapel

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. Dienstanbieter muss seinerseits über Discovery mindestens einen Lookup-Dienst ermitteln.
4. Über Dienstfrage (Lookup) spezifiziert Dienstanbieter die Kriterien für den gewünschten Dienst. Als Ergebnis können unter Umständen mehrere Dienste zurückgegeben werden, die für Dienstanbieter zur Auswahl stehen („Import“).
5. Eigentliche Dienstanbieter erfolgt über das Dienst-Interface, das dem Dienstanbieter übermittle wurde („Binding“).

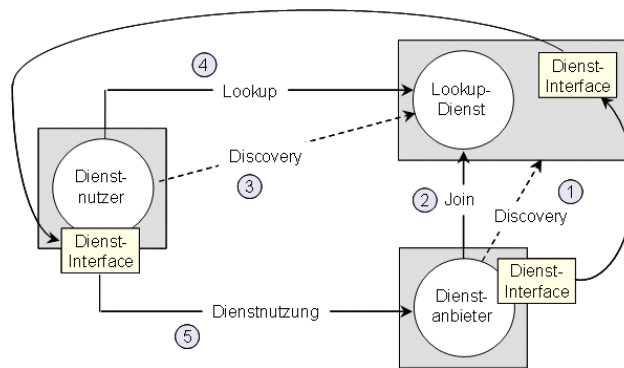


Abbildung 4.20: Jini – Registrierung und Dienstanbieter

Durch Join registriert sich Dienstanbieter bei einem Lookup-Dienst und ist damit für potenzielle Dienstanbieter 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 Dienstanbieter 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 Dienstanbieter 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 Aufwand.

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 Unterhaltungsgeräte 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 Dienstanbieter und Dienstnutzer 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 Dienstnutzer 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 ausgezeichneter 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 weiterzuleiten, 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.

Service Awareness

Neben dem Routing ist auch noch das Auffinden mobiler Dienste in Ad-hoc Netzen unvollständig gelöst. Effizientes Auffinden eines Dienstes kann z.B. mit Anycast realisiert werden und sollte eng mit dem Routing-Protokoll zusammenarbeiten. Nach dem Auffinden muss auch die Kommunikation mit dem Dienstgeber effizient gestaltet werden, so dass z.B. von einem durch Mobilität suboptimalen Dienstgeber (z.B. bezüglich der Anzahl der Hops) auf einen besser geeigneten Dienstgeber, der den gleichen Dienst anbietet, gewechselt werden kann. Lösungsvarianten für das Entdeckung und Vermittlung von Diensten sind existierende Ansätze (Discovery, Trading) und Anycast Routing.

4.5 Anwendungen (Beispiele)

Anwendungsfelder für Mobile Distributed Computing (Auswahl)

- Mobiles Büro, Geschäftsreisen, Urlaubsreisen, Vertrieb (Außendienst),
- Inbetriebnahme, Wartung (Mobiler Service-Ingenieur, siehe Abbildung 1.09),
- Mobile Transportsysteme, Warenumschlag, Logistik, Unterstützung im Werkstattbereich,
- Mobile Informationsdienste (Fahrplan, Reservierung, ...),
- Medizinischer Notfalldienst, Telemedizin/-rehabilitation (z.B. retrospektive Maßnahmen),
- Mobile Datenerfassung/ausgabe (z.B. Geologie).

Mobile Computing und Teleworking (Anwendungsszenarien)

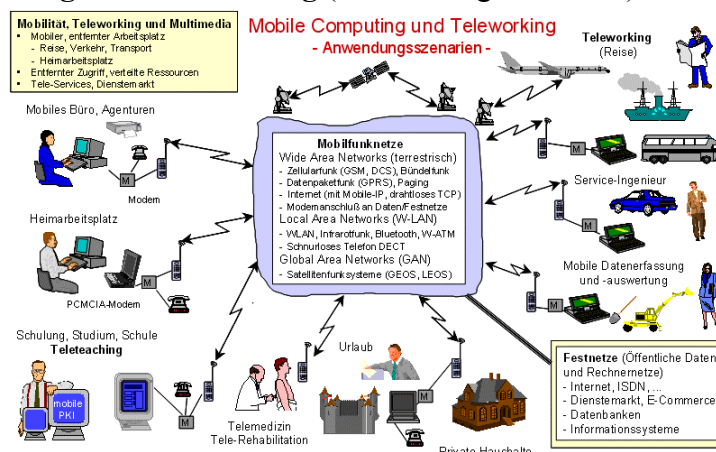


Abbildung 4.21: Mobile Computing und Teleworking (Anwendungsszenarien)

5 Mobilfunknetze

5.1 Mobilfunksysteme: Netze und Dienste (Überblick)

5.1.1 Dienste des Teilnehmeranschlusses

Analoger Festnetzanschluss

Viele TK-Endgeräte nutzen analogen TNA mit dem beschränkten Frequenzband für (analoge) Telefonie und Modem-basierte niederrangige Datenkommunikation. Dienstklasse "Plain Old Telephone Service" (POTS) erlaubt Telefonie, Telefax, Internet-Einwahl und damit Dienste wie Home Banking, Teleshopping, Web-Browsing oder einfache Formen des Home Working.

Schmalband-ISDN

Bereitstellung durchschaltevermittelter B-Kanal-Verbindung mit fester Bitrate (64 kbit/s). Zusätzlich kann freie Kapazität des D-Kanals (Signalisierung, 16 kbit/s) für eine schmalbandige Datenkommunikation genutzt werden (Euro-ISDN \Leftrightarrow de-ISDN). Höhere Qualität (Bitrate, Übertragung) als POTS, Vielfalt neuer Leistungsmerkmale (Facilities, Service Attributes) und Dienste, wie Konferenzgespräche, Rufweiterleitung, Anklopfen und Dienste des Intelligenten Netzes IN, wie gebührenfreies Telefonieren (800er Dienste), Credit Card Dienste, Benutzergruppen oder virtuelles Privatnetz (VPN).

Netzzugang über Mobilkommunikation

Alle diese Dienste (POTS, ISDN) sind auch über Mobilfunk-Netzzugang nutzbar. Gravierendste Unterschiede: beschränkte Bandbreite des Mobilfunkkanals (MFN 2G: ca. 13 kbit/s, brutto), eingeschränkte Wiedergabe von Text- und Graphikinformatoren.

Mobilfunknetze 2. Generation (MFN 2G):

- * Europa: GSM (900 MHz, D-Netze), DCS1800 (1800 MHz, E-Netze); Japan: PDC; USA: USDC (IS-54), IS-95-CDMA.
- * Wichtigster Dienst: Telefonie (ca. 9.6 kbit/s Nutzdatenrate), durchschaltevermittelt (kanalvermittelt).
- * Zusätzlich: Kurznachrichtendienst SMS (Short Message Service), Fax-Dienst.
- * MFN-2G-Technik nicht bzw. nur eingeschränkt für neue, Internet-basierte Diensteeignen, auch nicht kapazitätsmäßig erweiterbar.
- * Speziell für Web-Browsing wurden Internet-Zugangs-Protokolle entwickelt, wie WAP (Wireless Application Protocol) bzw. i-MODE.

Mobilfunknetze der 2,5-ten Generation (MFN 2.5G):

- * GPRS (General Packet Radio Service) --> Weiterentwicklung des schmalbandigen MFN, basierend auf GSM-Netz, Kanalbündelung (HSCSD) und Pakettechnik.
- * Paketübertragungsdienst, 40 - (60) - 115 kbit/s. Ermöglicht Großteil der UMTS-Dienste.
- * EDGE: Enhanced Data Service for GSM Evolution (EGPRS: 384 kbit/s, ECSD: 32 kbit/s).

Mobilfunknetze der 3. Generation (MFN 3G):

- * Breitbandiger zellulärer Mobilfunk-Zugang im outdoor-Bereich.
- * Erweiterung 2G- (GSM, IS-95) und 2.5G- (GPRS) Mobilfunktechnik zu 3G-MFN als UMTS (Universal Mobile Telecommunications System, 2000 MHz) bzw. IMT-2000 (International Mobile Telecommunications at 2000 MHz, früher FPLMTS)
- * Integration der koexistent operierenden verschiedenen Funktechnologien in den Bereichen Zellularfunk, Bündelfunk, Satellitenfunk, schnurlose Telefonie (DECT).
- * Standardisierung i.w. abgeschlossen, Einsatz ab 2003/04.

Darüber hinaus lokale Funknetze (WLAN), Raumnetze (Infrarot, Bluetooth), RFID.

Merkmale UMTS:

- breitere Frequenzbänder bei 1,9 ... 2,2 GHz und kleinere Funkzellen,

- Datenraten bis zu 2 Mbit/s (Regelleistung: 384 kbit/s, wie EGPRS), Weiterentwicklung des Datenpaketfunkes durch Einsatz von HSDPA (High Speed Downlink Package Access) mit 1,8 Mbit/s (2006), später 3,6 bis 7,2 Mbit/s.
- Bereitstellung durchschalteter (CS: Circuit Switched) Dienste und paketvermittelter (PS: Packet Switched) Dienste,
- Nutzung von CDMA (CDMA: Code Division Multiple Access): Wideband-CDMA und Time-Division-CDMA interope rabel ~> sowohl Frequenz- als auch Zeitmultiplextechnik in einer Zelle koexistent.
- Makrodiversität, d.h. gleichzeitiges Unterhalten mehrerer Funkverbindungen des Mobilterminals (MT) mit mehreren Basisstationen (BTS: Base Transceiver Station) zur Auswahl der momentan besten Verbindung oder zur Kombination der Signale aus mehreren Funkverbindungen,
- Handover: automatisches Weiterreichung der Verbindung eines beweglichen Mobil teilnehmers bei Wechsel in andere Funkzelle (incl. Location Update, Roaming),

Local Based Services

- * Neue Klasse von Diensten in Mobilkommunikationsnetzen, die orts- und kontext abhängig sind: location/context aware communication services.
- * Nutzung von Positionierungssystemen: GPS (General Positioning System, Satellitenfunk), Galileo (EU) oder CPS (Cambridge Positioning System, Funkpeilung).
- * Beispiele: Navigationsunterstützung im Verkehr, Informationsdienste in unmittelbarer Umgebung, Zusatzdienste in Abhängigkeit des momentanen Applikationsszenarios, ...

Mobilfunknetze der 4. Generation

- * Breitbandkommunikation (W-ATM): Nutzung ATM-Technik (AAL-2); Trend zu IP.
- * Frequenzbereich 40 - 60 GHz, ca. 100 Mbit/s.
- * UPT: Universal Personal Telecommunications.

5.1.2 Mobilfunktechnik

Funkfrequenzen und Multiplexverfahren

Mobilfunknetze ohne Verkabelung; Übertragungsmedium: Funkwelle. Begrenzende Komponenten: Verfügbares Frequenzspektrum und physikalische Eigenschaften der Funkwellen. Verbesserung der spektralen Effizienz, z.B. durch Digitalisierung der Sprache, Quell- und Kanalkodierung.

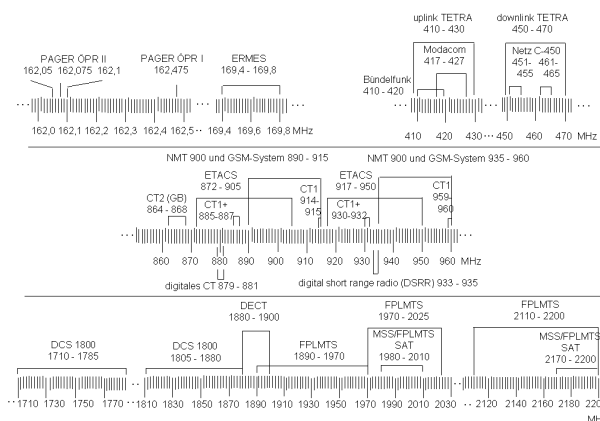


Abbildung 5.1: Frequenzbelegung für Mobilfunknetze

Ablösung der analogen Funksysteme durch digitale Funksysteme:

- Verbesserung in Modulationstechnik, Kodierung, Entzerrung,
- digitale Signale können vor Aussendung bearbeitet und gespeichert werden.

Anwendung von Multiplexverfahren zur Bedienung höherer Teilnehmerzahlen, wie

- * SDM (Space Division Multiplexing),
- * TDM (Time Division Multiplexing),

- * FDM (Frequency Division Multiplexing),
- * CDM (Code Division Multiplexing).

Deregulierung, Liberalisierung des Telekommunikationsmarktes. Internationale Standardisierung: Normierungsgremien, länderübergreifend. Unterscheidung MFN nach angebotenen Diensten, technischen Grundlagen, Einsatz.

5.1.3 Klassifikation, Ausgewählte Netze (Beispiel) und Evolution

Klassifikation: Taxonometrie siehe Kap. 3, Abbildung 3.04

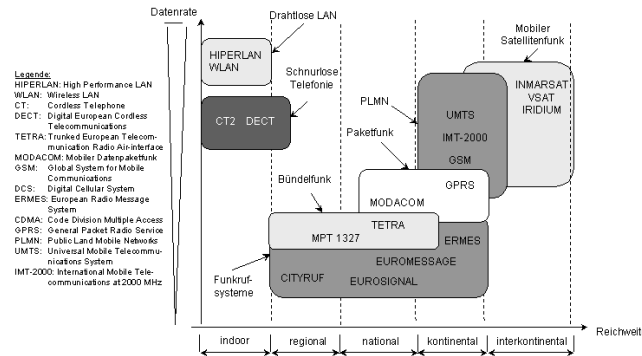


Abbildung 5.2: Typen von Mobilfunksystemen

Öffentliche zellulare Mobilfunksysteme:

Es sind Mobilfunknetze (MFN), die den Fernsprechkreis leitungsgebundener Netze flächendeckend auf mobile Teilnehmer ausdehnen (Zellularstruktur). Ältere MFN: reine Sprachübertragung, analoge Übertragungstechnik. In Deutschland: A-, B-, C-Netze (C-Netz bis 1996, auch Datendienste). 1996: Ablösung durch digitale MFN (D/E-Netze, MFN 2G) nach ETSI-Standards GSM bzw. DCS1800. Ausrichtung auf "Verlängerung" des ISDN-Netzes. Erweiterung (Pakettechnik, HSCSD): GPRS (Paketdatenfunk, MFN 2.5G) ~> EDGE.

Ab 2003: Inbetriebnahme der MFN 3G in Europa: ETSI/UMTS (gehörig zur Familie der IMT-2000-Standards der ITU-R).

Bündelfunksysteme:

Ursprung: Betriebsfunk. Digitales, zelluläres MFN. Standard: TETRA. Privater Dienst in geschlossenen Benutzergruppen (z.B. Unternehmen mit mobilen Außendienstmitarbeitern). Optimiert auf kommerzielle Anwendungen. Gruppenrufe mögl. Durch Sendeleistung der Feststation örtlich begrenzter Bereich zur Sprach- u/o. Datenübertragung über Halbduplexkanäle zwischen Zentrale und mobilen Teilnehmern.

Funkrufsystem:

Gezielter Anruf von Teilnehmern mit taschenrechnergroßen Empfängern (Pager). Mitteilung eines Signals oder Kurznachricht. Teilnehmer kann Ruf nur empfangen, aber nicht antworten (Paging, unidirektional). Standard: ERMES.

Schnurlose Telefon (cordless telephone):

Schnurlose Verlängerung des ISDN-Netzes. Standards: DECT, PHS, IS.134. Ersetzen des Kabels zwischen Fernsprechgerät und Hörer durch Funkstrecke. Auch als W-LAN nutzbar, aber deutlich geringere Übertragungsleistung. Funkverbindung bis 300 m (outdoor) bzw. 50 m (indoor).

Drahtlose lokale Funknetze:

Erweiterung des Festnetzbereichs lokaler Netze bzw. Einrichtung von ad-hoc-Netzen.

Standards: WLAN (IEEE 802.11 und ETSI/HIPERLAN), W-ATM, HomeRF.

Drahtloser Anschluss über W-LAN (Access Point) an Internet / WWW (WAP, i-Mode).

Nahbereichsverbindung:

Drahtloser Anschluss von portablen Computern bzw. peripheren Endgeräten. Einsatz als Raum- bzw. Heimnetze. (WPAN: Wireless Personal Area Network)

Technische Realisierungen:

- Infrarot (IrDA): 0,115 Mbit/s (SIR), 4 Mbit/s (FIR), 16 Mbit/s (VFIR),
- Bluetooth (1 Mbit/s, 2.4 GHz; Erweiterung auf 2 Mbit/s),
- RFID, Feldfunk (NFC), UWB, Sensornetze.

Satellitensysteme für mobile Nachrichtenkommunikation:

Basis: Satellitenkommunikation (Aloha, slotted Aloha)

- GEOS: 3 geostationäre Satelliten, 36 000 km Höhe. Übertragung von TV und Telefongesprächen und Schiffskommunikation. Einsatz im System Inmarsat und WAAS (GPS-Korrekturdaten).
- LEOS: i.d.R. 70 Satelliten, Projektion eines Zellenbereiches auf Erdoberfläche. Individuelle Kommunikation (z.B. System Iridium, Konkurrenz terrestrischer MFN) Handhelds (i.d.R. Dualmode-fähig, z.B. Motorola-Handhelds).

Beispiele ausgewählter Mobilfunksysteme (Zellularfunknetze)

Analoge Zellularfunknetze

Zellular-Prinzip

Leitungsvermittlung (Kanalvermittlung vs. Paketvermittlung), Frequenzmultiplexing. Raum-Multiplexing ~> Wiederverwendbarkeit der Funkfrequenzen, Home & Visitor Location Register (Mobilitätsverwaltung), Wichtigster Dienst: Sprachübertragung (Telefonie).

Dienste

Handover: automatisches Weiterreichen der Netzverbindung bei Zellenwechsel, Roaming: Auffinden der Teilnehmer, Mobilitätsverwaltung: DB-Funktionalität, Interworking-Funktionen.

Bekannte Netze

AMPS: Advanced Mobile Phone System (USA, Kanada), NMT: Nordic Mobile Telephone (Skandinavien), JPS: Japanese Personal System (Fernost), Öffentlicher beweglicher Landfunk (öbl) in Deutschland: A-, B-, C-Netze.

Digitale Zellularfunknetze

Entwicklung europäischer Standards für digitale drahtlose Übertragungssysteme. Ab 1990 Mobilfunk zum Massenmarkt, portable Mobilfunkgeräte (Handy): i.w. leistungsstarker Signalprozessor (DSP).

Auf DSP sind alle für Senden und Empfangen erforderlichen Algorithmen der Übertragungstechnik und elektrischen Signalverarbeitung implementiert. Technische Fortschritte in Signal-Modulation, Synchronisation, Kanalcodierung, Kanalverzerrung (d.h. Empfängertechnik für zuverlässigen Empfang über Funkkanal auch bei hoher Bewegungsgeschwindigkeit). Entwicklung von Diensten und Protokollen, Multiplexfunktionen, intelligenten Netzen. Mobilfunknetze als Zellularsystem nach ETSI-Standard, sog. 2. Generation MFN: GSM (Global System for Mobile Communications), DCS1800 (Digital Cellular System). Sprachkommunikation, Datendienste (SMS, Fax), mobiler Internet-Zugang.

Daneben: Funkruf, Bündelfunk, DECT, WLAN, Breitbandfunk, Satellitenfunk. Zielstellung für MFN 3G: Integration aller in einem dienste integrierenden Netz: UMTS.

Große Akzeptanz des GSM ~> planungsgemäß weiterentwickelt. Nach Einführung des Dienstes für hochratige *kanalvermittelte Datenübertragung* HSCSD (*High Speed Circuit Switched Data*) ~> Bereitstellung des Paketdatenfunkdienstes GPRS (*General Packet Radio Service*), in DE ab 2. Hälfte 2000. Nutzung der Netzinfrastruktur des GSM-Netzes. Hohe Bedeutung für mobilen Internet-Zugang, Gebühr gemäß Übertragungsvolumen.

Fähigkeit GSM zur Datenübertragung für Multimedia-Anwendungen durch die Standardisierung der EDGE-Funkschnittstelle (*Enhanced Data Service for GSM Evolution*) für erfolgreichen Wettbewerb in Europa mit Mobilfunksystemen der 3. Generation gesteigert.

Mobilfunknetze der 3. Generation (ab 2003/04):

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) / ETSI bzw. IMT-2000 (International Mobile Telecommunications, früher FPLMTS) / ITU. Von Mobilfunksystemen der 3. Generation vor allem UMTS in Europa von Bedeutung, da Regulierungsbehörden erhebliche neue Bänder im Spektrum vorgesehen haben. Standardisierung von UMTS, Phase 1 (Wideband CDMA), in Abstimmung mit den weltweiten Projekten zur Standardisierung von MFN der 3. Generation (3GPP) im Spätherbst 1999 abgeschlossen. Phase 2 auch Time-Division-CDMA, beide interoperabel. Von ETSI bei ITU als Standards eingereicht: UMTS und EDGE.

Aufbau von UMTS-Netzen in Deutschland ab 2003/04, u.a. in Berlin, Hannover, Rosenheim. 2006 weltweit ca. 80 UMTS-Netze, davon ca. 60 in Europa. (12/2006). Betreiber in DE: T-Online, Vodafone, Debitel, O2; insges. 2,3 Mill. Nutzer. Nutzung Paketfunktechnik GPRS, ab 2006 Ergänzung durch HSDPA (1,8 ... 7,2 Mbit/s).

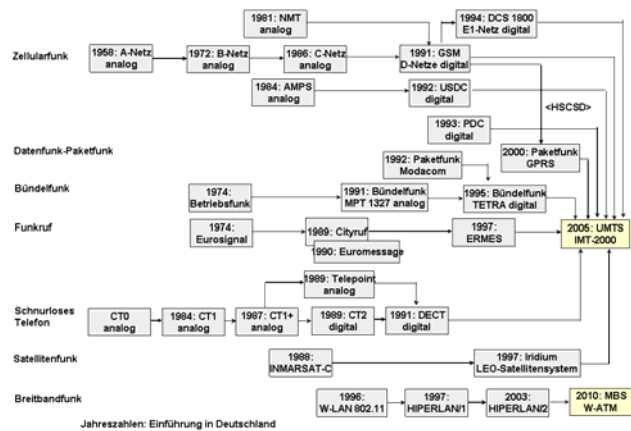


Abbildung 5.3: Evolution der Mobilfunksysteme

5.2 Bestehende und einzuführende Netze und Dienste

5.2.1 Zellularfunknetze, WLAN, Satellitenfunk, Nahbereichsfunk

Überblick über weltweite Standards von Mobilfunknetzen

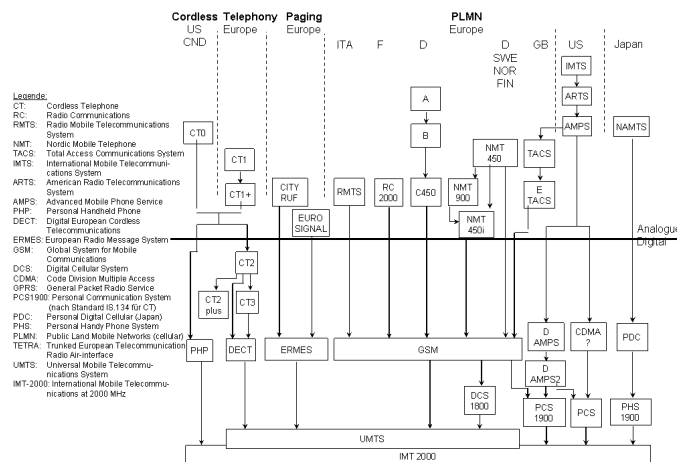


Abbildung 5.4: Überblick über weltweite Standards von Mobilfunknetzen

Zellularfunknetze: MFN 2G (D-/E-Netze)

Einführung der zellularen Mobilfunknetze der 2. Generation (MFN 2G):

- Netze D1 (DeTeMobil/T-Mobile) u. D2 (Mannesmann Mobilfunk, Vodafone/Airtouch),

Basis GSM900, in 2000 je 3,0 Mio. Teilnehmern (GSM800 in USA), und

- Netze E1 (E-Plus) und E2 (Viag Interkom, O2), Basis DCS1800 ~> in UK: PCN.

Damit zwar wesentliche Entwicklungsschritte, aber diese Netze nur als „Verlängerung“ des ISDN in den mobilen Bereich konzipiert, und sie lösen diese Aufgabe nur eingeschränkt: anstelle zweier B-Kanäle pro Teilnehmer steht nur einer zur Verfügung, mit erheblich kleinerer Nutzdatenrate (13 / 6,5 kbit/s für Sprache, 9,6 kbit/s für Daten). ISDN-D-Kanal (Signalsierkanal) ist ebenfalls unvollständig abgebildet: ein X.25 Paketdienst (X.31) auf dem D_m-Kanal ist im GSM nicht möglich. Der beim ISDN verfügbare Primärratenanschluss (2,048 Mbit/s) ist nicht vorhanden. Ähnliche Situation für Wettbewerber-Systeme in den USA und Japan

Zellularfunknetze: MFN 2G / 2.5G

Neue Konzepte für Zellulernetze (UMTS, IMT-2000, Spread Spektrum CDMA) und Anforderungen zur besseren Unterstützung mobiler Bild- und Datendienste
~> Weiterentwicklung bestehender 2G-Systeme GSM900 / DCS1800.

Nachfrage nach ISDN-kompatiblen mobilen Datendiensten (64 kbit/s) erfordert zügige Weiterentwicklung der Funkschnittstelle ~> entsprechende Arbeiten bei ETSI GSM/2+ oder im EU-Projekt IST (Call 7bis für MFN 2,5G ... 3G). Beispiele:

- GPRS (General Packet Radio Service) für Multiplex-Datenübertragung vieler virtueller Verbindungen über einen oder mehrere Verkehrskanäle (TCH), Paketvermittlung,
- Mehrpunkt-, Sprach- und Datendienste (analog zum Bündelfunk),
- Höherbitratige Sprache und Dienste für Bilder und Daten über mehrere parallel genutzte Verkehrskanäle für einen Dienst bzw. alternativ dazu
Aufgabe der TDMA-Rahmenstruktur und Nutzung der 200 kHz Bandbreite je Träger (oder Vielfache davon) für einen oder mehrere Dienste gemeinsam (Kanalbündelung ~> HSCSD, High Speed Circuit Switched Data).
- Anwendung von Codespreizverfahren und Entwicklung zur effizienten Nutzung vorhandener Funkbetriebsmittel.

Intelligente Netze und Bündelfunk

Bedarfsgerechte Funkversorgung innerhalb von Gebäuden ist durch Zellulernetze unbefriedigend gelöst, und Planungswerkzeuge für die Funkausleuchtung und Algorithmen für die dynamische Kanalvergabe in hierarchischen Zellstrukturen sind noch wesentlich zu verbessern.

Organisation intelligenter Mobilfunknetze bezüglich Signalisierung, Datenerhaltung und Verteilung, Angebot (netzübergreifender) Mehrwertdienste, usw. z.T. noch in den Anfängen.

Ähnliche Problemstellungen wie bei GSM/DCS-Systemen werden auch für TETRA-basierte Bündelfunknetze erwartet, wobei für TETRA-Systeme zusätzlich Algorithmen und Protokolle für die direkte Kommunikation zwischen mobilen Stationen (*Direct Mode*) hinzuzukommen.

Standard TETRA: Truncated European Telecommunication Radio Air-interface.

DECT

Digitale Schnurlossysteme (CT: Cordless Telephone) gemäß DECT-Standard (ETSI). Breiter Einsatz als “kleine” Systeme (TNA: drahtlose Verlängerung Telefonanschluss) erobern nun als “große” Systeme zur teilweisen Abdeckung von Anwendungsbereichen größerer Nebenstellenanlagen den Markt (Datenübertragung). Standard: DECT: Digital Enhanced/European Cordless Telephone. Verdrängung analoger Vorläufersysteme (z.B. CT-1).

DECT-Systeme gut geeignet für mobile Anwendungen innerhalb von Gebäuden und in der näheren Umgebung der jeweiligen Feststation (bis ca. 300 m Entfernung outdoor).

Da nur Bruchteil der künftigen Mobilteilnehmer Kommunikationsdienste außerhalb von Ballungsgebieten nutzen wird, kann DECT als Persönliches Kommunikationssystem in dicht bebauter Umgebung viele Mobilfunkteilnehmer bei ausreichender Funkversorgung erreichen

und (bei Implementierung der Mobilitätsverwaltung) den Zellulernetzen erhebliche Konkurrenz machen ~> Einsatz für hot-spots.

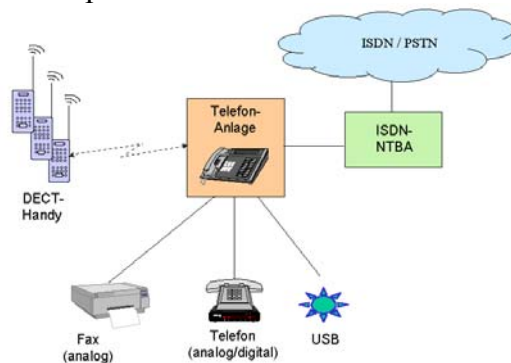


Abbildung 5.5: Anschlussbild DECT

Weitere Standards:

Personal Handyphone System in Japan (PHS),

PCS 1900 in USA (nach dem Standard IS.134).

Inhärente Stärke von DECT und PHS ist ihre Eignung für die gebäudeinterne Versorgung, aus der sich leicht auch die Versorgung außerhalb von Gebäuden ableitet. Aktuelle Standardisierungsaktivitäten für DECT outdoor Systeme, Druck der EU und Experimentieren der Zellulernetzbetreiber mit DECT-Systemen als Funkteilsystem im GSM/DCS-Netz (Konzeption von Zwei-Modi-Geräte GSM/DCS+DECT) lassen noch Entwicklungen erwarten (Massenmarkt). DECT-Systeme sind im Vergleich mit GSM freizügiger bezgl. der an der Funkschnittstelle möglichen Dienste und erlauben mehr Freiheitsgrade, z.B. Nutzung als Lokales Netz (LAN), hot-spot oder drahtlose Funkanschluss-technik (*Radio Local Loop*, RLL). Entsprechend vielfältige Anforderungen werden an die GSM900/DCS1800 internen Interworking-Funktionen gestellt, falls solche Dienste eingeführt werden (z.B. *Mobile Computing*).

In Ländern der 3. Welt wird mit Nachdruck daran gearbeitet, digitales Fernsprechen und schmalbandige Datenübertragung in der Fläche verfügbar zu machen. Mangels verdrahteter Infrastruktur wird auf Schnurlossysteme wie DECT (Digital Enhanced Cordless Telephone) bzw. PHS (Personal Handyphone System, Japan) zurückgegriffen.

Funkzugangsnetze (RLL: Radio in the Local Loop)

Abschaffung des Sprachdienstmonopols der Telekom AG ab Jan. 1998 führte zum Ausbau von bisher nur firmenintern genutzten Netzen (*Corporate Networks*) für die Bedienung von Großkunden und aller günstig gelegenen Firmen- und Privatkunden durch neue Netzbetreiber (z.T. auch unter Nutzung von gemieteten Übertragungswegen der Telekom).

Zielstellung: Funknetze als *Bypass des verdrahteten Ortsnetzes* (Zugang ISDN, PSTN). Somit Entwicklung und Einrichtung lokaler Zellularfunknetze auf Basis von Punkt-zu-Mehrpunkt Richtfunk bzw. ortsfestem Funkteilnehmeranschluss, die ISDN-Basis- und Primärmultiplex-Schnittstellen anbieten und als Zugangsnetz zu Festnetzen (Radio in the Local Loop, RLL) der Telekom-Wettbewerber fungieren. GSM und DCS dafür nur eingeschränkt geeignet, da Übertragungsraten deutlich kleiner als bei ISDN. DECT kann im Mehrkanalbetrieb ISDN-Schnittstellen anbieten, entsprechende Standards wurden 1996 erstellt. Lokale Zellulernetze sind eng mit GSM/DCS und DECT verwandt, bedürfen jedoch weiterer Entwicklungsarbeiten, um frequenzökonomisch und kostengünstig zu wirken.

Neben zellularen Netzen mit einer sektoriell oder radial versorgten Fläche im Bereich der Basisstation werden auch Ketten von Basisstationen (DECT-Relais) und baumartige Anordnungen von Richtfunkstrecken (ausgehend vom Festnetzzugang) für den Ortsnetzbereich erwartet, um die "letzte Meile" zwischen Festnetzen und Kunden zu überbrücken. Dafür kommen dasselbe zellular genutzte Frequenzband (z.B. bei DECT) oder öffentliche Richtfunkbänder (z.B. 2,5 / 3,4 / 10 / 23 / 27 / 38 GHz) in Frage.

Alle o.g. Systeme stellen erhebliche und z.T. neue Anforderung an Funknetzplanung, an Verfahren zur dynamischen Kanalvergabe und hierarchische Zellstrukturen, für die flexibel einsetzbare Lösungen gefunden werden müssen. Infolge Deregulierung der Telekom AG ist Deutschland weltweit in der Telekommunikation ein großer Markt, in dem starke Veränderungen erfolgen. RLL-Technologie wird zuerst von Großbritannien und Deutschland aus entwickelt und erprobt werden und sich danach europaweit ausdehnen mit entsprechenden Exportchancen in andere Kontinente.

Wireless Local Area Networks (WLAN)

Aussichtsreiche breitbandige Netzinfrastruktur im lokalen Bereich (LAN, MAN) auf Basis der neuen Wireless LAN-Technologie (WLAN). Erfolg des Internets und Anforderung nach Entwicklung und Einführung von Systemen für den breitbandigen funkgestützten Zugang zum Internet im Nahbereich (ca. 100 m) führten zu zwei wichtigen neuen WLAN-Systemen (standardisiert und eingeführt):

- IEEE 802.11a: *drahtloses Ethernet* mit hoher Übertragungsrate (2, 11, 54 Mbit/s) (weitere Versionen 802.11 b ... h) und
- HIPERLAN/1 bzw. /2 als drahtlose LANs (*Wireless Local Area Network*).

Standardisierung abgeschlossen, Produkte verfügbar und einsatzfähig:

- WLAN auf Basis des Standards IEEE 802.11a...h: breite Nutzungsakzeptanz,
- WLAN auf Basis des Standards ETSI HIPERLAN: Einsatz für UMTS-Zugangsnetz.

Weitere WLAN:

- W-ATM (ATM-Technologie -> IP, 100 Mbit/s),
- HomeRF (drahtlose Verkabelung im Bereich der Heimelektronik bzw. Heimnetz).

Für Internet-Anwendungen, die heute in vielen Fällen über ein lokales Netz (LAN) erreicht werden, besteht Bedarf für den drahtlosen Anschluss bewegbarer Arbeitsplatzrechner, um Flexibilität bezügl. Raum und Aufstellungsort zu erreichen ~> Aufbau sog. hot-spots.

Bisher in WLAN sog. ein-hop Lösungen ermöglicht, die bei den vorgesehenen Frequenzen 2,4 / 5,3 / 40 / 60 GHz tendenziell je versorgten Raum eine Basisstation mit Anschluss an ein Festnetz (z.B. LAN) voraussetzen. Hier Weiterentwicklungen zur Einsparung von Kabeln möglich und notwendig. Da solche Netze vergleichbare Datenübertragungsraten wie LANs ermöglichen (typisch 20 Mbit/s), sind sie als Ersatz für LANs und weniger zur Unterstützung neuer Multimedia-Dienste geeignet. Letztere stellen Echtzeitforderungen an Übertragungssystem, die vom Internet prinzipiell nicht oder erst nach erheblicher Weiterentwicklung unterstützt werden können.

Wireless Personal Area Networks (WPAN)

Einsatz für kabellose Nahverbindung (PC <-> Peripherie). Aufbau von lokalen Funknetzen bis hin zu sich automatisch konfigurierenden Heim-/Raumnetzen bzw. körpernahen Netzen (~> Wireless Personal Area Networks, WPAN). Raumnetze verkörpern die lokale Nahbereichskommunikation. Reichweite: ca. 1 – 10 m. Hauptvertreter:

- * IR-Netze (Infrarot, Standard IrDA): 115 kbit/s (SIR), 4 Mbit/s (FIR), 16 Mbit/s (VFIR), Lichteigenschaften (Durchdringung, Beugung), Abhörsicherheit.
- * Bluetooth-Netze: Funkübertragung (lizenzfreies 2.4 GHz-Band), 1 Mbit/s (~> 2 Mbit/s), Überschneidung mit IEEE 802.11.

Außer beweglichen Stationen können auch mobile Endgeräte im Nahkommunikationsbereich (0,5 ... 10 m) unterstützt werden. Neben Funk werden zur Nahbereichsverbindung für drahtlose LANs auch Medien wie Infrarot, Bluetooth oder Licht eingesetzt ~> Raumnetze, WPAN: Wireless Personal Area Networks. Einsatz bei der schnurlosen Anbindung von Endgeräten, wie Maus, Drucker <-> PC, Verbindung Organizer <-> PC, Digitalkamera <-> Notebook, „Gesundheitshemd“. Einsatz auch in Inhouse-Positionierungssystemen.

Weitere Funkbasierte Systeme: Zigbee, NanoNet, UWB. Identifikationssysteme: RFID, NFC.

mobiles Internet-Protokoll

Mobilität /Beweglichkeit von Endgeräten stellt neue Forderungen an Internet-Protokolle ~> erheblicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf, um bestehende Vorschläge für ein mobiles Internet-Protokoll (mobile IP, cellular IP) zu bewerten bzw. verbessern. Wichtiges Problem bei mobile IP: Adressierung mobiler Teilnehmer bei Zellwechsel

~> dynamische Vergabe von IP-Adressen bei Zellwechsel (z.B. DHCP) bzw.

~> Gestaltung mobile IP-Protokoll (Columbia-Proposal): Handover (Heim/Fremdagent).

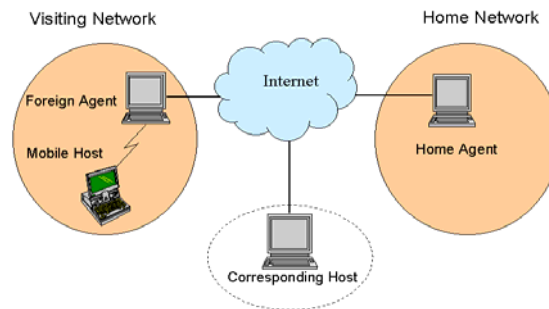


Abbildung 5.6: mobiles Internet-Protokoll

Anmerkung: zukünftig werden zunehmend Internet-Protokolle von Endgeräten an Fest- und Mobilfunknetzen benutzt. Arbeiten zu mobile IP somit auch für die zellularen, schnurlosen und anderen Mobilfunknetze von Bedeutung.

Drahtlose Netze für die Prozessautomatisierung

Anwendungsbereich reif für die Einführung drahtloser Kommunikationssysteme, da die bestehenden drahtgebundenen Netze überwiegend firmenspezifische Lösungen sind und die Anwender *offene Kommunikations-architekturen* fordern. Hier steht ein Umbruch bevor, der auch offenen funkbasierten Systemen neue Möglichkeiten schafft.

Die spezielle industrielle Umgebung stellt an die Übertragungstechnik und die Protokolle spezifische Anforderungen, die nicht einfach durch die anderen bestehenden Systeme (GSM, DECT, TETRA, ...) abgedeckt werden können. Charakteristisch für neue drahtlose Kommunikationssysteme der Prozessautomatisierung wird sein, dass Standard-PCs und LAN-Verbindungstechnik, ergänzt um drahtlose Anschlussstechnik, bestehende Lösungen auf der Basis Speicherprogrammierter Steuerungen (SPS) verdrängen werden.

Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)

UMTS: Mobilfunknetz der sog. 3. Generation (MFN 3G): soll höhere Leistung und einen einheitlichen Funkzugang erbringen (analog ISDN). Aus Sicht der Gruppe MoU UMTS (*Memorandum of Understanding for the Introduction of UMTS*) ist die Förderung von Evolutionsätzen für bestehende Systeme und ihre Integration in bestehende Systeme und Netze erstrebenswert, auch wenn die technische Realisierung kostspielig ist. Engpass bestehender Mobilkommunikationssysteme ist die verfügbare Bitrate, die für neue zukünftige Anwendungen nicht ausreicht und flexibel nach Bedarf zugeteilt werden sollte. UMTS wurde zuerst weniger als völlig neues System sondern eher als Weiterentwicklung des GSM entwickelt (*UMTS Phase 1*, Wideband CDMA): Kompatibilität von UMTS zu GSM als vordringliches Ziel gesehen ~> erreicht durch sog. Multimode Terminals. Stärkere Abkehr von GSM in Weiterentwicklung *UMTS Phase 2* (Time Division CDMA). Aufbau von Testbeds ab 2003 (u.a. Berlin, Hannover, Rosenheim), Regelbetrieb ab 2004. 2006: weltweit ca. 80 UMTS-Netze (60 in Europa). DE: T-Mobile, Vodafone, E-Plus, O2.

Aufrüstung UMTS mittels HSDPA (High Speed Downlink Packet Access), sog. Broadband-UMTS oder Turbo-UMTS (Vodafone): 2006 1,8 Mbit/s ~> später 7,2 Mbit/s.

Wireless ATM (W-ATM)

Die erweiterte Einführung und zunehmende Nutzung von Breitbanddiensten über auf ATM-Übertragungstechnik basierenden Glasfasernetzen (Breitband-ISDN) mit Übertragungsraten 34 (E3), 155, 622 und 2488 Mbit/s sowie SDH/WDM-basierter optischer Netze mit >2,5 Gbit/s erfordert die breitbandige Anschlussmöglichkeit beweglicher bzw. mobiler Endgeräte über ein mobiles Breitbandsystem (ähnlich wie GSM/DCS bzgl. des Schmalband-ISDN). Der technologische Stand ab Jahr 2000 erlaubt die Realisierung funkgestützter, zellularer, mobiler Breitbandsysteme mit 34 Mbit/s Nutzdatenrate (später sollen 100 Mbit/s erreicht werden). Forschungsarbeiten seit 1996 im ACTS-Programm der EU (Advanced Communication Technologies and Services) betrieben, Fortführung im IST-Programm. Im Unterschied zu den drahtlosen WAN handelt es sich hier um echtzeitfähige, auf ATM-Zellübertragung beruhende Wireless-ATM Systeme (AAL Layer 2), die logisch am ehesten mit DECT (bezogen auf ISDN) vergleichbar sind.

Sobald ATM-Netze (echtzeitfähig) bis zum Terminal geführt sind, müssen die Anwendungen vieler Internet-Protokolle überdacht werden, die für heterogene, fehlerbehaftete, nicht-echtzeitfähige Netze bzw. Dienste entwickelt worden sind. Die Einführung drahtloser Breitbandsysteme erfordert erhebliche Anstrengungen in allen genannten Bereichen ~> noch einige Jahre Arbeit erforderlich. ETSI/RES10 entwickelt seit 1996 W-ATM Standards für RLL, Funk-LANs und Zellularsysteme. ATM-Forum entwickelt seit 1996 Protokolle zur Mobilitätsverwaltung im ATM-Netz. Wegen der hohen erforderlichen Frequenzbandbreite sind Trägerfrequenzen von 40 / 60 GHz vorgesehen. Daneben werden für die Einführungsphase Systeme bei 5,3 und 17 GHz erwartet. Trend: Ersetzen ATM ~> IP („all IP“).

Mobiler Satellitenfunk

Geostationäre Satelliten (GEO: *Geostationary Earth Orbit*, 36 000 km Höhe) bevorzugt zur Versorgung langsam beweglicher Stationen (z.B. Schiff) geeignet, weil die Empfangsantennen dämpfungsbedingt sehr groß sein müssen. Verschiedene Firmengruppen planen und implementieren weltweite Mobilfunknetze auf Basis niedrig (700-1700 km Höhe, LEO, *Low Earth Orbit*) bzw. mittelhoch fliegender (10-16 Tkm, ICO, *Intermediate Circular Orbit*) Satelliten. Angestrebt wird, bei 1,6 GHz eine Funkausleuchtung für handportable Satellitenempfänger (Gewicht 400 g) zu garantieren. Obwohl solche Systeme primär zur Versorgung ländlicher und vorstädtischer Gebiete geeignet sind, deuten Planungen darauf hin, dass eine flächendeckende Versorgung mit hoher Kapazität auch für die mit erdgebundenen Zellularnetzen gut versorgten Gebiete angestrebt wird. Damit sind neben Entwicklung und Bewertung solcher Systeme auch Fragen der Kooperation mit terrestrischen Mobilfunk- und Festnetzen zu bearbeiten.

5.2.2 Universal Personal Telecommunication

Intelligente Netze und UPT

Neben funk- und übertragungsspezifischen Funktionen erfordert die Mobilkommunikation spezielle Dienste im Festnetz. Mobilfunksysteme haben i.d.R. einen Funk- und einen Festnetzanteil. Die Mobilitätsverwaltung von Teilnehmern wird im wesentlichen durch Funktionen im Festnetz realisiert, die sich auf dafür entwickelte Funktionen des Signalisierungssystems stützen. Dazu für Festnetze die Architekturen des Intelligenten Netzes (*Intelligent Network, IN*) und die universelle persönliche Kommunikation (*Universal Personal Telecommunication, UPT*) weltweit entwickelt und bei ITU-T standardisiert. Dann wird man weltweit unter einer persönlichen Rufnummer erreichbar sein, für alle Dienste, an Fest- und Mobilfunknetzen, unabhängig vom Netzdiensteanbieter. Zum Erzielen von Vorteilen und Vermeiden möglicher Nachteile ist vorgesehen, dass jeder Teilnehmer situationspezifisch steuert, für welche Teilnehmer und über welche Dienste er zur Zeit erreichbar sein möchte und was mit den übrigen Rufen bzw. eingehenden Nachrichten geschieht (Rollenkonzept). Alle nicht

zum Teilnehmer durchgeschalteten Dienste werden nach seiner Vorgabe behandelt, z.B. in der Dienstform gewandelt, in einen Speicher geleitet oder an Dritte verwiesen. Weiterhin sind Arbeiten für die zukünftige sog. Telecommunication Information Network Architecture (TINA), die durch ein internationales Firmen-Konsortium TINA-C entwickelt wird, um die Flexibilität der Nutzung von Kommunikationsnetzen weiter zu steigern.

5.3 Technische Aspekte und historische Entwicklung

5.3.1 Technische Entwicklungen

Smart Antenna Arrays (1)

Effizienzsteigerung [$\frac{\text{bit/s}}{\text{MHz} \cdot \text{km}^2}$] durch sog. intelligente Antennen (Smart Antenna Arrays). Einsatz zunächst für Festnetzstationen eines Zellularnetzes.

Array-Gewinn durch adaptive Formung des *Antennendiagramms*: Vergrößerung Reichweite (Zellradius) und Sendeleistung (Interferenz), ermöglicht dynamische, richtfunkartige Punkt-zu-Mehrpunkt-Mobilkommunikation.

Verringerung der Sendeleistung u./o. Vergrößerung der Reichweite erlaubt Realisierung eines echten *räumlichen Vielfachzugriffs* (Space Division Multiple Access, SDMA). Damit Ergänzung zu den etablierten Time und Frequency Division Multiple Access (TDMA / FDMA) und zum Codevielfachzugriff (Code Division Multiple Access, CDMA).

Funktion: Gruppenantenne (Antenna Array) empfängt die Signale mehrerer Teilnehmer, die den gleichen Zeit-/ Frequenz-/ Code-Kanal benutzen (SDMA-Gewinn) und ermittelt daraus die räumliche Richtung der empfangenen Signale (Directions of Arrival, DoA). Mittels Richtungsinformationen kann nun die Datendetektion in Aufwärtsstrecke (*Uplink*) und die Strahlformung in Abwärtsrichtung (*Downlink*) durchgeführt werden.

Aufgabenstellungen in Forschung: Entwicklung der Gruppenantennen, Sende- und Empfangsteile (Frontends), Algorithmen zur Verarbeitung der Signale, Richtungs-basierte Teilnehmer-trennung --> intelligente (dynamische) Kanalzuweisung.

Protokolle der Funkschnittstellen sind an bestehende MFN anzupassen. Optimierung der Funkbetriebsmittelverwaltung, insbes. Kanalzuweisung in Zelle und über Zellgrenzen, unabhängig vom Typ des eingesetzten Grundsystems FDMA/TDMA-Typ (GSM), CDMA-Typ (IS-95, IMT-2000) oder hybrider Typ (UMTS).

Weitere technische Entwicklungen für Zellularfunknetze

Weitere Aufgaben bei Entwicklung zellularer MFN in den Nachfolge-Generationen zu GSM900 / DCS1800 bzw. UMTS:

- * Erarbeitung und Evaluierung effizienter Richtungsschätzungsalgorithmen,
- * Einsatzmöglichkeiten intelligenter Antennen in mobilen Endeinrichtungen,
- * Nahbereichfeldverlauf und EMVU-Auswirkungen,
- * Anforderungen und Entwurf von Systemmanagement-Protokollen,
- * Verifizierung des theoretischen Gewinns durch praktische Feldtests,
- * Ausbau der GSM/GPRS- bzw. EGDE-Infrastruktur,
- * Planung, Aufbau, Einmessung der UMTS-Infrastruktur, Probetrieb (Testbeds), Überführung in Regelbetrieb, Flächendeckung im Ausbau in Europa und Deutschland.
- * Entwicklung und Einsatz LBS (Local Based Services) durch Positionierungsdaten.

5.3.2 Weitere Aspekte

Dynamische Kanalvergabe und Mehrfachnutzung des Frequenzspektrums

Dynamische Kanalvergabe: intelligente Methode zur Vergabe von Funkbetriebsmitteln bei drahtloser Kommunikation zwischen Mobilgerät und Basisstation. Dadurch Kapazität des ETSI/DECT-System (standardisierte dynamische Kanalvergabe) gegenüber ETSI/DCS1800

(feste Kanalvergabe) in Gebäuden um Größenordnung kostenkünstig steigerbar. Dynamische Kanalvergabe erlaubt in vorhandenen Frequenzbereichen mehrere gleichzeitige Kommunikationsverbindungen, angewandt bei GSM900 / DCS1800.

Knappheit des Frequenzspektrums ~> FCC (Federal Communications Commission, USA) und BMPT/BAPT (Bundesministerium für Post und Telekommunikation / Bundesamt für Post und Telekommunikation, DE) nehmen erste Zuweisungen für gemeinsame Nutzung desselben Frequenzspektrums für öffentliche Mobilfunkdienste vor. Somit Verbesserung der Spektrumseffizienz durch konkurrierende Nutzung desselben Frequenzbandes.

Selbstorganisierende Systeme

Funkanwendungen mit hoher lokaler Dichte von drahtlos kommunizierenden Stationen, die in Frequenzbändern oberhalb 5 GHz betrieben werden und deshalb Sichtverbindung zwischen den Stationen benötigen, arbeiten vorteilhaft mit dezentralen Organisationsformen (mit Verzicht auf zentralisierte Basisstationen). Sog. Adhoc Netze - wesentliches Merkmal: völlige dezentrale Selbstorganisation. Weitere Kennzeichen solcher Systeme:

- Einsatz einiger oder aller Stationen als Relais auf einer multihop Route,
- Unterstützung synchroner und asynchroner Übertragungsdienste, wie ISDN und LAN,
- selbständige Routenwahl und Aufnahme/Abmeldung von Stationen (dezentral),
- Ausstattung mit Übergangsstationen zur Verbindung mit dem Festnetz,
- dezentrales Netzmanagement,
- örtliche Beschränkung auf Bereiche mit beispielsweise wenigen km Durchmesser,
- dynamische Wiederverwendung der Funkfrequenzen nach dem Zellularprinzip.

Diese Systeme benötigen mehrere Funkabschnitte für jede Kommunikationsbeziehung, belasten somit das Spektrum stärker als konventionelle (mobile) Funkssysteme, die nur einen Funkabschnitt pro Kommunikationsbeziehung benötigen. Dazu sind multihop Systeme auf kapazitätssteigernde Maßnahmen wie adaptive Antennen und den Einsatz des SDMA-Verfahrens im Raummultiplex angewiesen, um vergleichbar effizient zu sein.

Elektromagnetische Umweltverträglichkeitsuntersuchungen (EMUV)

Herkömmliche Mobilfunksysteme verwenden rundstrahlende Antennen, wodurch die Umwelt entsprechend durch elektromagnetische Wellen belastet wird („Elektrosmog“). Intelligente Antennen lenken die Sendeleistung gezielt auf den Empfänger, wobei verglichen mit rundstrahlenden Antennen bei gleicher Reichweite die Sendeleistung erheblich reduziert werden kann. Beeinflussung von biologischen Systemen durch elektromagnetische Wellen wird z.Zt. wissenschaftlich untersucht und soll bei der Entwicklung neuer Technologien für Mobilfunksysteme berücksichtigt. Erste Erkenntnis: weniger Beeinflussung als befürchtet. Langzeituntersuchungen in 2006 prognostizieren Hirntumorrisiko (sog. Gliome).

Probleme: Multimillionen-Teilnehmersysteme, Kanalvermittlung (Sprache) und Paketvermittlung (Daten), Nutzerverwaltung, Beherrschbarkeit, IP-Dienste

5.3.3 Historische Entwicklung

Beginn 1843 mit Bewilligung der ersten Versuchsstrecke für Morsetelegraphie entlang eines Schienenweges zw. Washington und Baltimore durch den amerikanischen Kongress. Sprachübertragung erst mit der Erfindung des Telefon durch *Reiss* 1861 bzw. *Bell* 1876 möglich.

1879 *Hughes* führte der Akademie der Naturwissenschaften das Phänomen der elektromagnetischen Wellen vor. *Hughes* Ergebnisse verworfen.

1881 Das erste öffentliche Telefonnetz in Berlin errichtet. Punkt-zu-Punkt Sprachübertragung mit Hilfe des *Fräuleins vom Amt* (ursprünglich Vermittlungsbeamten).

Während des 20. Jahrhunderts wurden Telefonnetze eingeführt, mit automatischen Vermittlungen versehen und zu regionalen, nationalen und schließlich weltweiten Netzen erweitert. Das Telefonieren wurde Teil des täglichen Lebens, allerdings beschränkt auf feste Drahtnetze.

- 1888 **Hertz** konnte erfolgreich die Maxwell'sche Theorie reproduzierbar bestätigen: ein vom Oszillator als Sender erzeugter Funken erzeugte bei einem Empfänger in der Nähe eine Spannung. In 90er Jahren erhöhte **Tesla** die überbrückbare Entfernung.
- 1897 **Marconi** entwickelte das erste System für drahtlose telegraphische Übertragung über *große Entfernungen*. Morsetaste erzeugte Funken im Sender.
- 1901 **Marconi** gelang es, drahtlose Signale *über den Atlantik* zu übertragen. Sende- und Empfangsanlagen waren allerdings sehr groß, nur für feste Standorte geeignet.
- 1902 Militärisch genutztes Funkgerät der Firma *Telefunken* auf 2 Karren: ein Karren mit 3 kW Gasmotor. Auf anderem Karren war das Sende- und Empfangsgerät montiert.
- 1903 Erste Schiffe mit Funkanlagen ausgestattet, um Firmen und Militär die drahtlose Kommunikation zu ermöglichen. **Braun, Slaby** und **von Arco** entwickelten einen geschlossenen Resonanzkreis, der bessere Abstimmung auf eine Frequenz ermöglicht.
- 1906 Immer mehr Schiffe mit Funkanlagen ausgestattet. Auf 1. WARC bestimmte Frequenzbänder für verschiedene Dienste vergeben, um die gegenseitige Funkstörung zu begrenzen.
- 1910 Mit Erfindung der Triode durch **von Lieben** wurden die auf Funkenbildung basierenden Sender bald durch kleine und leichtere Geräte ersetzt.
- 1912 Auf 2. WARC wurde Nutzung der Frequenzbänder bis 3 MHz geregelt. Allerdings regulierte man in den folgenden Jahren zügig die kommerzielle Benutzung des Spektrums:
- | | | |
|-----------------|-------------------|------------------|
| 1927 bis 30 MHz | 1938 bis 200 MHz | 1959 bis 40 GHz |
| 1932 bis 60 MHz | 1947 bis 10,5 GHz | 1979 bis 275 GHz |
- nach 1945 Erste Sende- und Empfangsgeräte für private Anwender auf dem Markt, z.B. für Taxis. Basierten auf Elektronenröhren, konnten im Auto montiert werden (Kofferraum).
- 1952 In Deutschland von diesem Zeitpunkt an möglich, einen Teilnehmer mit mobilen Endgerät von einem Festnetzanschluss aus anzurufen.
- 1958 1. Öffentliches Mobilfunknetz (*Public Land Mobile Radio Network*, PLMN): das A-Netz in Deutschland.
- 1972 Einführung B-Netz in Deutschland, Österreich, Niederlande und Luxemburg. Es unterstützte vollautomatische Vermittlung von kommenden und gehenden Rufen der Mobilstation (MS) und das *Roaming* ("Umherstreifen") zwischen den vier beteiligten Ländern. Handover nicht unterstützt.
- 1986 Das C-Netz ergänzt das bestehende B-Netz. Erstmals wird das automatische unterbrechungsfreie Weiterreichen (*Handover*) eines mobilen Teilnehmers bei Wechsel der Funkversorgungszonen (Zellen) in Deutschland realisiert. C-Netz hat eine vollautomatische Mobilitätsverwaltung. Das Netz hatte 1996 noch ca. 600 000 Teilnehmer.
- 1992 Das D1-Netz wird nach dem europäischen ETSI/GSM-Standard eingeführt. Es überträgt digital und beseitigt die bis dahin bestehende Inkompabilität der national in Europa bestehenden Mobilfunknetze. Betreiber: T-Mobile (Deutsche Telekom AG).
- 1993 D2-Netz als flächendeckendes GSM-Netz in Deutschland in Betrieb genommen. Betreiber: Mannesmann Mobilfunk AG (später Vodafone/Airtouch).
- 1995 wird das E1-Netz nach ETSI/DCS1800-Standard als weiteres flächendeckendes Mobilfunknetz eröffnet. Betreiber: E-Plus Mobilfunk.
- 1997 wird Lizenz für den Betrieb eines DCS1800-Netzes E2 vergeben, das 75 % Flächen-deckung in Deutschland erreichen muss und 1998 in Betrieb geht. Betreiber: O2
- 1998 WAP-Forum (WAP: Wireless Application Protocol): Referenzmodell für mobilen Zugriff auf Internet / Web. Dazu entsprechende Datenstrukturen entwickelt, wie HDML (Handheld Device Markup Language), WML (Wireless Markup Language).
- 1999 Entwicklung des Verfahrens Bluetooth für drahtlose Kommunikation im Nahbereich (ca. 10 m) durch Ericsson u.a. nordische Firmen.
- 2000 Einführung des Datenpaketfunkdienstes GPRS (General Packet Radio Service) auf der Basis von GSM und *kanalvermittelter Datenübertragung* HSCSD (*High Speed Circuit Switched Data*).
- 2002 Inbetriebnahme des japanischen Portals i-MODE in DE.
- 2003/04 Nach Lizenzvergabe in 2000 werden MFN der 3. Generation UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) in Betrieb genommen. 2006 ca. 60 Netze in Deutschland
- 2006 Ergänzung UMTS durch HSDPA (High Speed Downlink Packet Access), 1.8 Mbit/s ..7.2 Mbit/s ab 2010 Inbetriebnahme breitbandiger Mobilfunksysteme (W-ATM, ca. 100 Mbit/s) geplant.
- Neben diesen Zellularsystemen auch andere Mobilfunksysteme erfolgreich eingeführt bzw. geplant, wie Funkruf, Bündelfunk, DECT, W-LAN, Breitbandfunk, Satellitenfunk.

6 Weitere landesweite Mobilfunksysteme

6.1 Öffentlicher beweglicher Landfunk (Überblick)

öbl (öffentlicher beweglicher Landfunk)

öbl: Amtliche Bezeichnung des Zellularfunks in Deutschland; Hauptvertreter der öbl. Seit Mitte 90er weitgehend privatisiert (u.a. T-Mobile, Vodafone, E-Plus, O2).

MFN-Standards: GSM, DCS (2G): Netze D1/2, E1/2, Dienste: Telefon, SMS, Telefax;
GPRS (2.5G): Dienste: Paketdatenfunk;
UMTS (3G), Erweiterung HSDPA: Dienste: Sprache, Daten, TV.

Daneben bestehen weitere Funkdienste für den allgemeinen Gebrauch:

- auf spezielle Anwendungen zugeschnitten,
- entstanden durch Ausweitung des Festnetz-Dienstangebotes auf den Funkbereich,
- landesweit (Flächendeckung).

Bekannte Systeme:

- Schnurlose Telefone (Cordless Telephone, CT): ETSI-Standard DECT
- Funkruf-Systeme (Paging): z.B. Cityruf, Standard ERMES
- Bündelfunk (Trunked Radio): z.B. Chekker-System, Standards: MPT 1327, TETRA
- Mobiler Satellitenfunk

Mobile lokale und Nahbereichskommunikation

Neben den zellularen Mobilfunknetzen (D / E / UMTS) existieren auch alternative mobile Formen als „schnurlose Endgeräte“ (cordless equipments). Diese ermöglichen eine eingeschränkte Mobilität um das private Haus, innerhalb einer Firma oder in Umgebung von Geschäfts- und Verkehrszentren.

Entwicklungen:

- Funk-Nebenstellenanlagen
- Funk-LAN's (wireless LAN, W-LAN): IEEE 802.11, HIPERLAN, Wimax
- Nahbereichsverbindungen (WPAN): Infrarot, Bluetooth, Zigbee, UWB
- Identifikationstechniken: RFID
- Sensornetze

6.2 Schnurlose Telefonie

Schnurlose Telefone (Cordless Telephone, CT)

Dienst i.d.R. im Bereich des Teilnehmerhauptanschlusses. Begrenzung der Reichweite einer Funkzelle auf einige hundert Meter (Betrieb, Haus), Nutzung schnurloser Telefone: genehmigungsfrei von jedermann mit häuslichem Telefonanschluss und ohne zusätzliche Gebühren.

Verbindet Fernsprechgerät und Hörer über Funk bis zu 300 m (outdoor) bzw. 50 m (indoor). Ortsfestes Endgerät als Feststation und Hörer als Mobilteil mit je einer Sende- und Empfangsstation ausgestattet.

Funkübertragung erfolgt nach dem Frequenzmultiplexverfahren mit analoger Modulation (Verfahren CT1, Telepoint) bzw. digitaler Modulation (Verfahren CT2, DECT).

Teilnehmer kann über den Mobilteil und seine Feststation Gespräche aufbauen bzw. ankommende Gespräche entgegennehmen.

Dienst im Bereich „öffentliches Fernsprechen“ standardisiert: ursprünglich Großbritannien. Deutschland: Feldversuch „Telepoint“ - Einsatz wegen fehlender Mobilitätsverwaltung als öffentlicher flächendeckender Dienst verworfen (nur abgehende Rufe möglich: von TN über den öffentlichen Fernsprecher in das Festnetz).

Übergang zur standardisierten Digitaltechnik DECT: Standardisierung durch ETSI. Einsatz als drahtlose Verlängerung des Telefonanschlusses, hot-spot für Mobilfunknutzung in Ballungsgebieten (Problem: Mobilitätsverwaltung), DECT-LAN.

DECT: Digital Enhanced (formerly European) Cordless Telecommunication

ETSI ist ein Standard (Entwicklung seit 1991) für ein digital im Zeitmultiplex auf 10 Frequenzen bei 1,89 GHz übertragendes schnurloses Telekommunikationssystem für Sprach- und Datenübertragung. Er ist auch für den breiten Einsatz bei Nebenstellenanlagen geeignet. DECT hat keine Mobilitätsverwaltung vorgesehen. Die Teilnehmer werden vorwiegend innerhalb von Gebäuden versorgt (außerhalb besser mit GSM, UMTS).

Ziel: Vereinigen beider Technologien in einem mobilen Handgerät. Bei der DECT-Standardisierung wurde bereits berücksichtigt, dass der beim GSM-System entwickelte Halbraten-Sprachcode (6,5 kbit/s Sprache) nach der Standardisierung (1994) benutzt werden kann. Bereits im Frühjahr 1992 wurde der Draft DECT Standard der Arbeitsgruppe STC RES-3 der ETSI verabschiedet.

DECT gehört zur 3. Generation schnurloser Mobilfunksysteme im Heimbereich. Dabei sind besonders die Anforderungen der Funkausbreitung im Gebäude berücksichtigt, wie geringe Reichweiten, starke Abschattung, heftige Interferenz durch Mehrwegeausbreitung und benachbarte Gleichkanalsysteme, hohe Benutzerdichten.

Das System ermöglicht die Übertragung digitaler Sprache und Daten. Der Frequenzbereich umfasst 1880 ... 1900 MHz und ist in 10 Frequenzbänder unterteilt, um nach dem FDM (Frequenz-Multiplex-Verfahren) mehreren Benutzern gleichzeitig Zugriff zu ermöglichen. Jeder Frequenzkanal enthält 24 gleichgroße, zyklisch auftretende Zeitschlitze, von denen zwei einer Verbindung zugeordnet werden. Entsprechend der Zyklusdauer liefert die periodische Belegung der Zeitschlitze eine Datenrate von 32 kbit/s pro Kanal für Duplexsprachübertragung. Die zu übertragende Sprache wird nach dem ADPCM-Verfahren (Adaptive Differential Pulse Code Modulation) codiert. Für Datenübertragung können Kanäle zusammengefasst werden, um höhere Datenraten zu erreichen. Durch Wechsel von duplex auf halb-duplex Übertragung sind einige hundert kbit/s je Mobilterminal erreichbar.

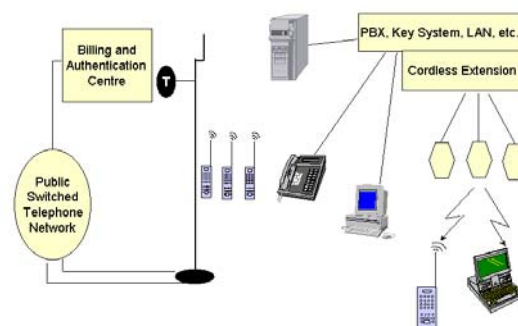


Abbildung 6.1: DECT Systemstruktur

Verschiedene Ausbaustufen von DECT-Installationen:

- Ein-Zellen-Systeme: Versorgungsbereich mit nur 1 Feststation abgedeckt
 - Wegen geringer Sendeleistung und hohen Dämpfung nur innerhalb Gebäude für privaten hausinternen Gebrauch gedacht.
 - Eignen sich auch für Telepoint-Systeme außer Haus.
- Mehr-Zellen-Systeme: erlauben DECT-Dienst auf größeren Flächen, z.B. mehrere Gebäude, Firmengelände (sog. "DECT"-LAN).

Standardisierte Kommunikationsprotokolle für DECT sind verfügbar (vergleichbar zum GSM), z.B. LAPC Protokoll (entspricht dem RLP von GSM: Radio Link Protocol).

Da eine DECT-Verbindung mehrere parallele Kanäle mit je 32 kbit/s umfassen kann, können bestimmte mobile Datenendgeräte gut unterstützt werden. DECT-System ist aber kein vollständiges drahtloses LAN; die dort üblichen Datenraten werden nicht erreicht.

6.3 Funkruf-Systeme (Paging)

Es sind Rundfunkeinrichtungen, wie Eurosignal, Cityruf, Euromessage (im Cityruf). Standard: ERMES, Endgeräte: Pager. Damit werden schmalbandige Signale zum gezielten Anruf von Teilnehmern mit mobilen, Taschenrechner großen Empfängern übertragen. Neben dem Piepton, auf den der Teilnehmer mit einem Anruf bei einem vorbestimmten Fernsprechanschluss reagiert, können auch mehrere Rufnummern und kurze Zeichenfolgen auf einem Anzeigefeld sichtbar gemacht werden, um die Rufnummern oder eine kurze Nachricht zu signalisieren. Ein Funkruf wird automatisch veranlasst, indem ein Fernsprech-Teilnehmer den Pagingdienst anwählt und dem sich dort meldenden Rechner die Rufnummer des aufzurufenden Teilnehmer (und eventl. Kurznachricht) über Fernsprechtastatur, Bildschirmtext, Datex-J oder PC übermittelt.

ERMES: European Radio Messages System

Standard für ERMES (ETSI: seit 1989, fertiggestellt Anfang 1992).

Leistungsmerkmale (insbesondere im Vergleich zu Vorgängerlösungen)

- internationales Roaming
- Datenübertragungs-Rate auf 6.25 kbit/s erhöht.

18 Länder und 28 Netzbetreiber haben ein Memorandum of Understanding (MoU) zur Einführung von ERMES unterzeichnet.

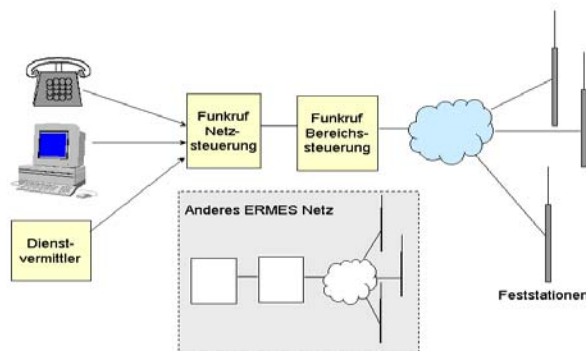


Abbildung 6.2: ERMES Systemstruktur

Funktionsweise

Funkruf-Netzsteuerung verarbeitet die Eingaben über Telefon, Datennetze und von fremden Netzen (unter Berücksichtigung der von dem Teilnehmer vereinbarten und in der Netzsteuerung gespeicherten Dienste).

Eingaben an ERMES sind über DTMF-Telefone (Digital Tone Multiply Frequency) für Funkruf mittels Ton- oder Ziffernruf möglich. Funkruftexte können über alle üblichen Datennetze unter Anwendung des standardisierten UPC-Protokolls eingegeben werden. Daneben kann der Dienst über Anbieter (Vermittler) erreicht werden. Funkruf-Bereichssteuerung organisiert die Abstrahlung des Rufes und aktiviert entsprechend der Vereinbarung mit dem Teilnehmer eine oder mehrere Feststationen, um die betreffende Rufzone abzudecken.

Feststationen senden mit bis zu 100 W und erreichen Zellradien bis zu 150 km.

Kennwerte ERMES-System

Betrieben in Europa im Band 169,4125 MHz ... 169,8125 MHz, mit Kanalbandbreite 25 kHz (siehe Tabelle 1: Funkfrequenzen). Funkrufempfänger sucht ständig alle 16 ERMES-Kanäle ab. Neben Tonruf (8 verschiedene Töne), Ziffernruf (bis zu 20 Ziffern) und Alpha-Ziffernruf (bis zu 400 Zeichen) ist auch transparente Datenübertragung für Anwendungen wie Prozessüberwachung, Telemetrie und Alarmaktivierung vorgesehen.

Dienst hat i.d.R. länderspezifische Bezeichnungen. Inbetriebnahme: Mitte 1993.

6.4 Bündelfunk (Trunked Radio)

nöbl Bündelfunknetze

Seit vielen Jahren betreiben Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS), Flughäfen, Großindustrie, Energieversorger, ÖPNV und Taxizentralen private Bündelfunksysteme als sog. nicht-öffentlichen beweglichen Landfunk (nöbl). Es sind Netze mit jeweils ca. 250 000 Teilnehmern, insges. ca. 1 Mio Teilnehmern in Bündelfunknetzen (1993).

Damit ist im (durch die Sendeleistung der Feststation) begrenzten Bereich Sprech- und Datenfunk über halb-duplex-Kanäle möglich: entweder mit einer Zentrale oder zwischen mobilen Teilnehmern. Unterscheidung erfolgt in lokale Systeme (mit nur 1 Feststation) und flächendeckende (zellulare) Systeme (i.d.R. Anwendung von Gleichkanalfunk). Die Frequenzpläne haben häufig große Überlappung mit Clustergrößen von 12 bis 14. Üblich sind auch Einrichtungen in den Feststationen für den Übergang in das Datennetz (i.allg. Nebenstellenanlagen).

Neben Bündelfunknetzen gibt es die (historisch gesehen) älteren **Betriebsfunknetze**: Sie basieren auf einem exklusiv von einer Teilnehmer-Gruppe genutzten Frequenzkanal für Sprech- und Datenfunk. Die Verbesserung beim Bündelfunk besteht darin, dass viele Teilnehmer-Gruppen ihre Frequenzkanäle in ein gemeinsames System einbringen, das dann über ein Bündel von Funkkanälen verfügt und den sog. Bündelungsgewinn erzielt. Alle Teilnehmer werden gleich gut oder besser bedient, z.B. durch höhere Zuverlässigkeit des Systems oder Verfügbarkeit von gleichzeitig mehr als nur 1 Funkkanal.

öbl Bündelfunkdienst

Seit 1990 gibt es in Deutschland den öffentlichen Bündelfunkdienst in 18 deutschen Wirtschaftszentren (sog. A-Regionen). Nach der Lizenzvergabe durch den Bundesminister für Post und Telekommunikation, später Regulierungsbehörde an private Betreiber zum Betrieb regionaler Bündelfunknetze (z.B. Primus in Frankfurt) bestehen in allen A-Regionen 2 konkurrierende Anbieter:

Telekom AG: Chekker-Dienst ca. 35 000 Teilnehmer (1993),

Private Anbieter: zusammen ca. 25 000 Teilnehmer (1993).

Zusätzlich erfolgte eine Lizenzvergabe für B-Regionen (mit geringer erwarteter Teilnehmerzahl). Voraussetzungen zur Anwendung des Betriebsfunks in örtlich begrenzten Bereichen als Mobilfunkdienste sind, z.B. städtisches Ballungsgebiet mit bis zu 50 km Durchmesser und wenigen Zellen, mit Zellgrößen von typischerweise 10 km ... 25 km Durchmesser.

Durch Bildung geschlossener Benutzergruppen sind logisch getrennte Betriebsfunknetze möglich, die sich wie physisch getrennte Netze verhalten. Alle Mobilstationen einer Benutzergruppe sind innerhalb einer Region direkt anwählbar.

Chekker-Dienst:

Die maximale Gesprächsdauer beträgt 60 sec. Zusätzliche Leistungsmerkmale sind: Rundruf, Anruferidentifizierung, Anrufumleitung, Kurzdatenübertragung (bis 23 Zeichen). Damit können Cityruf- und Eurosignal-Empfänger, Funktelefone und Teilnehmer des analogen Fernsprechnetzes angewählt werden.

Technische Merkmale Bündelfunk

Die Netze werden im Frequenzband 410 ... 420 MHz mit einem Kanalraster von 12,5 kHz oder 25 kHz betrieben. Je Zelle stehen bis zu 20 Kanäle zur Verfügung, die Sendeleistung der Feststation beträgt bis zu 15 W. Als Modulationsart wurde gewählt: PM für Sprache, FFSK für Daten. Übertragungsrate für Signalisierungsdaten: 1,2 kbit/s (lt. Standard MPT 1327).

Datenübertragung: 2,4 kbit/s möglich; analoger Bündelfunkdienst.

Funktionsprinzip Bündelfunk

Die von einer Mobilstation der Benutzergruppe erzeugte Information wird über einen Frequenzkanal (up-link) zur Feststation übertragen, dort auf einen 2. Frequenzkanal (down-link) umgesetzt und an die übrigen Teilnehmer der Gruppe (wie beim Rundfunk) abgestrahlt.

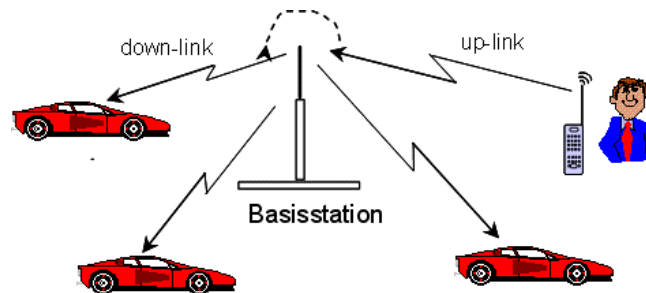


Abbildung 6.3: Funktionsprinzip Bündelfunk

Damit unterscheidet sich Bündelfunk wesentlich vom Zellularfunk und schnurlosen Telefon, denn dort wird ausschließlich Punkt-zu-Punkt und nicht Punkt-zu-Mehrpunkt kommuniziert. Der veranlassende Teilnehmer kann durch Adressierung den Partner oder eine Gruppe auswählen. Die Zuweisung eines Kanalpaars (up- und down-link) erfolgt für die Dauer des Gesprächs durch die Feststation und zwar auf Anfrage eines Mobil-Teilnehmers. Dazu Benutzung eines, von allen Teilnehmern eines Bündelfunksystems im Vielfachzugriff gemäß S-Aloha-Zugriffsprotokoll gemeinsam genutzten Organisationskanals.

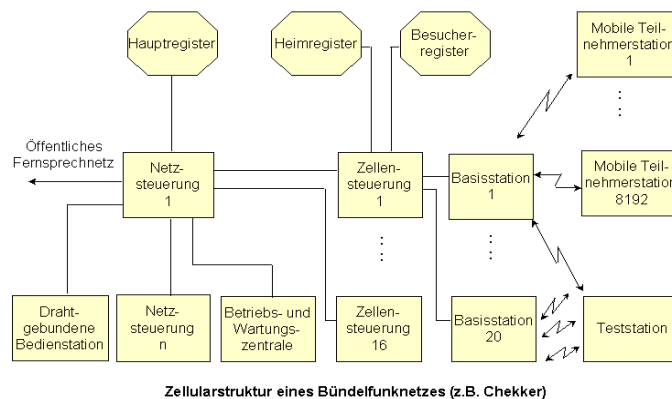


Abbildung 6.4: Zellularstruktur Bündelfunknetz (z.B. Chekker)

Legende:

- Jede Netzsteuerung ist für ein bestimmtes Bündelfunknetz zuständig und hat Verbindung zu anderen (benachbarten) Bündelfunknetzen.
- Über eine Bedienstation ermöglicht sie den Übergang zwischen Bündelfunk- und drahtgebunden öffentlichen Telekommunikationsnetzen.
- Mehrere Feststationen sind an eine Zellsteuerung angeschlossen.
- Zell- und Netzsteuerung sind über Leitungen verbunden. Eine Betriebs- und Wartungszentrale konfiguriert und überwacht das System, erfasst Gebühren und macht statistische Auswertungen.
- Die angegebenen Register sind Datenbanken mit geräte- und teilnehmerbezogenen Datensätzen:
 Hauptregister: enthält netzweit relevante Daten,
 Heimregister: enthält die jeweiligen in einer Zelle fest gemeldeten Teilnehmer,
 Besucheregister (treten nur bei zellulären Bündelfunknetzen auf): enthalten alle Mobil-Teilnehmer, die sich gegenwärtig nicht in ihrer Heimatzelle aufhalten.
- Bündelfunknetze verfügen über eine netzspezifische Mobilitätsverwaltung und können Teilnehmer auch außerhalb ihrer Heimatzelle im gleichen Netz auffinden: somit netzweites Roaming möglich.
- Jede Zelle verfügt über eine Zellsteuerung zur Verwaltung des Bündels von Frequenzkanälen, die einer Zelle zur Verfügung stehen und der auf die Zuteilung von Kanälen wartenden Teilnehmer.

Funktionsweise

Die Wahl des gerufenen Teilnehmers (bzw. Gruppe) erfolgt durch Kurzwahl, da i.d.R. dieselben Teilnehmer einer Gruppe gerufen werden, ggf. vermittelt die Netzsteuerung die Zielzelle, falls sich der gerufene Teilnehmer nicht in der Heimatzelle aufhält. Wie bei allen Funknetzen ist Zahl der Funk-Teilnehmer deutlich größer als die Zahl der verfügbaren Kanäle.

Ein Gespräch wird durch Tastendruck eingeleitet. Dabei meldet das Mobilfunkgerät über den Organisationskanal bei der Zellensteuerung den Verbindungswunsch an. Ist der gerufene Teilnehmer in derselben Zelle und ein Sprechkanal frei, wird er alarmiert, somit darf der Ruf warten. ggf. vermittelt die Netzsteuerung in eine andere Zelle, wobei der Ruf auch dann weniger als 1 sec. für die Verbindungsherstellung benötigt. Der zugewiesene Gesprächskanal besteht aus einem Frequenzpaar (uplink / downlink), kann aber nur als halb-duplex Kanal (im Wechselsprechbetrieb) genutzt werden.

öbl Bündelfunkdienst

Bündelfunk in Deutschland basierte zunächst auf einem veralteten Standard: MPT (Ministry of Post and Telecommunications, Department of Trade and Industry, Radiocommunications Division. UK, Febr. 1988):

- Standard MPT 1327: A Signalling Standard for trunked private land mobile radio systems,
- MPT 1343: Minimum performance requirements additional to MPT 1327 to be met by radio units used with commercial trunked mobile radio,
- MPT 1347: Radio interface specification for commercial trunked networks operating.

Dafür bei ETSI ein europäischer Nachfolgestandard erarbeitet und eingeführt (TETRA). MPT-Standards sind das Ergebnis der Vereinbarung der Firmen Motorola, GEC, Philips (Peye), um Mobilfunkgeräte nach gemeinsamer Festlegung der Luftschnittstelle zu produzieren. MPT 1327 wird für die Signalisierung des S-Aloha-Vielfachzugriffs-Protokolls verwendet. Als Rufarten sind möglich: Zweierverbindung, Sammel- und Festgruppenruf und der Gruppenruf wird durch sequentiellen Anruf der Teilnehmer realisiert. Weitere Dienste: Konferenz, Rufumleitung, Nachtschaltung, Prioritätsverbindungen, Notruf, Datenübertragung. Bündelfunk ist technisch einfacher als Zellularfunk zu realisieren. Deshalb kostengünstiger anbietbar als die flächendeckenden Zellularfunknetze (D, E), allerdings mit eingeschränkten Leistungsmerkmalen bezüglich Mobilitätsverwaltung und Übergang zu Festnetzen.

Pan-Europäischer Bündelfunk TETRA

1988: ETSI Technical Subcommittee RES 06: Entscheidung zu einem Standard für einen digitalen pan-europäischen Bündelfunk. Vorlage: 1994, Einführung 1995. Zielstellungen:

- Europaweite Harmonisierung der Frequenzzuteilung.
- Standardisierung der Funkschnittstelle (air interface), der Grundelemente des Mensch-System-Dialogs und einiger netzinterner Schnittstellen in Mobilstationen.

Trotz europaweiter Einführung des GSM-Systems werden folgende Teilnehmerzahlen für Bündelfunksysteme (private mobile radio; PMR) erwartet:

1 Mio. Teilnehmer nach 5 Jahren Verfügbarkeit europaweit (ca. 2000),

5 Mio. Teilnehmer nach 10 Jahren (ca. 2005).

Auf Grund der digitalen Übertragung und standardisierter Schnittstellen sind Gerätekosten deutlich geringer als bei Analogtechnik.

Gleichzeitig Verbesserungen, wie

- Einführung von Datendiensten, Verschlüsselung,
- Roaming zwischen verschiedenen Netzen, Beschleunigter Verbindungsaufbau.

2 Standard sind gleichzeitig in Entwicklung: Sprache und Daten (voice and data, V+D) sowie Paketfunk (data only, DO).

TETRA V+D ist ein Standard, der auf die Nachfolge bestehender Bündelfunknetze zielt.

TETRA DO, dieser Standard wird als das europäische Paket-Bündelfunksystem definiert

(als Nachfolgesystem für nationale Vorläufersysteme, wie im Zellularfunk Modacom, GPRS).

Beide TETRA-Systeme nutzen dieselbe Bitübertragungstechnik. Unklar ist noch, ob dasselbe Sende- / Empfangsgerät benutzt werden kann.

Verfügbare Träger- und Teledienste für V+D und DO beim TETRA-Standard:

A)	V+D: Trägerdienste	a) 7,2 kbit/s kanalvermittelte ungeschützte Sprache b) <19,2 kbit/s kanalvermittelte Daten c) <28,2 kbit/s kanalvermittelte ungeschützte Daten d) verbindungsorientierte Paketübertragung e) verbindungslose Paketübertragung: Standardformat/Spezialformat
	Teledienste:	f) 4,8 kbit/s Sprache g) verschlüsselte Sprache
B)	DO: hier gibt es nur die unter d) bis f) genannten Paket-Trägerdienste	

Anwendungsbeispiele für TETRA Bündelfunk:

- Flottenmanagement,
- Digitaler Nahbereichsfunk für den Straßenverkehr, incl. Fahrzeugortung (road transport informatics, traffic telematics),
- Betriebsfunk für Bahnen,
- jede Art von Datenübertragung.

Bündelfunk nach Standard ETSI/TETRA wird die Dienste bestehender Bündelfunk- und Datenpaketfunknetze abdecken sowie Dienste im Anwendungsbereich des digitalen Nahbereichsfunks anbieten.

Teil 2: Mobilfunksysteme

- 7 Funkübertragung (Funkwellen und Funkkanäle)**
- 8 Mobilfunknetze 2G (Mobiltelefonie, GSM, DCS)**
- 9 Mobilfunknetze 3G (UMTS, IMT-2000)**
- 10 Drahtlose lokale Netze (Wireless LAN)**
- 11 Wireless Personal Area Networks (WPAN)**
- 12 Plattformen für Wireless Applications**
- 13 Satellitennetzwerke**
- 14 Verfahren zur Positionierung und Navigation**

15 Abbildungsverzeichnis (Teil 1)

Abbildung 1.1: Einsatzbereiche Telematik	4
Abbildung 1.2: Entwicklung der Breitbandnetze	6
Abbildung 1.3: Zeitliche Entwicklung der Mobilfunksysteme	6
Abbildung 1.4: Satellitenübertragung	7
Abbildung 1.5: Daten- und Rechnernetze	7
Abbildung 1.6: Öffentliche Datennetze und Dienste (Beispiel Telekom)	8
Abbildung 1.7: Aufbau eines Mailboxsystems	9
Abbildung 1.8: Audio/Videokonferenz und Whiteboard	11
Abbildung 1.9: Teleworking (mobiler Service-Ingenieur)	11
Abbildung 2.1: Digitalisierung analoger Signale (PAM)	17
Abbildung 2.2: Prinzip der rechnergesteuerten Vermittlung	18
Abbildung 2.3: Prinzip der Durchschaltvermittlung	18
Abbildung 2.4: Prinzip der Paketvermittlung	19
Abbildung 2.5: Service Convention Model	19
Abbildung 2.6: Aufbau Zellularfunknetz (ETSI-Standard)	22
Abbildung 2.7: Interaktive Multimediadienste	25
Abbildung 2.8: Mehrebenenstruktur optischer Netze	29
Abbildung 3.1: Einsatzszenarium Mobile Computing (Beispiel)	32
Abbildung 3.2: Generische Kommunikationsinfrastruktur	33
Abbildung 3.3: System MEMOS (BMBF-Projekt MOBREGIO)	41
Abbildung 3.4: Systeme der drahtlosen Kommunikation	46
Abbildung 3.5: Zellen und Antennen im Räummultiplex	49
Abbildung 3.6: Netztopologie eines Infrastruktur-Netzes	51
Abbildung 3.7: Infrastruktur eines Ad-hoc-Netzes	51
Abbildung 3.8: Hierarchische Architektur eines zellulären Netzwerkes	54
Abbildung 3.9: Architektur Modacom	55
Abbildung 3.10: Architektur GSM-System	56
Abbildung 3.11: Schlüsselauswahl in GSM	58
Abbildung 3.12: Sicherung der Teilnehmer-Identität	58
Abbildung 3.13: Modulare Zellenarchitektur	60
Abbildung 4.1: Systemarchitektur MEMOS	63
Abbildung 4.2: Administrierung mobiler Stationen in verteilten Systemen	63
Abbildung 4.3: Netzinfrastruktur für mobile IP	65
Abbildung 4.4: Ablauf Adressvergabe mit DHCP	67
Abbildung 4.5: Begriffe in mobile IP (Rechnertypen und Netzwerke)	68
Abbildung 4.6: Tunneling bei mobile IP	69
Abbildung 4.7: Zweistufige Netzwerkarchitektur mobile / cellular IP	70
Abbildung 4.8: Zugriffsnetzwerk (Cellular IP)	71
Abbildung 4.9: Routing in Cellular IP (Beispiel)	71
Abbildung 4.10: Drahtlose Transportprotokolle („einfache Architektur“)	72
Abbildung 4.11: Split-Connection	73
Abbildung 4.12: Indirect TCP (I-TCP)	74
Abbildung 4.13: Snoop-Protokoll	74
Abbildung 4.14: Remote-Socket-Architektur	75
Abbildung 4.15: Binding in drahtlosen Netzen	76
Abbildung 4.16: Dienstsuche in WPAN (IAS und SDP)	76
Abbildung 4.17: Dienstsuche in größeren Netzen	76
Abbildung 4.18: Dienstvermittlung mit SLP	77
Abbildung 4.19: Jini Protokollstapel	78

Abbildung 4.20: Jini – Registrierung und Dienstnutzung.....	79
Abbildung 4.21: Mobile Computing und Teleworking (Anwendungsszenarien).....	81
Abbildung 5.1: Frequenzbelegung für Mobilfunknetze.....	83
Abbildung 5.2: Typen von Mobilfunksystemen	84
Abbildung 5.3: Evolution der Mobilfunksysteme.....	86
Abbildung 5.4: Überblick über weltweite Standards von Mobilfunknetzen.....	86
Abbildung 5.5: Anschlussbild DECT.....	88
Abbildung 5.6: mobiles Internet-Protokoll	90
Abbildung 6.1: DECT Systemstruktur	96
Abbildung 6.2: ERMES Systemstruktur	97
Abbildung 6.3: Funktionsprinzip Bündelfunk	99
Abbildung 6.4: Zellularstruktur Bündelfunknetz (z.B. Chekker)	99

16 Literaturverzeichnis

- Biala, J.: Mobilfunk und Intelligente Netze. Vieweg-Verlag, Braunschweig, 1994
- Davies, P.T.; McGuffin, C.R.: Wireless Local Area Networks. McGraw-Hill, N.Y., 1995
- Diehl, N.; Held, A.: Mobile Computing. Systeme, Kommunikation, Anwendungen.
Thomson's Aktuelle Tutorien (TAT 3). Int. Thomson Publishing, 1995
- Dornan, A.: The Essential Guide to Wireless Communications Applications. From Cellular Systems to WAP and M-Commerce. Prentice Hall PTR, 2001
- Garg, V.; Wilkes, J.E.: Wireless and Personal Communication Systems. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1996
- 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