

Stand der Technik

Anhang zum Papier Telematik

Referat 522

Bundesministerium für Bildung und Forschung
Referat IuK-Anwendungen
Referat 522

In Zusammenarbeit mit:

Fraunhofer-Institut
Integrierte Schaltungen IIS/A
Erlangen

Version 6.0 vom 09.10.2002

Version 6.0 vom 09.10.2002

1 Inhaltsverzeichnis

1	Inhaltsverzeichnis	2
2	Einleitung	4
3	Zielsetzung	5
4	Stand der Technik	6
4.1	Informationsnetzwerke	6
4.1.1	Caching Mechanismen	6
4.1.2	Internet Technologie	8
4.1.3	Broadcasting Systeme	11
4.1.3.1	Drahtlose Broadcasting Systeme	11
4.1.3.2	Drahtgebundene Broadcasting Systeme	13
4.1.4	Netzzugangstechnik	14
4.1.5	Netzwerktopologie	19
4.1.6	Datenschutz bei Datenübertragung	21
4.1.7	Body Area Network	25
4.2	Kommunikationsnetzwerke	26
4.2.1	Mobile drahtlose Kommunikation	26
4.2.2	Drahtgebundene Kommunikation	31
4.2.2.1	Local Area Network (LAN)	31
4.2.2.2	Hausbussysteme	33
4.2.3	Optische Übertragung	36
4.3	Positionsbestimmung und Navigation	37
4.3.1	Outdoor Navigation	37
4.3.2	Indoor Navigation	40
4.4	Identifikationssysteme	42
4.4.1	Transpondertechnologie	42
4.4.2	Optische Identifikation	45
4.5	Medientechnik	47
4.5.1	Audio- und Videodatenkompression	47
4.5.2	Video Animation und Bildgenerierung	51
4.6	Benutzer Schnittstelle (MMI)	53
4.6.1	Personal Assistent	53
4.6.2	Visuelle Ausgabetechnik	55
4.6.3	Spracherkennung	58
4.6.4	Sprachsynthese	59
4.6.5	Weitere Technologien für das „Human Interface“	61
4.7	Verkehrstelematik	62
4.8	Methoden und Trends der Softwareentwicklung	64

5	Bedeutung der Technologien für die zukünftige Entwicklung	68
6	Abkürzungsverzeichnis	70
7	Quellen	74

2 Einleitung

Viele Bereiche des täglichen Lebens befinden sich in einem atemberaubenden Wandel, ausgelöst nicht zuletzt durch Fortschritte in der Anwendung von I&K Technologien. Andererseits bieten sie aber auch die Chance, beschwerliche oder lästige Aufgaben immer mehr zu automatisieren, bzw. durch geeignete Hilfsmittel zu erleichtern.

Für zukünftige Anwendungen werden Entwicklungen aus einem breiten Spektrum von Technologien benötigt. Vieles ist in Ansätzen realisiert oder als Insellösung vorhanden. Der eigentliche „Quantensprung“ entsteht jedoch durch weitgehende Kombination und Vernetzung der Geräte, Systeme und Kommunikationsinfrastruktur,

- die mit verbesserter Sensorik/Aktorik,
- einem deutlich höheren Grad an Eigenintelligenz sowie vor allem mit
- Kommunikationsfähigkeiten

ausgestattet werden. Oft hemmen fehlende oder inkompatible Schnittstellen und Standards. Manchmal fehlt ganz einfach auch die Phantasie oder der Mut zur Vision - etwas was heute getrennt ist, morgen als eine Einheit zu sehen.

Der aktuelle Stand wesentlicher Technologien wird im Rahmen folgender Kategorien dargestellt:

- Informationsnetzwerke
- Kommunikation (mobil und leitungsgebunden)
- Navigation (inhouse und outdoor)
- Identifikation
- Medientechnik
- Human Interface
- Logistik und Datenbankanbindung
- Verkehrstelematik
- Methoden und Trends der Softwareentwicklung

Anwendungstichworte verdeutlichen in der folgenden Tabelle die Querbezüge der Technologien mit den Lebensbereichen:

	Informations Netzwerke	Kommunikation (mobil, leitungsgebunden)	Navigation (inhouse und outdoor)	Identifikation	Medientechnik	Human Interface	Logistik und Datenbankanbindung	Verkehrstelematik
Lustvoller Einkauf	Internet shopping	Personengebundene Werbung	Parkplatzsuche, Warensuche	Automatische Kasse		Einkaufsassistent	Automatisches nachfüllen von Waren	
Stressfrei Reisen	Urlaubsplanung im Internet	Servicetelefon	Navigation zum Zielort		Heckkamera als Einparkhilfe	Sprachausgabe, Displaytechnik		Travelpilot,
Unterhaltung - Wohnzimmer der Zukunft	Digitales Radio	Intranet im Haus		individuelle Raumgestaltung	Großbildfernsehen, Video on Demand	Universalfernbedienung		
Was das Leben leichter macht	Notrufsystem	Mobilkommunikation	Ortungshilfe	Bedarfsgerechtes Bestellen		Sprachgesteuerte Hausgeräte		Orientierungshilfe
Lust auf Lernen	Teleschulung	Individuelles Lernen			Virtuelles Museum		Wissensdatenbank	
Spaß in der Freizeit	Internet				Musikspeicherung	Displaytechnik		

3 Zielsetzung

Die Entwicklung der Technik verstehen wir als iterativer Prozeß, der getrieben durch attraktive, wirtschaftliche Anwendungen, diese selbst auch wieder weiter treibt und obsolet machen kann. Im Mittelpunkt steht der Mensch, der entscheidet, wofür er Geld ausgibt, um subjektiven Nutzen zu erhalten.

Technikentwicklung steht mehr denn je unter dem wirtschaftlichen Erfordernis, diesen subjektiven Nutzen vorauszusehen und zu ermöglichen. Intensive Marktrecherchen und Nutzeranalysen gehen heute jeder größeren Neuentwicklung voraus und sind notwendiges Instrument, um bei den heute erforderlichen gewaltigen Entwicklungsaufwendungen nicht am Bedarf vorbei zu entwickeln und die Existenz des Unternehmens zu gefährden. Eine so definierte neue Anwendung bedient sich einerseits aus einem breiten Sortiment vorhandener Basistechnologien/-anwendungen, Standards und Trends und geht doch ein Stück darüber hinaus.

Ziel des Dokumentes „Stand der Technik“ ist es eine Momentaufnahme des Status Quo zu liefern, der als Ausgangspunkt für weitere Technologieentwicklungen dient. Weiter wird der Versuch unternommen, wesentliche Anwendungsfelder zu charakterisieren

sowie auf Begrenzungen hinzuweisen und naheliegende offene Probleme zu skizzieren.

4 Stand der Technik

4.1 Informationsnetzwerke

Informationsnetzwerke, sind Netzwerke, deren Aufgabe darin besteht Information über eine geeignete Infrastruktur zu verteilen. Im Gegensatz zu Kommunikationsnetzwerken steht die Unterhaltung zweier oder mehrerer Teilnehmer nicht im Vordergrund. Die Abgrenzung zur Kommunikation ist nicht eindeutig durchführbar, denn die Techniken, die benötigt werden sind für beide Netzwerke oftmals identisch. Während broadcasting Systeme wie das Fernsehen eindeutig den Informationsnetzwerken zugeordnet werden können, ist dies bei Internettechnologien nicht eindeutig möglich. Die Netzzugangstechnik ist sowohl für die Anbindung an Informationsnetzwerke als auch für die Kommunikation nötig.

4.1.1 Caching Mechanismen

Charakterisierung

Das Datenaufkommen in den existierenden privaten und öffentlichen Netzen steigt springflutartig. Übertragungsbandbreite ob über Leitungen, Glasfasern oder drahtlos, ist ein teures Gut, dessen Nutzung ökonomisch erfolgen muß.

Insbesondere multimediale Daten stellen hohe Anforderungen an Übertragungsbandbreite und Ressourcen eines mobilen Endgerätes. Um diese Anforderungen zu senken, können hier Techniken der Datenreduktion und –kompression angewendet werden. Während Datenkompressionstechniken redundante oder unwichtige Teile der Datenmenge entfernen, ordnen Verfahren zur Datenreduktion die Daten entsprechend ihrer Wichtigkeit um. Verschiedene Verfahren zur Datenkompression von Audio oder Video werden in den späteren Kapiteln vorgestellt. Ist eine Reduzierung nicht möglich oder sinnvoll, so sollte man durch geeignete Caching-Mechanismen doppelte Datenübertragungen vermeiden.

Existierende und in der Entwicklung stehende Systeme

Beim Caching wird versucht, im Rahmen der Möglichkeiten des Endgerätes, bereits angeforderte und übertragene Daten lokal zu halten, um bei einer erneuten Anfrage die Übertragung der Daten zu vermeiden. Dabei muß sichergestellt sein, daß die Daten im Cache auch mit den ‚wirklichen‘ Daten übereinstimmen. Dies geschieht i.a. mittels

Zeitmarken, über die ebenfalls die Ersetzungsstrategie realisiert wird, die darüber entscheidet, welche Daten bei gefülltem Cache verworfen werden.

Eine weitere Möglichkeit zur Vermeidung von Datenübertragungen ist die Replikation von Datenbeständen. Dabei wird ein Abbild der Daten im Endgerät erzeugt, mit welchem der Benutzer lokal arbeiten kann. In geeigneten Zeitintervallen sind diese Replikationen mit den originalen Daten abzugleichen. Dabei müssen Konflikte bei mehrseitigen Änderungen an ein und demselben Datum geeignet behandelt werden.

Beim "Level of Detail"-Konzept wird eine Datenmenge in verschiedene Detaillierungsstufen untergliedert, aus denen anhand von verfügbaren Ressourcen und Zielen des Benutzers (Detail on Demand) eine Stufe für die Übertragung und Präsentation ausgewählt wird. Ausgehend von einer initialen Detaillierungsstufe, ermöglicht dies die interaktive Steuerung des Präsentations- und Übertragungsprozesses, indem der Nutzer für ausgewählte Teilbereiche eine verfeinerte Darstellung anfordern kann.

Ein anderes Problem beim Zugriff auf multimediale Daten mit mobilen Endgeräten ist die durch die geringen Übertragungsbandbreiten bedingte Zeitdauer der Übertragung. Trotz Reduktion und Kompression kann die Geschwindigkeit des Dateneingangs für bestimmte Problemstellungen zu gering sein. Daher ist auch ein Prefetching von Daten denkbar, also eine Datenübertragung im voraus. Bei Videotextempfängern ist dieses Verfahren teilweise realisiert, denn hier ist die Wiederholrate der Textseiten sehr gering.

Technische Problemstellungen für die momentane und zukünftige Entwicklung

Alle oben genannten Verfahren haben einen begrenzten Speicher zur Verfügung, in dem die Daten gespeichert werden. Die Verfahren arbeiten um so effizienter, je besser die Datenauswahl vorgenommen werden kann. Insbesondere beim Prefetching ist die Kenntnis der Gewohnheiten des Nutzers nötig. Die Entwicklung intelligenter und lernfähiger Systeme geht hier noch weiter.

Anwendungsrelevanz

Anwendung finden diese Verfahren überall dort, wo die Übertragungsgeschwindigkeit von Daten für den Anwender zu langsam ist, aber gleichzeitig durch die Vervielfachung der Daten auf Servern, die näher am Nutzer stehen, eine Verbesserung zu erzielen ist. Dies ist z.B. bei allen Internetanwendungen der Fall, bei denen die Information nicht erst aufgrund einer Anfrage erzeugt werden muß. Interaktives Lernen ist ein Beispiel, für Anwendungen, bei denen die Daten langsam und bereits im voraus übertragen werden können, denn die einzelnen Schritte des Lernenden sind vorhersehbar. Im Internet werden auf den meisten Servern und auch beim Anwender Caches angelegt, um den Zugriff auf häufig benötigte Daten zu beschleunigen.

4.1.2 Internet Technologie

Charakterisierung

Seit 1994 verdoppelt sich die Zahl der Computeranwender mit Netzzugang jährlich. Die Zahl der WWW-Anbieter steigt explosionsartig. Mit Audio on Demand, Video on Demand und Internet-Telefonie ergeben sich neue immer mehr Bandbreite und immer bessere Übertragungsqualität fordernde Anwendungen.

Im ISO-Dokument 7498 (Open System Interconnection - Basic Reference Model) wird ein Rahmen für die Kommunikation in Datennetzen definiert. Mit diesem, in sieben aufeinander aufbauenden Schichten strukturierten Konzept lassen sich alle Kommunikationsbeziehungen und Protokolle des Internets einordnen. Neue Anwendungen, höhere Datenraten und rasant steigende Teilnehmerzahlen erfordern neue Lösungen für alle Schichten dieses Referenzmodells:

Schicht	Bezeichnung	Beispiele
7	Anwendung	TELNET/FTP/HTTP
6	Darstellung	ASN.1
5	Kommunikationssteuerung	RPC
4	Transport	TCP/UDP
3	Vermittlung	IP
2	Sicherung	HDLC
1	Physikalische Übertragung	8802.3

Existierende und in der Entwicklung stehende Verfahren

- **ATM und AAL (Schichten 2 bis 4)**
Im Gegensatz zu den normalerweise verwendeten Kommunikationsprotokollen nutzt das auf Ebene 2 angesiedelte ATM (Asynchronous Transfer Mode) Zellen fester Länge (53 Byte) für die Übertragung. Datenströme unterschiedlicher Dienste mit unterschiedlichen Anforderungen an die Qualität können so über ein gemeinsames Medium übertragen werden. Die Anpassung von ATM an die unterschiedlichen Anforderungen der Anwendungsprotokolle geschieht in der Anpassungsschicht AAL

(ATM Adaption Layer). AAL-3 bietet z.B. die bisher gewohnten verbindungsorientierten Datendienste, während AAL-2 die Anpassung für isochrone Audio- und Videodatenströme darstellt.

ATM kann mit unterschiedlichen Datenraten betrieben werden: 34 Mbit/s, 155 Mbit/s, 622 Mbit/s und 2,4 Gbit/s. Für den Anschluß von Standard- PCs oder Workstations ist die Technik noch zu teuer, hier reicht bisher die Leistung des 100 Mbit/s-Ethernet völlig aus.

Für gemischte (d.h. teilweise aus ATM- Subnetzen bestehende) Netze ergeben sich große Probleme beim Übergang zwischen den beiden Technologien: Bei hoher Auslastung brechen die Übertragungsraten plötzlich zusammen.

▪ **IPv6 (Schicht 3)**

Schicht 3 im OSI-Protokollstack regelt die Kommunikation zwischen direkt verbundenen Rechnern. Ständig steigende Teilnehmerzahlen und neue Anforderungen bezüglich Sicherheit und Echtzeit-Multimediaübertragung sind mit dem derzeitigen "Internet Protocol Version 4" (IPv4) nicht mehr zu erfüllen: Die lediglich 32 Bit langen Adressen für Sender und Empfänger reichen in Kürze nicht mehr aus, um alle Rechner des Internets zu adressieren. Ein Problem ist die fehlende Datensicherheit auf dieser Protokollebene, die es einem Hacker leicht macht, seinen Rechner für einen anderen auszugeben und sich so unberechtigt Zugang zu verschaffen. Abhilfe verspricht hier das "Internet Protocol Version 6" (IPv6). Neben 128 Bit langen Adressen bietet IPv6 eine Reihe anderen Vorteilen:

- Multicast-Gruppen für Videokonferenzen,
- Digitale Unterschrift für die übermittelten Nachrichten (Authentifizierung)
- Verschlüsselung der Datenpakete
- Schnellere Bearbeitung durch vereinfachte Header ohne Prüfsummen

Es gibt aber auch Punkte, an denen es noch einiger Arbeit bedarf:

- Einsatz auch auf Mobilfunkstrecken
- Migrationsstrategie und Kompatibilität zu IPv4
- Auswirkungen auf höhere Protokolle (TCP, FTP, HTTP ...)
- Auswirkungen auf Anwendungsprogramme (längere Adressen!)

▪ **TCP (Schicht 4)**

Schicht 4 des ISO-Protokollstacks regelt die Ende-zu-Ende-Kommunikation zwischen zwei über mehrere Zwischenstationen verbundene Rechner. Immer größere Datenraten und (bei Satellitenübertragung) immer größere Latenzzeiten führen zu einer sehr ineffizienten Ausnutzung der Übertragungskanäle. Ähnlich wie bei IP ist auch bei dem aus dem Jahre 1981 stammenden TCP ein Redesign dringend nötig. Seit langem diskutierte, »radikale« Alternativen wie z.B. Delta-T, VMTP, TP++ oder

XTP haben sich bisher – außer für Insellösungen – nicht durchsetzen können [Doeringer90], [Watson89], [Cheriton89], [Sanders90].

- **HTTP, SSL, SET, ECML, ... (Schicht 7)**

Durch die Verbreitung des World Wide Web ist HTTP das wohl bekannteste Kommunikationsprotokoll der Ebene 7 geworden. Sowohl Protokoll als auch die Dokumentensprache HTML erfahren – vor allem durch den Krieg der beiden Browser-Giganten Microsoft Internet Explorer und Netscape Communicator – häufiger Erweiterungen und Modifikationen.

Wichtig für den Markt der Zukunft, das Electronic Business, ist die sichere Übertragung von vertraulichen Informationen (Kreditkartennummer), die gegenseitige Authentifikation (bestelle ich auch beim richtigen Händler) und die Integration von Zahlungsfunktionen. Hier scheinen sich SSL (Secure Socket Layer) und SET (Secure Electronic Transaction) durchzusetzen.

ECML (Electronic Commerce Modeling Language) ist ein derzeit entstehender Standard für die Speicherung und Übertragung von Bestellinformationen: Beim Online-shopping sonst jedesmal neu einzugebende Informationen wie Name und Lieferadresse können hierbei in der elektronischen Brieftasche aufbewahrt und mit einem Knopfdruck übertragen werden.

Technische Problemstellungen für die momentane und zukünftige Entwicklung

Durch ständig steigende Nutzerzahlen und breitbandigere multimediale Inhalte sind die heutigen Backbone-Netze -trotz ständigen Ausbaus der Kapazitäten- völlig ausgelastet. Der Übergang zu Gigabit-Netzen allein wird keine nachhaltige Verbesserung bringen, spätestens wenn schnellere Netzzugangstechniken (s.u.) kostengünstig und flächendeckend zur Verfügung stehen, treten die alten Engpässe wieder auf. Wichtig ist, daß echtzeitfähige Multicast-Protokolle auch über Backbone-Netze hinweg unterstützt werden. Dazu ist eine Priorisierung der verschiedenen Datenströme unumgänglich.

Auf der Anwendungsebene erfordert der Einsatz von kleinen funkgestützten, mobilen Endgeräten mit begrenztem Speicher und begrenzter Anzeigekapazität die Produktion und Verteilung von skalierbaren Inhalten.

Anwendungsrelevanz

Das beschriebene OSI Schichten Modell ist die zentrale Modellierung für alle Netzwerk-anwendungen. Das Internet ist nur ein Beispiel hierfür. Alle Netzwerke, sei es ein Hausbussystem, ein LAN oder das Internet lassen sich auf dieses Modell abbilden. Auch die Kommunikationsnetzwerke werden nach diesem Modell in die unterschiedlichen Schichten zerlegt. Das heißt, diese Technologie findet Anwendung in allen Lebensbereichen, die von einer Netzanbindung profitieren. Es sind nicht immer alle Schichten davon betroffen. Die Bedeutung der Datensicherung ist z.B. sehr unterschiedlich ausgeprägt. Dies ist davon abhängig, ob persönliche Daten übertragen werden oder nicht.

Für verschiedene Anwendungen sind daher Verbesserungen oft nur in einzelnen Ebenen nötig.

4.1.3 Broadcasting Systeme

Unter Broadcasting Systemen versteht man jede Art von Datenübertragungssystem, das eine Vielzahl von Empfängern hat, die nicht einzeln ausgewählt werden. Eventueller eingeschränkter Zugriff auf die Daten (Conditional Access) wird nur durch die Verschlüsselung der Daten erreicht. Man unterscheidet drahtgebundene und drahtlose Broadcasting Systeme. Normalerweise haben Broadcasting Systeme keinen Rückkanal, so daß keine bidirektionale Kommunikation stattfindet.

4.1.3.1 Drahtlose Broadcasting Systeme

Charakterisierung

Drahtlose Broadcasting Systeme bestehen aus einem oder mehreren Sendern und einer großen Anzahl Empfänger, die alle das gleiche Signal empfangen. Der bekannteste Vertreter ist der analoge und digitale Audio- und Fernseh Rundfunk. Im folgenden werden diese Rundfunksysteme betrachtet. Der gemeinsame Sender kann sowohl terrestrisch als auch ein Satellit sein.

Existierende und in der Entwicklung stehende Systeme

Entwickelt wurden die Broadcasting Systeme für den Rundfunk. Die Entwicklung führte von den analogen AM und FM Radiosystemen über den Fernseh Rundfunk bis zu heutigen digitalen Rundfunksystemen. Bei analogen Systemen werden im allgemeinen nur Audio- oder Videosignale übertragen. Daten spielen eine untergeordnete Rolle und werden meist dem analogen Signal überlagert. Beispiel hierfür ist das RDS Signal für UKW Radios oder das Videotextsignal im Fernsehsignal. Digitale Systeme machen keinen Unterschied im Inhalt der Daten, denn auch Audio- oder Videosignale werden als reiner Datenstrom übertragen. Eine Quellsignalcodierung mit gleichzeitiger Datenreduktion wird hierzu eingesetzt. Diese Verfahren sind im Kapitel 4.5.1 Audio- und Videodatenkompression beschrieben. Die einzelnen Kanäle können somit jede Art von Daten übertragen, solange die Kanalkapazität nicht überschritten wird. Bei den meisten Systemen lassen sich mehrere Kanäle zu einem zusammenfassen, um eine höhere Datenrate zur Verfügung zu haben.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über drahtlose meist digitale Broadcasting Systeme.

System	Versorgungsbereich	Datenraten	Bemerkung
SWIFT Zusätzlicher Unterträger für Daten zum UKW-Rundfunk	terrestrische Sender UKW-Rundfunk Empfangsgebiete	Gesamt 16 kbit/s brutto 12 kbit/s Nettodatenrate	
DAB Digital Audio Broadcasting	terrestrische Sender Deutschland	Ensemble mit gesamt 1,5..1,7 Mbit/s je nach Fehlerschutz. vielfache von 8 kbit/s für Daten	Für Datenkanalnutzung rundfunkrechtliche Genehmigung erforderlich
XM Radio	Nordamerika	Variabel in 8kbit/s Schritten	geplanter Start 2000
CD Radio	Nordamerika	Variabel in 8kbit/s Schritten	geplanter Start 2000
WorldSpace Digitales Rundfunksystem	satellitengestützt Versorgung von Afrika, Südamerika und Asien	bis zu 1,6 Mbit/s pro Carrier vielfache von 16 kbit/s	Worldspace System-Multiplex
ASTRA Kopernikus	Europa	Fernseh- und Rundfunkkanäle	
Div. Satelliten	Europa	bis zu 30 Mbit/s	meist MPEG System-Multiplex

Technische Problemstellungen für die momentane und zukünftige Entwicklung

Alle Broadcasting Systeme haben das Problem eines begrenzten Frequenzbereichs, da jedem System nur bestimmte Frequenzen zugewiesen werden, um gegenseitige Störungen zu verhindern. Bereits vergebene Frequenzbereiche für ein neues System frei zu bekommen ist sehr schwierig, da meist sehr viele Empfänger für die bestehenden Systeme existieren, die dann oft wertlos werden. Für Satelliten Rundfunk Systeme werden immer höhere Frequenzen genutzt, die immer neue Empfänger- und Sendertechnologien benötigen. In den Frequenzbereichen, die bisher von analogen Systemen wie z.B. UKW Radio belegt sind werden mehr und mehr digitale Broadcasting Systeme eingesetzt, die die Frequenzbereiche besser nutzen.

Anwendungsrelevanz

Viele Datendienste werden in bereits bestehende oder im Aufbau befindliche Systeme integriert werden. Intelligente Verkehrsleitung ist eine derartige Anwendung. Aber auch aktuelle Preisinformationen, Softwareupdates oder Reiseinformationen können über Broadcasting Systeme verteilt werden. Dies sind nur einige wenige Beispiele. Durch digitale Übertragungskanäle, die sich in sehr kleine Einheiten von wenigen kBit/s zerlegen lassen, können sich sehr viele Applikationen ein Übertragungssystem teilen. Wenn die übertragenen Informationen durch Verschlüsselungsverfahren nur einem autorisierten Empfänger zugänglich sind, können auch vertrauliche und persönliche Informationen übertragen werden.

4.1.3.2 Drahtgebundene Broadcasting Systeme

Charakterisierung

Neben den drahtlosen Rundfunksystemen gibt es auch die drahtgebundenen Systeme. Diese haben den Vorteil, daß sich nicht alle Systeme ein einziges Medium durch streng abgegrenzte Frequenzbereiche teilen müssen. Der Nachteil ist, daß Kabel verlegt werden müssen. Die Kapazität ist nur je Kabel begrenzt, wobei auch hier durch neue Verfahren der Kanalcodierung eine immer höhere Kanalbandbreite erreicht wird. Die Signale können immer wieder verstärkt und bei entsprechender Codierung korrigiert und weiter gesendet werden.

Existierende und in der Entwicklung stehende Systeme

Das wohl verbreitetste drahtgebundene Broadcasting System ist das Kabelfernsehen. Bis zu 34 analoge Kanäle werden in Deutschland über die Kabelnetze übertragen. Die Installationen sind jedoch unterschiedlich ausgebaut. Nach einer Studie von ANGA (Verband privater Kabelnetzbetreiber) und ZVEI (Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie) sind rund fünf Prozent der Netze in 300 MHz, 60 Prozent im 450 MHz, 20 Prozent im 606 MHz und 15 Prozent im 862 MHz Technik ausgebaut. Ein Rückkanal ist zwischen 20 MHz und 65 MHz vorgesehen. Hierzu müssen aber viele Verstärkerstellen umgerüstet werden [FS4/99]. Neue Installationen sind bereits entsprechend vorbereitet.

Weitere drahtgebundene Broadcasting Systeme im lokalen Bereich werden über LANs realisiert, denn in den meisten Protokollen ist ein Modus für Broadcasting oder Multicasting vorgesehen. (siehe auch 4.2.2.1 Local Area Network (LAN)).

Technische Problemstellungen für die momentane und zukünftige Entwicklung

Das Breitbandkabel wird zukünftig neben analogem und digitalem Fernsehen immer mehr von digitalen Diensten genutzt werden. Insbesondere, da der Frequenzbereich von 20 MHz bis 65 MHz für einen Rückkanal vorgesehen ist, wird das Netz in Zukunft

für den individuellen Netzzugang Verwendung finden. Dies ist dann jedoch kein Broadcasting System mehr.

Anwendungsrelevanz

Das Breitbandkabel stellt mit seinen sehr guten Übertragungseigenschaften (großer nutzbarer Frequenzbereich) und seiner sehr weiten Verbreitung eine ideale Infrastruktur für Kommunikationssysteme mit hoher Bitrate dar. Hier entwickelt sich ein Broadcasting System zum Kommunikationssystem, da sich in diesem Kabel Daten in beiden Richtungen übertragen lassen. Die Trennung von Kommunikations- und Broadcasting System wird dann nur noch durch die Anwendung bestimmt, der Übertragungskanal ist der selbe. Der Rückkanal kann auch über das Telefon aufgebaut werden. Dann ist die Übertragungskapazität sehr asymmetrisch. Mögliche Anwendungen hierzu sind Video-on-Demand oder Multimediaanwendungen im Internet.

4.1.4 Netzzugangstechnik

Charakterisierung

Für die drahtlose und drahtgebundene Kommunikation gibt es viele existierende Netze. Das Telefonnetz und das GSM Netz sind hier die verbreitetsten Vertreter. Alle diese Netze haben eine leistungsfähige Übertragungstrecke, über die die einzelnen Vermittlungsstellen miteinander verbunden sind. Der Nutzer von Kommunikationssystemen muß eine Verbindung zum Netz bekommen, damit er mit anderen Teilnehmern kommunizieren kann. Auch hausinterne Netze benötigen einen Zugang zum externen Netz. Die Netzzugangstechnik ermöglicht diese Anbindung.

Existierende und in der Entwicklung stehende Systeme

Für die Anbindung an die großen globalen oder zumindest nationalen Kommunikationsnetze gibt es verschiedene Verfahren.

ISDN bzw. Telefonanschluß

Private Internet-Benutzer benutzen meist herkömmliche ISDN (Integrated Services Digital Network) oder POTS (Plain Old Telephone Service) -Verbindungen, die je nach Bedarf auf- bzw. abgebaut werden. Der ISDN-Basisanschluß stellt eine Datenleitung mit 2 mal 64 kbit/s (B-Kanälen) und einen Signalisierungskanal mit 16 kbit/s (D-Kanal) zur Verfügung. Durch Bündelung der beiden B-Kanäle ist es möglich eine maximale Datenrate von 128 kbit/s zur Verfügung gestellt zu bekommen. Allerdings fallen dann auch die doppelten Gebühren an. Beim ISDN Primäranschluß stehen insgesamt 30 B-Kanäle zur Verfügung, wodurch 1920 kbit/s Nutzinformation übertragen werden kann. Bei ISDN findet die Übertragung der Daten im Basisband statt. Hausintern erfolgt die Datenübertragung auf zwei Doppeladern im Vollduplexbetrieb. Die Übertragung erfolgt in Rahmen zu 48 Bit. Der Anschluß an die Vermittlungsstelle findet über eine Doppelader

im Zeitgetrenntlagenverfahren statt. Leistungsmerkmale, die im ISDN angeboten werden, sind: Anklopfen, Anrufliste (erstellen), Anrufumleitung und -weiterleitung, Anzeige der Rufnummer, Gebührenanzeige und -übernahme, Konferenzschaltung, Kurzwahl und Makeln.

Der analoge Telefonanschluß verliert immer mehr an Bedeutung.

xDSL

Die xDSL (Digital Subscriber Line) Techniken sind für verschiedene Anwendungen optimiert und haben somit unterschiedliche Leistungsmerkmale. Ausgangspunkt ist es, über die bestehenden Kupferleitungen Übertragung hoher Datenraten zu ermöglichen.

ADSL

(Asymmetric Digital Subscriber Line). ADSL ist zur Zeit wohl der bekannteste Vertreter der xDSL-Familie. Die Übertragungsrate ist asymmetrisch aufgeteilt. Im Downstream (Datenübertragung zum Benutzer) sind 1 bis 5 Mbit/s möglich, während im Upstream (Datenübertragung vom Benutzer) lediglich Datenraten von 16 bis 640 kbit/s verfügbar sind. Die tatsächlichen Datenraten sind stark von der jeweiligen Qualität der Übertragungsleitung abhängig. Für die Übertragung wird nur ein Adernpaar benötigt. Laut ANSI wurde als Modulationsverfahren DMT (Discrete Multitone) festgeschrieben, als Konkurrenz dazu ist aber auch CAP (Carrierless Amplitude Phase Modulation) in Anwendung. sind: Internetzugang, Video on Demand, Remote-LAN-Access.

HDSL

(High-Bit-Data-Rate-Digital-Subscriber-Line). HDSL ist ein symmetrisches Übertragungsverfahren, es wird in beide Richtungen mit maximal 2,3 Mbit/s (Nutzdaten 2,048 Mbit/s) übertragen. In Europa gibt es Übertragungsstandards mit zwei oder drei Adernpaare mit bis zu 3x750 kbit/s. Neu ist die Entwicklung von HDSL 2 (ANSI-Standard), Ziel ist die Übertragung auf einem Adernpaar unter Beibehaltung der Reichweite (regeneratorfreie Strecken), das System ist allerdings für Europa nicht geeignet. Eingesetzt soll dabei OPTIS (Overlapped PAM Transmission with Interlocking Spectra) werden, um somit bislang ungenutzte Lücken im Spektrum zu nutzen.

RADSL

(Rate-Adaptive-Digital-Subscriber-Line). RADSL bietet die gleichen Merkmale wie ADSL, allerdings können RADSL-Modems die Übertragungsrate den örtlichen Kanaleigenschaften automatisch anpassen. RADSL ist nicht standardisiert.

SDSL

(Symmetric-Line-Digital-Subscriber-Line). SDSL soll eine maximale Übertragungsrate von 2,048 Mbit/s über ein Adernpaar bereitstellen und ist dem HDSL 2 Verfahren ähnlich. Es handelt sich um ein symmetrisches Übertragungsverfahren mit zwei Vollduplex-Übertragungskanälen. Übertragungsverfahren werden zur Zeit geprüft. Anforderungen sind bereits festgeschrieben.

VDSL

(Very-High-Bit-Rate-Digital-Subscriber-Line). VDSL bietet zur Zeit die höchsten Übertragungsraten. Es ist sowohl eine symmetrische als auch eine asymmetrische Vergabe der Übertragungsrate möglich. Die maximale Gesamtdatenrate beträgt dabei 52 Mbit/s. Die Verwendung nur eines Adernpaares schlägt sich dabei in der maximal überbrückbaren Entfernung nieder. Anwendungen sind, High-Definition-TV, Multimedia und Internet-Access

Beschreibung	ADSL	SDSL	HDSL	VDSL
Bitrate	Downstream 1,5 bis 8Mbit/s, Upstream 16 bis 640 kbit/s	Vollduplex 2,048 Mbit/s	Vollduplex 2,048 Mbit/s	Downstream 13 bis 52 Mbit/s, Upstream 1,5 bis 2,3 Mbit/s (asymmetrisch)
Max. Entfernung	6000m, bei Datenraten größer 1,5 Mbit/s kleiner 4000m	2000 – 3000m	4000m	350 bis 1500 m
Adernpaare	1	1	2 bei 1,544 Mbit/s 3 bei 2,48 Mbit/s	1
Bandbreite	Bis ca. 1 MHz	Ca. 240 kHz	Ca. 240 kHz	300 kHz bis ca. 30 MHz
POTS im Basisband	Ja	Nein	Nein	Ja
ISDN im Basisband	Nein	Nein	Nein	Ja

Powerline

Eine weitere Möglichkeit Zugang zu Kommunikationsnetzen zu bekommen, ist die Datenübertragung über den Hausanschluß der Energieversorger. Pilotversuche haben hier bereits stattgefunden. Der Vorteil ist, daß die Leitung ins Haus schon vorhanden ist.

Neu ist die Idee, Daten über das Stromnetz zu transportieren, nicht. Populärster Vertreter ist wohl das hinlänglich bekannte Babyphone, welches die Übertragung von akustischen Signalen über kurze Distanzen ermöglicht. Auch die Energieversorger (EVU) nutzen die Stromleitungen bereits seit den 20er Jahren, um per Tonrundsteuersignalen die Tarifumschaltung der angeschlossenen Stromzähler zu ermöglichen.

Neuentwicklungen zielen nun darauf ab, das vorhandene Stromnetz mit seiner ausgeprägten Infrastruktur als Verbindungsstrecke zwischen einem übergeordneten Telekommunikationsnetz und dem Endkunden zu nutzen. Die Schnittstelle zwischen dem Backbone-Netz eines Telekommunikationsanbieters und dem Stromnetz, befindet sich dabei auf der Niederspannungsseite einer Umspannstation (Trafostation), also am Übergangspunkt zwischen der Mittelspannungsebene (20 kV) zur Niederspannungsebene (230 V). Im inhouse Bereich unterscheiden sich dann die einzelnen Ideologien. Da der hauseigene Stromzähler als Tiefpaß wirkt und damit eine Sperre darstellt, werden die Signale vor dem Stromzähler ausgekoppelt und können dann einem lokalen Netz (Bsp. Ethernet) zugeführt werden oder auch nach dem Stromzähler wieder ins hausinterne Stromnetz eingekoppelt werden. Bei der letzteren Methode wird somit jede Steckdose zur Kommunikationsschnittstelle.

Die Topologie der Stromnetze hat zumindest in Wohngebieten im allgemeinen Baumstruktur, d.h. an 4 bis 6 abgehenden Versorgungssträngen einer Trafostation werden je Strang ca. 30 – 40 Hausanschlüsse versorgt. Damit ist aber auch klar, daß die angebotene Datenrate sich auf die Benutzer aufteilt. Derzeitige, in Feldversuchen eingebundene Systemen (ca. 20 Endnutzer) arbeiten mit einer Gesamtdatenrate von 1Mbit/s (bidirektional) im Frequenzbereich oberhalb der durch die Euronorm EN 60055 zugelassenen CENELEC - Bänder und nutzen unterschiedliche Frequenzbereiche im Frequenzband bis 30 MHz. Damit befinden sie sich im Bereich von Radiodiensten, Amateurfunk und anderen Funkdiensten.

Da das Medium Stromleitung eigentlich für die Übertragung von Energie (230 V, 50 Hz) ausgelegt ist, weist es durch fehlende Netzabschlüsse und dadurch bedingte Reflexionen, zusätzlich zum Tiefpaßverhalten, ein stark frequenzselektives Dämpfungsverhalten mit teilweise sehr schmalbandigen Dämpfungsmaxima auf.

Um eine sichere Datenübertragung zu gewährleisten, kommt hauptsächlich das OFDM (Orthogonally Frequency Division Multiplex) in Verbindung mit entsprechenden Fehlersehutzverfahren aber auch Bandspreizverfahren wie DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) und CDMA (Code Division Multiple Access) zum Einsatz.

Die angebotenen Dienste solcher Powerline Systeme beinhalten sowohl die klassischen Telekommunikationsdienste, wie Telefonie, Fax und Internet, als auch Mehrwertdienste, wie beispielsweise Zählerfernauslesung, Lastmanagement und Sicherheitsdienste. Auch die Steuerung von Verbrauchern ist möglich. Es besteht eine dauernde Anbindung des Endgerätes am Netz. Durch die paketweise erfolgende Datenübertragung

und die verwendeten Protokolle kommt es bei Echtzeitanwendungen teilweise noch zu erheblichen Verzögerungen, ähnlich VoIP (Voice Over Internet Protocol).

Die Übertragung der Signale erfolgt derzeit, bedingt durch die Struktur der Stromnetze (TN, TT), asymmetrisch zwischen Phase (L1, L2 oder L3) und Nulleiter. Zur Reduzierung der Abstrahlung gilt es noch geeignete Maßnahmen zu ergreifen. Optimistische Untersuchungen haben ergeben, daß mit moderaten Sendepiegeln und der Nutzung des Frequenzbandes bis 20 MHz durchaus Übertragungsraten von 100 Mb/s möglich wären.

Wireless Local Loop (WLL)

Neben den drahtgebundenem Netzzugang, gibt es auch den drahtlosen Zugang. Dies wird unter dem Begriff WLL zusammengefaßt. Neben den schnurlosen und zellularen Technologien wie DECT und GSM gibt es Systeme, die eine Punkt zu Punkt Verbindung von einem Endbenutzer zur Basisstation mit Anbindung an die globalen Netzwerke ermöglichen. WLL Systeme werden heute vorwiegend für den schnellen Internetzugang entwickelt, mit dem Vorteil, daß keine Kabel verlegt werden müssen. Die Übertragungsfrequenz liegt im Bereich von 2 GHz bis 60 GHz, denn nur dort sind ausreichend große Frequenzbänder noch frei. Auf diesen Frequenzen lassen sich jedoch nur Verbindungen im Sichtbereich realisieren, da die Freiraumdämpfung sehr hoch ist und im Schatten von Bäumen oder Häusern kaum noch ein Empfang möglich ist.

Technik	Frequenz	Datenrate/Kanal
DSC	2-3GHz	144 kbit/s
Lucent	3 GHz	128 kbit/s
Northern Telecom	3 GHz	64 kbit/s
Tadrian	2-3GHz	32 kbit/s
Ericsson	10.28 GHz	2 Mbit/s
Floware	3-10 GHz	4 Mbit/s
Telesicom	2-5 GHz	4 Mbit/s

Tabelle: Übersicht über WLL Systeme [VDI1]

Interaktive Videosysteme gibt es schon seit den 60er Jahren. Diese arbeiteten typischer Weise im Bereich von 2,5 GHz bis 2,7 GHz in USA und Kanada und sind ursprünglich für Schulsysteme gedacht gewesen. Viele Systeme orientieren sich an dem 6 bzw. 8 MHz breiten TV-Raster und übertragen je Kanal bis zu 8 MPEG codierte Videostreams. In New York hat z.B. die Firma Cellular Vision zwei Basisstationen bei 28 GHz in Betrieb.

Problemstellungen für die momentane und zukünftige Entwicklung

Die Anforderungen an den Netzzugang sind heute durch das Internet und dem Wunsch nach immer höherer Datenrate bzw. Signalbandbreite für z.B. Multimediaanwendungen gekennzeichnet. Soweit die Systeme schon spezifiziert und standardisiert sind, wie es z.B. bei ISDN der Fall ist, liegen auch die Datenraten fest. Bei neuen Systemen gibt es hier noch viele Variationen hinsichtlich Datenrate und Übertragungssicher-

heit. Insbesondere beim drahtlosen Netzzugang werden noch viele Systeme entwickelt werden. Der immer höhere Frequenzbereich stellt immer härtere Anforderungen an die Frontends der Systeme.

Der Netzzugang über Powerline ist noch lange nicht in allen Bereichen marktreif, denn die sehr schwierig zu handhabenden Kanaleigenschaften durch sehr unterschiedliche Netztopologien und viele Störquellen und der Zugriff von mehreren Teilnehmern auf den begrenzten Kanal erfordert noch viel Entwicklungsarbeit. Durch die angeschlossenen Stromverbraucher treten unterschiedlichste Störungen auf, die periodisch, aperiodisch, impulsförmige, schmalbandig aber auch breitbandig sein können.

Anwendungsrelevanz

Die Netzzugangstechnik ist die zentrale Technik für alle Entwicklungen, die einen Netzzugang benötigen. Dieser Anschluß muß individuell geschaltet werden. Die Übertragungsraten, die benötigt werden, können sehr unterschiedlich sein. Bei den heutigen Multimedia Anwendungen kann sie aber fast nicht zu groß sein, es sei denn der Engpaß der Datenübertragung liegt nicht im Netzzugang, sondern irgendwo in der Übertragungstrecke. Das bekannte „Last-mile-Problem“, das nicht nur die Telefongesellschaften kennen, betrifft insbesondere die privaten und kommerziellen Internetanwender. Dem Endnutzer ist nur wichtig, daß er einen möglichst schnellen und billigen Netzzugang bekommt. Die höchste Datenrate wird man sicherlich über ein separates Kabel erreichen können, das aber oftmals erst noch gelegt werden muß. Drahtlose Netzzugänge haben immer das Problem des begrenzten zur Verfügung stehenden Frequenzbereichs. Alle Verfahren, die ein bestehendes Kabel verwenden, müssen sich dieses mit der ursprünglichen Anwendung teilen (Telefon, Powerline, Breitbandkabel). Es wird also nur bei den reinen Verlegekosten gespart, denn die Endgeräte und Vermittlungsstellen müssen sowieso angepaßt werden.

Bei Powerline Systemen muß, um Klarheit zu schaffen und Störungen zu vermeiden, schnellstmöglich die Vergabe einer Frequenzzuteilung und eine Festlegungen zulässiger Sendepiegel oder Störfeldstrahlung erfolgen. Dann erst kann die endgültige Kanalkapazität ermittelt werden.

4.1.5 Netzwerktopologie

Charakterisierung

Datennetze können unterschiedlich aufgebaut werden. Prinzipiell gibt es drei verschiedene Strukturen: Stern-, Ring- oder Busnetze. Für den Nutzer ist nur wichtig, daß Daten von einem Endgerät zu einem anderen übertragen werden können. Die Datenrate und die Zugriffsgeschwindigkeit sind für ihn die wichtigsten Kriterien. Auf welcher Topologie das Netz aufgebaut ist, interessiert ihn nicht. Drahtlose Netze sind immer sternförmige Punkt zu Punkt Verbindungen mit einer zentralen Vermittlungsstelle. Bei drahtgebundenen Netzen gibt es auch andere Strukturen. Neben der Topologie gibt es

Unterschiede im Protokoll und dem Zugriffsverfahren auf das Netzwerk. Das Protokoll, das in einem Netzwerk Verwendung findet, muß in erster Linie berücksichtigen, ob mehrere Teilnehmer den selben Kanal (Frequenzbereich, Kabel) verwenden, oder ob der Teilnehmer nur mit dem zentralen Knoten oder seinen Nachbarn kommuniziert.

Existierende und in der Entwicklung stehende Systeme

In Weitverkehrsnetzen werden vorwiegend unregelmäßige Strukturen eingesetzt, die nach dem store-and-forward Prinzip arbeiten. Datenpakete werden auf frei wählbaren Wegen von Knoten zu Knoten weitergereicht, bis sie ihr Ziel erreichen. Durch entsprechende Routing Algorithmen kann eine möglichst gleichmäßige Auslastung des Gesamtsystems erreicht werden. An jedem Knoten können Übertragungsfehler korrigiert werden oder Daten bei fehlerhafter Übertragung neu angefordert werden. Daten können so in einem Knoten so lange aufbewahrt werden, bis sie fehlerfrei an den nächsten Knoten weitergereicht wurden. Bei lokalen Netzen ist die Struktur meist regelmäßiger und beruht auf einer der drei Topologien: Ringnetz, Sternnetz oder Busnetz.

Ringstruktur

Bei Ringnetzen befinden sich alle Teilnehmer des Netzes in einem Ring. Die Daten werden von einem Teilnehmer zum nächste weitergegeben, bis der Empfänger erreicht ist. Der bekannteste Vertreter von Ringnetzen ist der Token Ring (siehe auch 4.2.2.1 Local Area Network (LAN)). Bei diesen Netzen werden ein oder mehrere Tokens im Ring herumgereicht. Die Gefahr bei derartigen Netzen ist die Verdopplung oder der Verlust eines Tokens. Für den Zeitpunkt der Freigabe des Tokens gibt es ebenfalls verschiedene Varianten. Dies kann sofort nach dem Absenden eines Datenpakets durch den Sender als auch erst nach erfolgreichem Empfang durch den Empfänger geschehen. Token Ring Netze gibt es mit geschirmten Kabeln, Twisted Pair Kabeln und optischen Verbindungen. Der übliche maximale Abstand zwischen zwei Teilnehmern beträgt 150m bis 300m. Die Datenrate liegt bei bis zu 32 MBit/s.

Bei getakteten Ringen werden Frames fester Länge im Kreis geschickt, die jeweils von einem Teilnehmer gefüllt werden oder als leer gekennzeichnet sind. Die Anzahl der Frames wird bei diesem System durch die Länge des Rings bestimmt. Verfahren, die verhindern, daß der Ring von einem Teilnehmer blockiert wird, müssen vorgesehen werden. Eine Abart des getakteten Rings ist ein „Buffer Insertion Ring“, bei dem ein Teilnehmer, nur wenn er Daten Senden oder Empfangen möchte, einen Satz von Schieberegister in den Ring einfügt und sonst die Daten direkt weiterleitet. Auf diese Weise hat der Ring je nach momentaner Auslastung eine unterschiedliche Länge.

Glasfasernetze sind oft als Ringnetze ausgeführt, da optische T-Koppler eine sehr hohe Dämpfung verursachen und somit Busstrukturen ungeeignet sind.

Busnetzwerke

Bei einem Bussystem sind alle Teilnehmer an einem Bus bzw. Kabel angeschlossen. Die Systeme funktionieren entweder nach dem „Versuchen und Nachgeben“ Prinzip, bei dem ein Teilnehmer versucht zu Senden und, wenn er nicht durch einen anderen Sender gestört wird, seine Daten auf den Bus gibt oder nach dem CSMA/CD Verfahren

(Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection), bei dem der Sender den Bus abhört und zu senden beginnt, sobald dieser frei ist. Nach diesem Verfahren funktioniert z.B. das Ethernet (siehe auch 4.2.2.1 Local Area Network (LAN)). Es gibt geschirmte oder Twisted Pair Kabel oder Lichtwellenleiter, mit denen derartige Netze realisiert werden. Auf diesen Netzen sind verschiedene Protokolle etabliert. TCP/IP ist das verbreitetste, DECnet ist ein weiterer Vertreter. Der Vorteil von Bussen ist, daß jederzeit neue Teilnehmer angeschlossen oder vom Netz genommen werden können, denn ein Teilnehmer, der nicht sendet verhält sich passiv und beeinflußt das Netz nicht.

Sternnetze

Bei sternförmigen Netzen werden alle Teilnehmer mit einem zentralen Verteiler angeschlossen. Alle Verbindungen werden über den zentralen Knoten aufgebaut. Es muß somit von jedem Teilnehmer aus ein Kabel zur Zentrale verlegt werden. Die Performance des Knotens bestimmt die Leistungsfähigkeit des Systems. Viele Rechnernetze mit Terminals an einem zentralen Host werden in dieser Art realisiert. Telefonanlagen sind auch nach dem gleichen Prinzip aufgebaut, denn eine zentrale Vermittlung übernimmt den Verbindungsaufbau. Es lassen sich viele Sterne zu einem Gesamtnetzwerk verbinden, bei dem dann durch geschickte Router die Verbindung zwischen zwei Teilnehmern geschlossen wird. Alle heutigen Fernverbindungsnetze sind nach diesem Prinzip aufgebaut. Die Übertragung zwischen einzelnen Sternpunkten kann sowohl über elektrische oder optische Kabel als auch drahtlos erfolgen. Das Netz kann hierarchisch sein, so daß zwischen zwei Sternpunkten eine Hochgeschwindigkeitsverbindung besteht, während die Verbindung zu den Endteilnehmern niedrigere Übertragungsraten aufweist. Kopplungen zu Netzen anderer Topologie sind kein Problem, da an jedem Endknoten eine Brücke in ein anderes Netz sein kann.

Technische Problemstellungen für die momentane und zukünftige Entwicklung

Der Übergang von einem Netz zu einem anderen erfordert immer spezielle Bridges, die an beide Netze angebunden sind und sowohl die Anbindung auf Protokollebene, als auch die physikalischer Ebene ermöglichen. Dies ist jedoch unabhängig von der Topologie der beteiligten Netze. Heutige Netzwerke sind meist Mischformen, da die Vorteile aus mehreren Topologien genutzt werden, wobei die sternförmigen Netze insbesondere durch die drahtlose Kommunikation ein deutliches Übergewicht haben. Die technischen Herausforderungen liegen in der optimalen Kanalausnutzung. Neue Topologien wird man sicherlich nicht erfinden.

4.1.6 Datenschutz bei Datenübertragung

Charakterisierung

Firmeninterna, die durch unsichere Datenübertragungen an Dritte gelangen, verursachen jährlich Schäden in Milliardenhöhe. Auch im privaten Bereich, besonders beim Versenden von e-mails, ist so gut wie keine Sicherheit, daß die Nachricht nicht von ei-

nem Dritten gelesen wird, vorhanden. Vor allem das Internet ist eines der unsichersten Medien überhaupt. Im Internet ist es üblich, mit der Kreditkartennummer zu bezahlen. Diese ist dann natürlich auch von jedem kriminellen Mithörer verwendbar. Der Internetzugang zum eigenen Bankkonto (E-Banking) ist ein weiterer besonders sensibler Bereich, der höchsten Schutz erfordert. Um Daten im Internet sicher übertragen zu können, sind mehrere Bedingungen zu beachten. Diese Bedingungen und möglichen Verfahren, die nötig sind, sie zu erfüllen, sind nachfolgend aufgeführt.

Bei der Datenübertragung gibt es vier wesentliche Aufgaben:

- **Authentifizierung**
Eine Authentifizierung soll sicher stellen, daß eine Nachricht bzw. Daten, die bei einem Empfänger ankommen, auch von der Person stammen, die sich als Absender ausgibt. Zur Authentifizierung werden in der Regel Zertifikate in Verbindung mit Public-Key-Verfahren eingesetzt.
- **Integrität**
Integrität bedeutet, daß die vom Sender abgeschickten Daten auf dem Weg zum Empfänger nicht verändert werden können. Falls sie doch verändert wurden, muß der Empfänger dies erkennen können. Zur Sicherung der Integrität werden Prüfsummenverfahren verwendet.
- **Vertraulichkeit**
Die Vertraulichkeit entspricht dem Briefgeheimnis, außer dem Empfänger darf niemand die Möglichkeit haben die übertragenen Daten zu lesen. Um die Vertraulichkeit sicherzustellen werden Verschlüsselungsverfahren angewandt.
- **Anonymität**
Bezüglich der Kommunikation lassen sich drei Arten von Anonymität unterscheiden:
 - Anonymität des Absenders
 - Anonymität des Empfängers
 - Anonymität der Kommunikationsbeziehung

Vor allem im Internet hinterläßt der Benutzer elektronische Spuren. Durch die Menge der dabei anfallenden Einzeldaten ist es möglich, ein persönliches Verhaltensprofil zu erstellen. In den USA gibt es z.B. bereits Firmen, die sich darauf spezialisiert haben solche Verhaltensprofile zu erstellen und diese dann zur gezielten Werbung zu nutzen bzw. an entsprechende Interessenten weiterzugeben.

Existierende und in der Entwicklung stehende Verfahren

Die Verschlüsselung von Daten stellt die zentrale Aufgabe bei der Datenübertragung dar. Die Authentisierung läßt sich dann mit den ausgetauschten Schlüsseln durchführen. Grundsätzlich lassen sich zwei Verschlüsselungsverfahren unterscheiden :

Symmetrische Verschlüsselung

Bei diesem Verfahren erfolgen Ver- und Entschlüsselung der Nachricht mit dem gleichen Schlüssel. Das Hauptproblem bei diesem Verfahren ist, daß der Schlüssel vom Sender auf einem sicheren Kanal an den Empfänger übergeben werden muß, weil er sonst bei dieser Übergabe ausspioniert werden kann. Symmetrische Verfahren haben den Vorteil sehr schnell zu sein, Datenströme wie sie z.B. bei ISDN auftreten können ohne merkliche Zeitverzögerung problemlos online bearbeitet werden.

Asymmetrische Verschlüsselung

Diese Verfahren benutzt zwei zusammengehörige Schlüssel. Was mit dem einen verschlüsselt wurde, kann nur mit dem anderen entschlüsselt werden und umgekehrt. Der eine (public key) wird allen Kommunikationspartnern mitgeteilt, den anderen (private key) muß der Besitzer des Schlüsselpaares unbedingt geheimhalten. Um eine Nachricht zu verschlüsseln, verwendet der Sender den public key des Adressaten. Nur der kann sie mit seinem private key wieder entschlüsseln. Ein Problem bei diesem Verfahren ist, daß ein Angreifer unter fingierten Identitäten public keys veröffentlicht. Vertrauen die Kommunikationsteilnehmern diesen gefälschten Schlüsseln, kann der Angreifer sich unbemerkt in die vermeintlich sichere Kommunikation einklinken (Man in the Middle Attack). Um dieses Problem zu verhindern, muß die Zugehörigkeit eines public keys zu einer Person durch eine vertrauenswürdige Instanz bestätigt werden

Der Mechanismus der asymmetrischen Verschlüsselung ermöglicht auch digitale Unterschriften. Aus der zu versendenden Nachricht wird mit Hilfe einer sogenannten Einweg-Hash-Funktion eine kurze Prüfsumme erzeugt (Message-Digest oder Signature genannt). Diese Signatur verschlüsselt der Absender mit seinem privaten Schlüssel und fügt sie der Nachricht an. Das ganze Paket wird dann mit dem öffentlichen Schlüssel des Empfängers verschlüsselt und abgeschickt. Der Empfänger entschlüsselt das Paket mit seinem privaten Schlüssel.

Die Nachricht liegt danach in Klartext vor, die Signatur ist aber immer noch verschlüsselt. Zum Entschlüsseln der Signatur benutzt der Empfänger den öffentlichen Schlüssel des Absenders, anschließend berechnet der Empfänger die Signatur aus der empfangenen Nachricht neu und vergleicht sie mit der empfangenen Signatur. Sind beide nicht identisch ist entweder der Absender nicht der, der zu sein er vorgibt, oder die Nachricht wurde verfälscht. Das verwendete Signaturverfahren ist so beschaffen, daß es aussichtslos ist, zu einer vorgegebenen Signatur eine andere Nachricht zu erzeugen, die diese Prüfung besteht. Prüfsummen werden mit einer Einwegfunktion erzeugt, unter der mathematische Verfahren zu verstehen sind, die sehr schwer - praktisch unmöglich - zu invertieren sind.

Das asymmetrische Verfahren ist wegen des großen mathematischen Aufwands deutlich langsamer als das symmetrische Verfahren.

Moderne Verschlüsselungsverfahren sind sogenannte Hybridsysteme, diese benutzen zur Verschlüsselung der Nachricht ein symmetrisches Verfahren, zum Austausch der Schlüssel kommen jedoch asymmetrische Verfahren zum Einsatz. Ein Vertreter dieser Gattung ist das Programm PGP (Pretty Good Privacy) das von Phil Zimmermann entwickelt wurde. PGP verwendet RSA¹ oder DSS als asymmetrisches und IDEA (International Data Encryption Algorithm) als symmetrisches Verschlüsselungsverfahren, sowie MD5 (Message-Digest) oder SH-1 als Einweg-Hash-Funktion

PGP ist bei genügend langen Schlüsseln auf dem Übertragungsweg kaum angreifbar. Ein Nachteil ist die passwortgeschützte Speicherung der Schlüssel auf dem Rechner des Benutzers. Smartcards, die im Prinzip die gleichen Verfahren benutzen, speichern den geheimen Schlüssel wesentlich sicherer auf der Karte. Problematisch bei PGP ist auch, daß es keine zentrale Zertifizierungsstelle gibt, die die Echtheit von public keys bestätigt.

Ein weiteres Verfahren zur Verschlüsselung von Nachrichten ist S/MIME (Secure Multipurpose Internet Mail Extension). S/MIME ist kein eigenes Programm sondern ein auf dem MIME-Standard und dem PKCS (Public Key Cryptography Standards) beruhender erweiterter Standard. S/MIME wird als Erweiterung zu zahlreichen e-mail Programmen angeboten [RSA]. Die hierfür existierenden Zertifizierungsstellen überprüfen die Identität des Beantragenden nur sehr oberflächlich.

Technische Problemstellungen für die momentane und zukünftige Entwicklung

Wegen der höheren Sicherheit werden zukünftig immer mehr Smartcard-Lösungen eingesetzt. Für die Bestätigung, daß der Besitzer auch der rechtmäßige Eigentümer ist, muß derzeit eine 6-stellige Geheimzahl eingetippt werden. Biometrische Lösungen, etwa durch Gesichts- und Stimmerkennung an Bankterminals, Fingerabdruck (hier ist der Sensor auf die Karte integrierbar) oder Iris-Scan würden Sicherheit und Bedienerfreundlichkeit wesentlich erhöhen. Die Integration von Mehrwertdiensten wird den Nutzen der SmartCards bei Anwendern erhöhen und damit ihre Verbreitung beschleunigen. So kann mit einer Karte nicht nur signiert werden; die gleiche Karte dient als Fahrausweis für öffentliche Verkehrsmittel, als Eintrittskarte ins Kino, als elektronisch lesbarer Notfallausweis, etc.

Nötig hierfür ist vor allem eine –bisher nicht erfolgte- Normung dieser Zusatzfunktionen.

¹ RSA - Asymmetrisches Verschlüsselungsverfahren, das 1977 von Rivest, Shamir und Adleman entwickelt wurde

Anwendungsrelevanz

Firmen, die Daten zwischen einzelnen Standorten austauschen, können die Übertragung relativ einfach sichern, in dem die Daten vor dem Senden verschlüsselt werden. Schwieriger wird es bei interaktiver Kommunikation, bei der die Daten online ver- und entschlüsselt werden müssen. Hierfür gibt es inzwischen auch etliche Verfahren. Oftmals scheidet der Einsatz jedoch an mangelndem Interesse oder dem Bewußtsein für die damit verbundenen Gefahren. Private Nutzer sehen im Allgemeinen nur das Internet Banking als Anwendung für gesicherte Datenübertragung. Hier kommt noch dazu, daß eine rechtswirksame Unterschrift für eine Bestellung nötig wird. Ein einheitliches und sicheres System ist hier dringend nötig. Erst mit Smartcard-Lösungen, die dem Signaturgesetz genügen, sind rechtswirksame digitale Unterschriften möglich. Smartcards benutzen dabei die gleichen Verschlüsselungsverfahren. Im Unterschied zu Software-Lösungen ist jedoch der geheime Schlüssel unauslesbar auf der Karte gespeichert ist.

4.1.7 Body Area Network

Charakterisierung

Unter Body Area Network (BAN) versteht man die drahtlose Vernetzung von am oder im Körper befindlichen Komponenten zur Übertragung Personen bezogener Daten. Über eine definierte Schnittstelle kann ein kontrollierter Datenaustausch mit der Außenwelt stattfinden. Komponenten am Körper können alle Arten von mobilen Endgeräten (Handy, PDA, usw.), Sensoren an verschiedenen Körperstellen oder auch audiovisuelle Ausgabegeräte (Ohrhörer, Datenbrille, usw.) sein. Bei den im Körper befindlichen Geräten handelt es sich im Wesentlichen um Implantate (z.B. Herzschrittmacher) die drahtlos überwacht oder gesteuert werden.

Die Reichweite solcher Systeme ist auf den körpernahen Bereich beschränkt. Dadurch werden nur geringe Sendeleistungen benötigt, was einen geringen Stromverbrauch erlaubt. Die Datenraten sind je nach Anwendung unterschiedlich, jedoch gering, um die Komplexität der Sender und Empfänger klein zu halten. Dies ist wichtig für eine Miniaturisierung der Komponenten in einem Body Area Network. Sie sollen klein und unauffällig sein, damit sie überall Platz finden und angenehm zu tragen sind (z.B. ein in einem Pflaster untergebrachter Sensor, der den Heilungsprozeß einer Wunde überwacht und weitermeldet).

Existierende und in der Entwicklung stehende Systeme

Zur Zeit existiert nur der Prototyp eines Personal Area Networks (PAN) das von IBM in Zusammenarbeit mit dem Massachusetts Institute of Technology (MIT) entwickelt wurde. Dieses System macht sich die Leitfähigkeit des Körpers für die Übertragung zu Nutze. Die Datenrate liegt derzeit bei 2400 bit/s. Theoretisch jedoch sind bis zu 400 kbit/s möglich. Das System befindet sich noch im Entwicklungsstadium und soll dem Aus-

tausch von Daten zwischen Personen (z.B. Austausch elektronischer Visitenkarten) oder verschiedenen mobilen Endgeräten (z.B. Handy, PDA usw.), die in der Jacken- oder Hosentasche getragen werden, dienen.

Technische Problemstellungen für die momentane und zukünftige Entwicklung

Da es im Bereich Body Area Network derzeit nur wenige Entwicklungsaktivitäten gibt, sind die Problemstellungen vielfältig. Systemmerkmale (z.B. Netzwerktopologie, Zugriffsverfahren, Protokolle, Datensicherheit, usw.) die sich besonders für stromsparende und miniaturisierbare Lösungen eignen müssen erst noch näher untersucht werden. Übertragungseigenschaften ins Innere des Körpers sowie entlang des Körpers sind nur wenig erforscht. Darüber hinaus müssen Zulassungsfähigkeit und elektromagnetische Auswirkungen insbesondere auf den menschlichen Körper geklärt werden.

Anwendungsrelevanz

Body Area Networks können besonders im Medizinbereich eine hohe Relevanz erfahren, insbesondere dort, wo es nötig ist, Implantate oder Körpersensoren für die Patientenüberwachung drahtlos anzusprechen. In anderen Bereichen, wie z.B. im Freizeitbereich, wird es darauf ankommen inwieweit man kleine, stromsparende Sende- und Empfangseinheiten kostengünstig realisieren kann, um konkurrenzfähig zu bestehenden Standards sein zu können.

4.2 Kommunikationsnetzwerke

Das Telefonnetz war das erste elektronische Kommunikationsnetz für Sprache, das entwickelt wurde. Heute spielt insbesondere die mobile Kommunikation eine immer größere Rolle. Die zunehmende Forderung nach Mobilität stellt eine große technische Herausforderung dar. Die heutigen mobilen Telekommunikationssysteme haben diese Aufgabe weitgehend gelöst, doch der Wunsch nach immer besserer Qualität hinsichtlich Erreichbarkeit, Datenrate und Standardisierung erfordert immer neue Anstrengungen für die Entwicklung von Kommunikationssystemen und Kommunikationsnetzwerken. Dasselbe gilt auch für die drahtgebundene Kommunikation, bei der auch eine immer höhere Leistung des Systems bzgl. Datenrate und Zugriffscomfort gefordert wird.

4.2.1 Mobile drahtlose Kommunikation

Charakterisierung

Mobile drahtlose Kommunikationssysteme ermöglichen eine bidirektionale Übertragung digitaler Information. Grundsätzlich können Systeme mit Funkübertragungstechnik von optischen Systemen unterschieden werden. Mobile drahtlose Kommunikation

spielt sowohl im Haus als auch außerhalb eine zunehmende Rolle. Die bisherigen Standards unterschied diese beiden Bereiche. In der Zukunft wird die Trennung nicht mehr so deutlich sein.

Existierende und in der Entwicklung stehende Systeme

Für die mobile Kommunikation sind bereits einige Systeme etabliert. Es gibt jedoch bisher keinen einheitlichen weltweit gültigen Standard. Dies soll sich durch die Einführung von UMTS und Bluetooth ändern.

Bluetooth

Bluetooth ist ein Nahbereichsfunksystem, das in einem ISM-Band arbeitet (Bruttodatenrate 1Mbit/s). Mit Bluetooth lassen sich sogenannte Ad-hoc-Netzwerke mit einem Master (jedes Gerät kann Master sein) und bis zu sieben Slaves einrichten. Synchrone Sprachverbindungen als auch asynchrone Datenverbindungen werden unterstützt. Konzipiert wurde Bluetooth als Ersatz für Kabel und Infrarot. Mit Bluetooth soll ein robustes Übertragungssystem geschaffen werden, welches mit geringem Aufwand (Größe, Kosten, Stromverbrauch, Single-Chip-Integration) implementiert werden kann. Typische Anwendungen für Bluetooth sind z.B. das drahtlose Headset für das Telefon/Handy oder die drahtlose Anbindung von Peripherie (Modem/Drucker/Maus) an einen Laptop. Das Modulationsverfahren ist GFSK TDD mit Frequency Hopping und arbeitet bei einer Frequenz von 2,4 GHz bei einer Sendeleistung von 0dBm. Die Empfängerempfindlichkeit muß dadurch -70dBm betragen.

UMTS

Die Standardisierung von UMTS ist heute noch nicht abgeschlossen. Es sind auch noch verschiedene Übertragungsverfahren in der Diskussion, die auf der CDMA Technologie aufsetzen. Zwei Verfahren mit unterschiedlicher Frequenz- und Codeaufteilung stehen in der Konkurrenz. Das Framing der Daten ist bereits festgelegt. Bis zum Oktober 2000 sollen die Frequenzen für UMTS festgelegt werden und im Jahr 2001 die ersten Feldversuche stattfinden. 2005 soll dann das System im Einsatz sein.

Die folgende Tabellen faßt die wichtigsten heute existierenden Standards zusammen.

System	Versorgungs-bereich	Datenraten	Bemerkung
GSM	terrestrische Basisstationen	bis zu 12 kbit/s transparent	
Mobilfunksystem	europaweit, teilweise weltweit	bis zu 9,6 kbit/s mit Link Protocol	ETSI
GSM Phase2+ GPRS		bis 171,2 kbit/s paketorientiert	1998 standardisiert

DECT Picozellulares Kommunikationssystem	Weltweit	N-32 kbit/s transparent N-25,6 kbit/s geschützt N = 1..12	Basisstationen mit 20..300 m Reichweite Netzwerk für flächen-deckende Versorgung möglich
DCS	Europa	13 kbit/s netto	ETSI Standard
PHS	Japan	32 kbit/s	
Tetrapol	Europa	8 kbit/s	speziell für Sicherheitsorganisationen
TETRA Digitaler Bündelfunk	Europa	36 kbit/s brutto	speziell für Sicherheitsorganisationen
BLUETOOTH drahtloser Kabelersatz	weltweit einsetzbar Reichweite: 1..20 (100) m	Sprach- und Datenübertragung 64 kbit/s bis 721 kbit/s	Erster weltweiter Standard
UMTS FPLMTS 3. Generation Mobilfunk IMT-2000	UMTS: europaweit FPLMTS: weltweit	8 kbit/s bis 2 Mbit/s	UMTS wird möglicherweise Teil von FPLMTS
Modacom Mobiles Datenfunksystem	terrestrische Basisstationen europaweit	bis zu 9,6 kbit/s Nettorate stark abhängig von der Auslastung des Systems (typ. 2..5 kbit/s)	paketorientiert
WLAN IEEE802.11 ETS 300 328	Basisstationen mit 20..300 m Reichweite	brutto ca. 1 Mbit/s.. 2 Mbit/s Nettorate stark abhängig von der Auslastung des Systems	paketorientiert
IRIDIUM	weltweit	2.4 kbit/s	satellitenbasiert momentan Betrieb eingestellt

Für die Datenübertragung bei der mobilen Kommunikation gibt es verschiedene Verfahren, die sich durch unterschiedliche Aufteilung des zur Verfügung stehenden Fre-

quenzbereichs unterscheiden. Der Frequenzbereich kann sowohl zeitlich, als auch durch Übertragung auf unterschiedlichen Frequenzen unter mehreren Teilnehmern aufgeteilt werden. Es gibt auch Verfahren, die beide Techniken kombinieren.

Schmalbandübertragung

Bei einer sogenannten Schmalbandübertragung (Narrowband Technology) wird die digitale Datenübertragung auf je eine spezielle Trägerfrequenz aufmoduliert. Mehrere verschiedene Kanäle werden durch mehrere verschiedene Trägerfrequenzen realisiert.

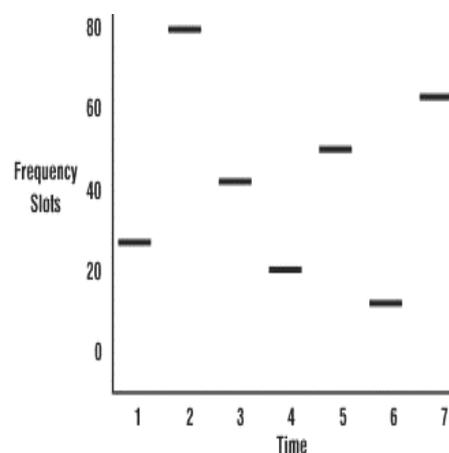
Störungen auf diesem Frequenzbereich wirken sich massiv auf den Datentransfer aus. Außerdem ist es durch Abtastung des möglichen Frequenzbereichs leicht, einen solchen Übertragungskanal zu finden (vergleichbar mit der Sendersuche in einem Radio) und dann abzuhören.

Vor allem im militärischen Bereich wurde deshalb ein anderes Verfahren entwickelt. Dabei wurde die Breite des Übertragungsbandes vergrößert (Bandspreizung, Spread Spectrum Technology), um eine höhere Störfestigkeit und Abhörsicherheit zu erreichen.

Frequency Hopping (FHSS)

Das Frequency Hopping ist eine sehr verbreitete Spread Spectrum Technik. Dabei vereinbaren Sender und Empfänger während des Verbindungsaufbaus eine Pseudozufallsfolge, nach der einige Male pro Sekunde (ca. 20) die Trägerfrequenz geändert wird (Abbildung 10). Dadurch gibt es praktisch keine Möglichkeit für einen unautorisierten Zuhörer, die Datenübertragung abzuhören bzw. zu manipulieren. Mehrere Kanäle sind dabei im selben Frequenzband möglich, da im allgemeinen die Hopping-Sequenz nur von einem Sender-Empfänger-Paar genutzt wird. Schmalbandige Störungen können durch den ständigen Trägerwechsel nur kurzzeitig die Übertragung beeinflussen. Werden die Daten jedoch durch eine Störung beschädigt, so muß der entsprechende Teil neu gesendet werden oder durch Fehler korrigierende Verfahren abgefangen werden.

Abbildung:
Prinzip des Frequency Hopping



Direct Sequence (DSSS)

Bei der Direct Sequence Technik arbeiten Sender und Empfänger in einem festgelegten Frequenzbereich. Dabei erfolgt die Bandspreizung bereits auf Signalebene. Dazu verschlüsselt der Sender jedes Datenbit in einer Pseudozufallsfolge aus mindestens zehn Zuständen, den sogenannten 'Chips', welche dann in dem festgelegten Frequenzband gesendet werden. Für unautorisierte Zuhörer verschwindet das Signal dadurch im Hintergrundrauschen. Der Empfänger, welcher die Verschlüsselungssequenz kennen muß, kann aus dem scheinbaren Rauschen die ursprüngliche Bitfolge rekonstruieren. Auch hier sind mehrere Kanäle im selben Band möglich, da eine Pseudozufallsfolge immer nur von einem Sender-Empfänger-Paar benutzt wird.

Die DSSS-Technik ist im Gegensatz zum Frequency Hopping unempfindlicher gegen Interferenzen (Delay Spread). Da bei drahtlosen Übertragungen das Signal nicht nur geradlinig vom Sender zum Empfänger geht, sondern auch über mehrfache Reflexionen an Wänden oder Gegenständen zum Ziel gelangt, erreichen den Empfänger mehrere zeitlich versetzte, abgeschwächte oder verzerrte Signale. Dabei können sich die Signale addieren oder auch gegenseitig auslöschen. Der Empfänger muß daraus trotzdem den übertragenen Wert erkennen können. Beim DSSS steht dafür ein breiteres 'Frequenz-Fenster' zur Verfügung, so daß hier der Einfluß der Störungen kleiner ist.

Technische Problemstellungen für die momentane und zukünftige Entwicklung

Die Entwicklung der Kommunikationssysteme zu Produkten ist in einigen Bereichen quasi abgeschlossen. Dies ist im Bereich GSM und DECT der Fall. Neue Entwicklungen finden hier in der Ankopplung an andere Systeme, wie z.B. Satellitennavigation, Notrufsysteme und viele andere Anwendungen statt. Die Verbindung mehrere Kommunikationssysteme ist noch nicht vollständig gelöst. Insbesondere eine kompakte, leichte und leistungsarme Implementierung von Multistandardgeräten gibt es noch wenige. Der GSM Standard ist 1998 für die Übertragung von Daten bis zu einer Datenrate von 171,2 kbit/s erweitert worden. Geräte werden Anfang 2000 erwartet [FS8/98].

Der neue Kommunikationsstandard UMTS verspricht eine Vereinfachung, da mit ihm sowohl inhouse Kommunikation, als auch mobile Kommunikation, wie sie heute mit GSM möglich ist, stattfinden soll. Die Datenrate ist variabel, je nach der momentanen Anforderung. Eine Anbindung an satellitenbasierende individuelle Kommunikation wird ebenfalls diskutiert. In diesem Bereich sollen 1999 die Standards festgelegt werden. Geräte und Applikationen werden bereits entwickelt.

Die besondere Schwierigkeit bei Bluetooth ist die Integration der digitalen Basisbandverarbeitung mit dem HF-Frontend auf einem Chip. Weitere Entwicklungen gehen in Richtung einer Erhöhung der Sendeleistung, um im zweiten Schritt auch Applikationen mit größerem Reichweitenbedarf bedienen zu können. Die extrem niedrigen Sendepiegel stellen hier eine besondere Herausforderung dar.

Anwendungsrelevanz

Die drahtlose Kommunikation gilt als eine der Schlüsseltechnologien der mobilen Gesellschaft. Alle Anwendungen, angefangen beim Internet-Surfen und Online-Banking bis zur Hausüberwachung von unterwegs, benötigen einen mobilen Netzzugang.

Der GSM Standard in Europa wird für immer mehr Datendienste verwendet. Das Mobile Telefonieren ist nur eine von vielen Anwendungen. Viele Nutzern, die das Mobiltelefon zum Datenaustausch mit einem Rechner verwenden benötigen jedoch eine größere Datenrate. Diejenigen, die nur telefonieren wollen, benötigen diese nicht. Der neue Standard UMTS hat sicherlich ein Akzeptanzproblem bei Personen, die mit dem jetzigen System zufrieden sind. Ähnliche Erfahrungen hat man auch bei stationären Telefon gemacht. Nicht jeder ist auf ISDN umgestiegen. Für alle Dienste mit niedriger Datenrate ist die Netzabdeckung wesentlich wichtiger als die Übertragungsgeschwindigkeit.

Für die Akzeptanz im Massenmarkt, für den Bluetooth konzipiert wurde, ist der Preis ein wichtiger Faktor. Der angestrebte Zielpreis (\$5 für Stückzahlen) kann nur durch weitestgehende Integration erreicht werden.

4.2.2 Drahtgebundene Kommunikation

4.2.2.1 Local Area Network (LAN)

Charakterisierung

Local Area Networks (LAN) sind Computernetzwerke für den lokalen Bereich. Das Netzwerk erstreckt sich über ein Gebäude oder mehrere benachbarte Gebäude. Netzwerke mit einer weiteren Ausdehnung werden als Wide Area Networks (WAN) bezeichnet oder wenn sie auf eine Stadt begrenzt sind als Metropolitan Area Network (MAN). Die Hauptanwendung von LANs ist die Vernetzung von Computern und deren Peripherie wie z.B. Drucker, Fileserver und andere gemeinsam genutzte Geräte innerhalb einer Firma.

LANs sind Bussysteme, bei denen mehrere Geräte auf einer gemeinsamen Leitung miteinander kommunizieren. Das Netzwerk kann in mehrere Stränge unterteilt werden, die dann über Bridges und Router miteinander verbunden werden. Auf diese Weise kann ein Netzwerk nahezu beliebiger Größe mit hoher Datenrate geschaffen werden.

Existierende und in der Entwicklung stehende Systeme

Für LANs gibt es mehrere Standards, die den Physical und Link Layer des OSI Schichtenmodells definieren. Aufbauend auf diesen Definitionen gibt es dann eine Reihe von Protokollen der oberen Layer, die teilweise offen sind, teilweise aber auch nur von wenigen Firmen unterstützt werden. Beispiele hierfür sind AppleTalk oder DECnet. Beide Systeme können z.B. auf dem Ethernet Protokoll aufsetzen.

Alle LAN Standards haben folgendes gemeinsam:

- gleiche Adreßlänge von 48 bit
- unterstützen broadcasting und muticasting
- 32 bit CRC Checksumme

Die IEEE Standards für LANs sind im allgemeinen für eine spezielle Datenrate und einen speziellen Kabeltyp definiert. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die existierenden Standards.

Typ	Standard	Daten Rate	Medium (Kabel)
Ethernet	IEEE 802.3	10 Mbps	Thik/Thin Coax UTP*
Fast Ethernet	IEEE 802.3u	100 Mbps	4 pair UTP* 2 pair UTP* Multimode Glasfaser
Giga-bit Ethernet	IEEE 802.3ab	1 Gbps	4 pair UTP*
Fibre Based Ethernet	IEEE 802.3.z	1 Gbps	Multi/Singlemode Glasfaser
100VG-AnyLAN	802.12	100 Mbps	4 pair UTP*
FDDI	ANSI	100 Mbps	Multimode Glasfaser
Token Ring	IEEE 802.5	4/16 Mbps	Shilded Twisted Pair

UTP*: Unshielded Twisted Pair

Token Ring

Das Protokoll eines Token Ring LANs wurde 1970 von IBM entwickelt und dann als IEEE 802.5 Standard festgeschrieben. In einem Token Ring Netzwerk kann immer nur ein Teilnehmer senden. In einem Ring von Teilnehmern wird ein sogenannter Token im Kreis geschickt. (siehe auch 4.1.5 Netzwerktopologie: Ringstruktur)

Ethernet

Das Ethernet Protokoll beruht auf den Definitionen von Xerox Corporation's Palo Alto Research Center (PARC) und wurde 1980 als IEEE 802.3 Standard festgeschrieben. Die Kommunikation der Teilnehmer eines Ethernet Busses wird aufgebaut, indem der Sender prüft, ob der Bus belegt ist, und dann, sobald der Bus frei ist, mit dem Senden beginnt. Bei diesem Verfahren kann es zu Buskonflikten kommen, wenn zwei Sender gleichzeitig zu senden beginnen. In diesem Fall ist die Datenübertragung für beide gestört und muß wiederholt werden. Die Wartezeit auf einen Netzzugriff ist nicht vorhersehbar. Deshalb ist ein Ethernet nicht für Echtzeitanwendungen nutzbar.

Jeder Ethernet Anschluß hat eine eigene einmalige 6 Byte Adresse. Die ersten 3 Bytes geben den Hersteller an, die letzten 3 Bytes dienen der Unterscheidung gleicher Geräte. Diese Ethernet Adresse wird auch von anderen Systemen (z.B. Token Ring) verwendet, denn so bleiben alle Geräte eindeutig identifizierbar. Für Internetanbindungen kann die Adresse auch durch Software geändert werden, um z.B. einen neuen Compu-

ter unter der alten Adresse ansprechen zu können.

Es gibt auch einigen drahtlose Ethernet Verbindungen. Diese sind jedoch nicht standardisiert und werden auch nur für Punk-zu-Punkt Verbindungen verwendet. (siehe auch 4.1.5 Netzwerktopologie: Busnetzwerke)

ATM

ATM (Asynchronous Transfer Mode) Netze werden für LANs meist nur als Backbones verwendet. Es gibt entsprechende Router oder LAN Emulatoren, die über ein ATM Netz Ethernet Teilnehmer miteinander verbinden. (siehe auch 4.1.2 Internet Technologie). ATM Netze stehen allerdings in direkter Konkurrenz zu Gigabit Ethernet Netzen. Datenraten bis zu 2,4 Gbit/s werden erreicht.

Technische Problemstellungen für die momentane und zukünftige Entwicklung

Für LAN Installationen gibt es viele Standards für unterschiedliche Datenraten. Die Datenrate wird sicherlich in den nächsten Jahren weiter steigen, die Protokolle werden aber noch lange benutzt werden, da unterschiedliche Datenraten das selbe Protokoll verwenden. Drahtlose Anbindungen an die Festnetze wird es in vielerlei Ausführung geben. Hier haben sich noch keine Standards durchgesetzt.

Viele Neuerungen wird es auf der Anwendungsseite geben, denn Multimedia Anwendungen erfordern meist hohe Kanalkapazitäten, die LANs zur Verfügung stellen können. Diese haben aber keinen direkten Einfluß auf die Entwicklung der Netze. Das im Bereich kommerzieller Netze erfolgreichste Protokoll CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection), das im Ethernet verwendet wird, wird mit steigender Datenrate und wachsender geographischer Distanz schwieriger.

Anwendungsrelevanz

Local Area Networks dienen der lokalen Datenübertragung mit hoher Geschwindigkeit. Neben den firmeninternen Computernetzwerken, werden die LANs im Privatbereich die Datenverteilung im Haus übernehmen. Aufgrund der hohen möglichen Datenraten sind Multimediasystemen mit Audio- und Videodaten hier die Hauptanwendungen. Über LANs lassen sich z.B. verschieden Fernseher, Computer und Datenquellen wie Videorecorder miteinander verbinden. Eine hausinterne Videoanlage kann solch eine Anwendung sein. Der Übergang von einem Lokalen Netz zu einem weitverzweigtem Netz (WAN) bis zu globalen Kommunikationssystemen ist fließend. Oft unterscheiden sich nur die Übertragungsprotokolle nicht aber die Anwendungen.

4.2.2.2 Hausbussysteme

Charakterisierung

Im Industriebereich, aber auch im Heimbereich werden immer mehr Steuerungs- und Regelungsaufgaben über ein Bussystem durchgeführt. Dies beginnt mit dem Schalten von Lampen, Steuern der Klimaanlage und Heizung und reicht bis zur Bedienung der Stereoanlage. Im Industriebereich übernehmen derartige Bussysteme z.B. die Steuerung von Fertigungsstraßen. Alle zu diesen Anwendungen gehörenden Geräte können über einen gemeinsamen Bus miteinander kommunizieren.

Existierende und in der Entwicklung stehende Systeme

Für den Aufbau eines Bussystems in Gebäuden gibt es verschiedene Topologien, die sich hinsichtlich der Zahl der zu verlegenden Leitungen und den Aufgaben einer evtl. vorhandenen Zentraleinheit unterscheiden. Prinzipiell gibt es vier Varianten, die in kommerziellen Systemen aber nicht so deutlich getrennt sind, da viele Systeme die Vorteile aus den verschiedenen Varianten kombinieren.

Leistungsfähige Zentraleinheit übernimmt gesamte Logik

In der ersten Generation wird eine mehr oder weniger leistungsfähige Zentraleinheit verwendet, z.B. in Form eines Steuergerätes oder eines Computers. Man legt jeweils eine Verbindung zu jedem im System existierenden einfach aufgebauten Sensor bzw. Aktor. Die Verdrahtung in Form eines Spinnennetzes oder Sterns ist aufwendig und teuer. Die Zentraleinheit fragt zyklisch (Polling) die Zustände aller angeschlossenen Sensoren ab und errechnet daraufhin die Reaktion der Aktoren.

Verteilte Steuerung

Die im System vorhandene Intelligenz wird auf mehreren Zentraleinheiten aufgeteilt, die ihrerseits über einen sogenannten „Zentralenbus“ verbunden sind. Dadurch reduziert sich zum einen der Verdrahtungsaufwand pro Untersystem, die Sensoren und Aktoren bleiben einfach und billig.

Zentraleinheit mit einem einzelnen Bus

Alle Komponenten sind über eine einzige Leitung miteinander verbunden. Man spricht in diesem Fall von einem Zubringerbus. Vorteil ist nun, daß es eine einzige Leitung gibt, die durch das System läuft.

Steuerung in den Sensor- und Aktorknoten

Alle Teilnehmer sind über ein einziges Kabel miteinander verbunden, die Kommunikation erfolgt also bitseriell. Zusätzlich fällt die Zentrale weg, da alle Teilnehmer mit einer mehr oder weniger großen Eigenintelligenz ausgerüstet sind.

Viele der im folgenden vorgestellten Bussysteme stellen eine Mischungen der verschiedenen Generationen dar, was zum einen Kostenvorteile mit sich bringt, zum anderen aber auch die technische Ausführung einzelner Komponenten innerhalb des Bussystems vereinfacht.

Es folgt nun eine technische Übersicht der neun zur Zeit wichtigsten Bussysteme in der Gebäudeautomation in Europa:

- BatiBUS

- CREABUS von CREA SYSTEMS
- Electronic Installation Building System (EBIS) von CuraNet
- European Home System (EHS)
- European Installation Bus (EIB)
- Local Control Network (LCN) von Issendorff
- LonWorks-System von ECHELON
- TwiLine von CWE
- LUXMATE von Zumtobel.

Bus	Übertragungsrate	Sitz der Intelligenz	Protokoll	Basispaket	Einsatz
BatiBUS	4800 Baud	eher dezentral, Knoten μ C auch mit Protokoll beschäftigt, zweiter μ C leicht anschließbar	CSMA/CA	14-32 Bytes gesamt, 7-25 Bytes Nutzdaten, 7 Bytes Adressinformation fest	Wohn- und Zweckbau
CREABUS	9600 Baud	dezentrales Multi-Master System	CSMA/CA	4-16 Bytes gesamt, 1-13 Bytes Nutzdaten, 3 Bytes Adressinformationen	Ein- und Mehrfamilienhäuser, kleinere Gewerbe- und Verwaltungsgebäude
EBIS	2400 Baud	Zentraleinheit vorhanden, nach Angaben von CuraNet Mischsystem zentral/dezentral dezentraler Modus programmierbar	Gerätebus-Ebene Master/Slave mit Polling, Zentralenebene Multi-Master mit CSMA/CA	Gerätebus: 2 Byte gesamt, 1 Byte Nutzdaten, 1 Byte Adressinformation	Ein- und Mehrfamilienhäuser, Bürogebäude, Industriegebäude, Krankenhäuser
EHS	bis 64 Kbaud	dezentrale Intelligenz	abhängig vom Übertragungsmedium, für bestimmtes Medium eindeutig in EHS festgelegt	bis 256 Bytes gesamt	Wohn- und Zweckbau
EIB	9600 Baud	dezentral, zweiter μ C leicht über Peripheral Electrical Interface (PEI) anschließbar	CSMA/CA mit 4 Prioritätsebenen	8-23 Byte gesamt, 1-16 Bytes Nutzdaten, 7 Bytes Adress- und Control-Information fest	gehobener Wohn- und Zweckbau (z.B. Banken)
LCN	9600 Baud	dezentral, Knoten μ C auch mit Protokoll beschäftigt	CSMA/CA	6-20 Bytes gesamt, 1-15 Bytes Nutzdaten, in Zukunft mehr möglich	Wohn- und Zweckbau
LON	bis 1.25 MBaud	vollständig dezentrale Intelligenz	p-persistentes CSMA/CA	12-255 Bytes gesamt, 1-228 Bytes Nutzdaten, 11-27 Bytes Verwaltung und Adressierung	Gebäudeautomation, Wohn- und Zweckbau, auch Industrie- und Automobilanwendungen
Twi-Line	max. 9600 Baud	eher dezentral, eine Zentrale übernimmt das mechanische Binding und die Zuordnung	privater Standard	Installationsbus: 5 trinäre Bit Adresse / 4 Bit Daten, Lastbus: 16-128 Bit Daten	Wohn- und Zweckbau
LUX-MATE	4800 Baud	dezentral, Knoten μ C auch mit Protokoll beschäftigt, zweiter μ C leicht a-	CD/CSMA/CA	4-15 Bytes gesamt, 0-5 Bytes Nutzdaten, 0-5 Bytes Adressinformati-	Professionelle Verwaltungsgebäude, Shops, Veranstal-

		schließbar		on	tungsräume, Industrie
--	--	------------	--	----	-----------------------

Technische Problemstellungen für die momentane und zukünftige Entwicklung

Alle Hausbussysteme sind nur für einfache Anwendungen mit niedriger Datenrate ausgelegt. Für Multimediaanwendungen ist die Datenrate zu niedrig. Eine Erhöhung der Datenrate ist nur durch Erweiterung des Protokolls und auch der physikalischen Übertragungsverfahren möglich. Die Kompatibilität zu den existierenden Systemen soll hierbei gewahrt bleiben.

Anwendungsrelevanz

Hausbussysteme haben ihre Hauptanwendung in Steuer- und Regelungssystemen im Haus. Angefangen beim Schalten des Lichts bis zu Heizungs- und Lüftungsregelungen. Die Verlegung von Hausbussystemen ist einfacher als bei Kabeln für LANs, denn die Topologie der Netze ist meist frei wählbar und spezielle Netzabschlüsse müssen nicht vorgesehen werden. Die Systeme sind im Markt eingeführt und es gibt eine große Anzahl von Applikationen, die sich damit realisieren lassen. Intelligent Wohnräume verwenden Hausbussysteme als Kommunikationswege. Nur bei höheren Datenraten stoßen die Systeme sehr schnell an ihre Grenzen. Telefonieren über solch einen Bus ist bereits nicht mehr möglich. Dagegen ist die Zahl der Busteilnehmer fast beliebig erweiterbar, so daß auch ganze Hochhäuser damit vernetzt werden können.

4.2.3 Optische Übertragung

Charakterisierung

Neben der drahtlosen Funkkommunikation gibt es auch die Möglichkeit der optischen Datenübertragung. Dies sind alle Systeme, die im Infrarotbereich senden bzw. empfangen. Optische Übertragungsverfahren über Glasfaserkabel sind hier nicht betrachtet, da diese nur für Highspeed Datenübertragungssysteme bis zu einigen GByte/s Verwendung finden, und für den Kommunikation nur im Hintergrund eine Rolle spielt.

Existierende und in der Entwicklung stehende Systeme

Das IrDA-Konsortium (mehr als 160 Firmen) entwickelte ein Verfahren zur Infrarotübertragung im Datenbereich, das im März 1994 zur Quasi-Norm avancierte. Durch diesen IrDA-Standard können Geräte verschiedener Hersteller reibungslos zusammen spielen. Die infrarote Datenübertragung wird z.B. dazu verwendet einen tragbaren Computer mit einem stationären Computer zu verbinden. Die verwendete Wellenlänge liegt im Bereich von 850 bis 900 nm. Die Übertragungsrate der Halbduplexübertragung beträgt mindestens 9,6kbps, die maximale entspricht der maximalen UART (Universal Asynchronous Receiver and Transmitter) Übertragungsrate von 115,2 kbps. In der Version 2.0

des IrDA-Standard beträgt die maximale Übertragungsrate 4Mbps, diese ist dann aber nicht mehr UART kompatibel. Zur Verbindung müssen die Geräte nach dem „point and shoot“ Prinzip positioniert werden, d.h. zwischen den Geräten muß Sichtverbindung bestehen und sie müssen sich gegenüber stehen. Die Entfernung zwischen den Geräten kann bei IrDA ca. 1m betragen, bei IrDA 2.0 sind Entfernungen bis ca. 2.5m möglich [IrDA].

Technische Problemstellungen für die momentane und zukünftige Entwicklung

Heutige Infrarot Systeme erwarten eine Sichtverbindung zwischen Sender und Empfänger. Dieses Problem versucht man durch Übertragungsverfahren zu lösen, bei denen auch noch das Streulicht des Senders ausgenutzt wird (Diffuse Infrarot). Dies setzt jedoch wesentlich empfindlichere Empfänger voraus, die einen sehr weiten Öffnungswinkel haben. Wireless LANs, die auf diffusen Infrarotsystemen aufbauen, sind bereits erhältlich. Im Rahmen des IrDA Standards gibt es seit diesem Jahr eine 16 MBit Erweiterung.

Anwendungsrelevanz

Infrarotsysteme haben den großen Vorteil, daß sie sehr lokal arbeiten. Im Nachbarraum ist bereits kein Empfang mehr möglich. Dies ist insbesondere im Heimbereich sehr positiv. Es gibt auch keine EMV Probleme, die bei allen Funksystemen diskutiert werden. Für die Kopplung mehrerer Geräte in einem Raum ist dies die ideale Technik. Die mobile Tastatur zum Internetfernseher oder drahtlose Kopfhörer sind hier Beispiele. In Verbindung mit stationären Empfängern in einem Raum läßt sich auch der Zugang zu beliebigen Netzwerken herstellen. Die optische Übertragungstechnik kann so eine Netzwerkerweiterung für die letzten Meter zum Endgerät sein. Dies ist nicht nur im Gebäude möglich, sondern auch im Freien, wenn die Entfernung klein bleibt und die Sonneneinstrahlung auf den Empfänger beachtet wird.

4.3 Positionsbestimmung und Navigation

4.3.1 Outdoor Navigation

Charakterisierung

Oft ist es nötig, den momentanen Aufenthaltsort und die Ortsänderung zu kennen. Es gibt einige Systeme, die die Positionsbestimmung im Freien ermöglichen. Diese Systeme sind im allgemeinen Satelliten gestützte Systeme. Mit Ihnen läßt sich sowohl der momentane Aufenthaltsort, als auch die Bewegung verfolgen. Für die Bewegungsverfolgung gibt es auch andere Möglichkeiten, die sich entweder an der Umgebung oder an Beschleunigungswerten orientieren. Alle diese Systeme dienen der outdoor Navigation.

Existierende und in der Entwicklung stehende Systeme

Das Global Positioning System (GPS) wurde vollständig vom U.S. Department of Defense (D.O.D) entwickelt und wird von diesem kontrolliert. GPS ist ein Satellitennavigationssystem, das ursprünglich für militärische Zwecke entwickelt wurde. Später wurde das System, allerdings mit verringerter Genauigkeit, auch für zivile Zwecke freigegeben. GPS benutzt ein Netzwerk aus 24 Satelliten, die sich in einer Umlaufbahn in ca. 17000 km Höhe befinden. Jeder dieser 24 Satelliten, die auf genau festgelegten und bekannten 12-Stunden-Bahnen die Erde umkreisen, sendet auf einer Frequenz von 1575,42 MHz einen nur für sich selbst geltenden PRN- (Pseudo-Random-Noise) Code aus. Um seine Position zu bestimmen, loggt sich ein GPS-Receiver auf das Signal von mind. drei Satelliten ein. Indem der Receiver die Laufzeit des Satellitensignals mißt, kann er präzise seine Entfernung vom jeweiligen Satellit berechnen. Benutzt er bei der Messung drei Satelliten, kann er den Höhen- und den Breitengrad bestimmen (Triangulierung), bei Verwendung von vier Satelliten läßt sich zusätzlich die Höhe bestimmen.

Die Genauigkeit dieses Verfahrens ist abhängig vom verwendeten Übertragungscode. Das D.O.D hat zwei Codes festgelegt : Den P-Code (Precision Code) für militärische Zwecke und den C/A-Code (Coarse Acquisition Code) für zivile Zwecke. Beim Betrieb stellte sich jedoch heraus, daß der C/A-Code eine exaktere Lagebestimmung zuläßt, als ursprünglich geplant. Aus diesem Grund wurde ein Verfahren (S/A - Selective Availability) entwickelt, welches die Genauigkeit des C/A-Codes zufällig herabsetzt. Die Genauigkeit eines GPS-Receiver bei verwendetem C/A-Code und aktiviertem S/A liegt in der Größenordnung von 20-300 m (meistens 50 m), mit deaktiviertem S/A wird eine Genauigkeit von 15m erreicht.

Von der US Coast Guard wurde jedoch ein Verfahren entwickelt, das auch bei aktiviertem S/A die Genauigkeit des GPS-Systems mit C/A-Code auf ein paar Meter steigert. Bei diesem Differential GPS (DGPS) genannten Verfahren werden zusätzlich zu den beweglichen Receivern (z.B. auf dem Rettungsboot) ortsfeste Receiver als Referenzstation eingesetzt. Diese Referenzstation kennt zu jeder Zeit die exakte Position jedes Satelliten ebenso wie ihre eigene. Dadurch kann die Station die theoretische Entfernung zu einem Satelliten berechnen. Dieser Fehlerwert wird jetzt an den mobilen Receiver übertragen, womit dann auch dieser den Fehler herausrechnen kann. Würde es zwischen stationärem und mobilem Receiver keine Laufzeitunterschiede bei der Übertragung des Fehlers geben, könnte damit die Position sehr exakt (unter 1 m) bestimmt werden. Um das DGPS-Verfahren nutzen zu können, benötigt der mobile Receiver eine zusätzliche Empfangseinrichtung für das Signal der Referenzstation. Es ist aber möglich, daß das S/A-Verfahren vom D.O.D deaktiviert wird, wodurch sich die Notwendigkeit von DGPS erübrigt.

GPS-Receiver sind in zahlreichen Varianten auf dem Markt erhältlich, eine Anwendung ist z.B. ein Navigationssystem für Fahrzeuge. Empfänger in der Größe eines Handys sind bereits erhältlich.

Das Russische Militär hat ebenfalls ein satellitenbasiertes System zur Ortsbestimmung im Betrieb. Dies ist das GLONASS (Global Navigation Satellite System) System und beruht auf den gleichen Meßmethoden. Die Zahl der Satelliten ist momentan stark reduziert, da aufgrund der kurzen Lebenszeit der Satelliten und dem Finanzmangel des russischen Militärs nicht schnell genug neue Satelliten in Betrieb genommen werden können.

Für die nächsten Jahre ist die Entwicklung eines europäischen Navigationssystems geplant (GNSS2). Vollständig betriebsbereit soll das System im Jahr 2008 sein.

Neben dem GPS und GLONASS-System werden zur Outdoor-Positionsbestimmung häufig propriozeptive Systeme eingesetzt. Diese Systeme verwenden Trägheitsnavigation (Beschleunigungs- und Rotationssensoren) zur Positionsbestimmung. Vorteil dieser Systeme ist die vollkommene Unabhängigkeit von externen Installationen. Der Nachteil besteht in der erheblichen, über die Zeit quadratisch wirksamen Ungenauigkeit (70 Meter nach einer Minute) und den hohen Systemkosten pro ausgerüstetem Objekt. In Kombination mit einem Rekalibrierungsmechanismus kann ein Trägheitsnavigationssystem jedoch als relativ hochauflösender Positions- und Orientierungssensor eingesetzt werden. Für die Ortsbestimmung im Sichtbereich gibt es Lasersysteme, die über Winkelpeilung den Ort eines Meßpunktes bestimmen. Diese Verfahren werden z.B. bei Leichtathletik Wettkämpfen zur Entfernungsmessung verwendet.

Technische Problemstellungen für die momentane und zukünftige Entwicklung

Im Bereich der Satelliten gestützten Navigation gibt es bisher erst einige Anwendungen, die die Positionsbestimmung mit anderen Systemen kombiniert. Das Notrufsystem des ADACs ist ein Beispiel für die Kombination von GSM und GPS. Viele weitere Anwendungen sind hier denkbar. Für die Genauigkeit und schnelle Positionsbestimmung nach dem Einschalten des Systems gibt es ebenfalls einige Ansätze. Hier ist insbesondere die Kombination mit anderen Navigationssystemen in Fahrzeugen von Bedeutung. Optische Verfahren, die sich an der Umgebung orientieren, sind hier in der Entwicklung und werden auch schon für Präzisionsmessungen in der Vermessung verwendet. Trägheitsnavigationssysteme finden ebenfalls ihren Einsatz. Im Bereich der Fahrzeugnavigation sind hier bereits einige Produkte auf dem Markt.

Die bisherigen Satellitennavigationssysteme (GPS und GLONASS) wurden von den amerikanischen bzw. russischen Militärs entwickelt und kontrolliert. In den nächsten Jahren soll ein europäisches System zur zivilen Nutzung entwickelt werden. Ziel ist es unter anderem ein System unter eigener Kontrolle zu haben. Dies wird im Rahmen des Galileo Projektes entstehen. Für dieses System werden sowohl die Satelliten als auch neue Endgeräte benötigt. Das neue System soll in den Jahren 2008 bis 2010 einsatzbereit sein. Die Grundlagen, die für GPS und GLONASS Empfänger entwickelt wurden, müssen dann an die neuen Standards angepaßt werden. Der Frequenzbereich, der für das

System genutzt werden soll, steht noch nicht fest. Entweder können die Frequenzen des russischen GLONASS Systems integriert werden oder ein Frequenzbereich im S-Band muß mit genutzt werden. Dies bedeutet, daß die Empfänger deutlich aufwendiger würden.

Anwendungsrelevanz

Navigationssysteme sind eine der Schlüsseltechnologien für privates und geschäftliches Reisen. Die Nachfrage nach derartigen Systemen macht dies deutlich. Inzwischen sind auch preiswerte Geräte für den Einbau in Autos erhältlich. Kleine handliche GPS Geräte sind auf dem Markt. Teilweise lassen sie sich auch mit anderen Geräten (z.B. Filmkameras, PCs) verbinden. Die Genauigkeit ist im Allgemeinen ausreichend. Eine Ortsauflösung von wenigen Metern genügt meist. Absehbar ist, daß mit dem Start des europäischen Systems, die Endgeräte dieses System nutzen werden, zumal die Entwicklung in erheblichem Maße von der EU gefördert wird.

4.3.2 Indoor Navigation

Charakterisierung

Im Gegensatz zur Navigation im Freien stehen der indoor Navigation keine Satelliten basierenden Systeme zur Verfügung, da diese immer eine Sichtverbindung zum Satelliten haben müssen. Von indoor Navigation spricht man, wenn es um die Positionsbestimmung in Räumen oder Gebäuden geht. Optische Verfahren funktionieren nur innerhalb eines Raumes, lassen sich aber auch auf ganze Gebäude ausdehnen.

Existierende und in der Entwicklung stehende Systeme

Für die indoor Navigation gibt es zwei Aufgaben:

- Das Objekt oder die Person will die Position bestimmen, an der es sich befindet.
- Das System will bestimmen, wo sich ein Objekt oder eine Person befindet.

Beide Problemstellungen lassen sich gemeinsam lösen, wenn eine Kommunikation des Objektes bzw. der Person mit dem System gegeben ist.

Um die Position eines Objektes im Raum zu erfassen, sind unterschiedliche physikalische Prinzipien bekannt und werden dafür teilweise bereits genutzt. Welches der Verfahren im Einzelfall geeignet ist, hängt von einer Reihe von Parametern ab wie:

- 2D- oder 3D-Überwachung nötig?
- Zu überwachende Raumgröße?

- Genauigkeit der Positionsbestimmung?
- Form und Ausbau/Ausstattung des Raums?
- Geschwindigkeit der zu lokalisierenden Objekte?
- Sind Objektmarkierungen möglich?
- Kann das Objekt mit aktiven Komponenten ausgestattet werden?
- Müssen mehrere Objekte gleichzeitig erfassbar sein und ist deren Identifizierung nötig?
- Welche Umgebungsbedingungen?

Prinzipien

Zur Positionsbestimmung kommen grundsätzlich folgende Verfahren in Frage:

- **Aufspannen eines (unsichtbaren, unmerklichen) Gitters**
Baut man ein elektrostatisches oder elektromagnetisches Feld (z.B. Kontaktmatten im Boden) oder optisches Gitter (optisch aufgespannte Vorhänge) in einem Raumvolumen auf, können geeignete Sensoren ihre Lage in diesem Feld mit hoher Genauigkeit bestimmen. Solche Tracking-Systeme werden z.B. in Virtual- und Augmented-Reality-Anwendungen verwendet. Ein Problem besteht in der Anfälligkeit der Feldgeometrie gegenüber Störungen und Verzerrungen durch die Einbringung oder Verschiebung von Objekten im Raumvolumen, insbesondere bei der Abdeckung größerer Räume.
- **Überwachung mit Laserscanner und Lichtlaufzeitmessung**
In frei einsehbaren (Teil-)Räumen wird ein Laserstrahl gescannt und über Laufzeitmessung die Raumform bzw. die Position von Gegenständen im Raum erfaßt. (Fa. Sick)
- **Laser-Tracking**
Das Objekt trägt einen Reflektor, der am Ausgangspunkt vom Laserstrahl getroffen wird und der dann verfolgt wird. Über Entfernung- und Winkelmessung wird die Lage bestimmt. (Leica, GMT)
- **Phasen- oder Laufzeitmessung**
Das Objekt sendet einen bestimmten Signalcode aus (IR oder Mikrowelle), der von unterschiedlich positionierten Empfängern aufgenommen wird. Die Laufzeitunterschiede ergeben die Position. Die Umkehrung davon (Objekt als Empfänger) ist auch denkbar. Ein Beispiel hierfür ist das Verfahren der Active-Badges. Diese haben aber den erwähnten Nachteil der schlechten Ortsauflösung. Vergleichbare Auflösungen bieten auch RFID-Systeme, die ebenfalls nicht nur zur Identifikation, sondern auch zur Lagebestimmung eingesetzt werden können.

- **Objektverfolgung mit Kameras und Bildverarbeitung**

Anhand eines eindeutigen Erkennungsmusters wird das Objekt im Kamerabild permanent eindeutig identifiziert. Falls mehrere Kameras benutzt werden, ist die Position eindeutig erfaßbar. Nachteile dieses Ansatzes sind die vergleichsweise hohe erforderliche Rechenleistung, die Schwierigkeit, eine kontrollierte Umgebung sicherzustellen, und die hohen Kosten pro Objekt (Kamera am Objekt) bzw. pro abgedecktem Raum (Kamera im Raum). Ähnliche Aussagen und Probleme gelten für die Versuche zur aktiven Ultraschallnavigation ("Fledermaus"-Ansatz). In Abwandlung kann das Objekt auch, falls möglich, mit einem zusätzlichen Erkennungsmerkmal (Leuchtdioden) ausgestattet sein.

Technische Problemstellungen für die momentane und zukünftige Entwicklung

Alle indoor Ortungssysteme benötigen eine lokale Infrastruktur. Im Gegensatz zur outdoor Navigation, die global sichtbare Satelliten benutzt, ist dies ein großer Aufwand, der vorhanden ist. Kombinierte Systeme, die im Haus und im freien funktionieren gibt es nicht. Mit dem GSM System lassen sich zwar auch Teilnehmer orten. Dies ist jedoch ein sehr unpräzises Verfahren, das auch nur funktioniert, wenn zwei bis drei Basisstationen mit dem Handy im Kontakt stehen.

Anwendungsrelevanz

Die Positionsbestimmung im Inneren von Gebäuden wird immer benötigt, wenn eine Person ortsabhängig mit Information versorgt werden soll. Dies kann im Kaufhaus das gezielte Werben vor einem Regal sein, oder im Heimbereich das Weiterleiten eines Telefongesprächs in das Zimmer indem man sich gerade befindet. Navigationssysteme sind zum Beispiel bei der Suche nach bestimmten Produkten im Kaufhaus oder Exponaten in einem Museum hilfreich.

4.4 Identifikationssysteme

Identifikationssysteme dienen der Erkennung von Personen oder Gegenständen. Anhand von geeigneten Merkmalen oder Codierungen werden die Gegenstände identifiziert. Dies geschieht entweder durch den Vergleich eines optischen oder akustischen Bildes mit vielen vorher gespeicherten Mustern, oder durch eine Kommunikation zwischen Gegenstand und Basisgerät, in dem Identifikation durchgeführt wird.

4.4.1 Transpondertechnologie

Charakterisierung

Das Wort Transponder ist ein Kunstwort aus dem lat.-engl. transmitter ("Sender") und responder ("Antwortgeber"). Im allgemeinen wird mit Transponder eine nachrichtentechnische Anlage bezeichnet, die aus einem Funkempfänger und einem ihm nachgeschalteten Sender besteht. Die empfangenen Signale werden aufgenommen, verstärkt und mit einer anderen Frequenz wieder abgestrahlt [MEY].

Konkret existieren die unterschiedlichsten Ausprägungen. Neben Satelliten (nicht Gegenstand der folgenden Darstellung) werden RFID-Datenträger (Radio Frequency Identification) als Transponder. Es handelt sich dabei um elektronische Schaltungen, die aus Antenne, Sende- und Empfangsteil, Logik und Speichereinheit bestehen und die über elektromagnetische Wellen ausgelesen, beschrieben und teilweise sogar mit Energie versorgt werden können. RFID-Datenträger in ihrer einfachsten Form können mit dem klassischen Barcode verglichen werden. Im Gegensatz zur weitverbreiteten Barcode-Technik muß bei elektronischen Transpondern zwischen Lesegerät und Objekt allerdings kein Sichtkontakt bestehen. Tatsächlich können sogar Materialien durchdrungen werden, wobei die Eindringtiefe von Frequenz und Materialeigenschaften abhängt. In der komplexeren mikroprozessorgesteuerten Form könnte man elektronische Transponder als mobile Datenspeicher bezeichnen und mit den weitverbreiteten Smart-cards vergleichen.

Existierende und in der Entwicklung stehende Systeme

RFID-Datenträger werden heute vornehmlich für Anwendungen im landwirtschaftlichen Bereich (Tierzucht), für Fertigungsautomatisierung in Industrieunternehmen, für Qualitätssicherung in Industrie und Logistik, für die Identifikation von Ladungsbehältern im Schienenverkehr eingesetzt. Experimentiert wird im Zusammenhang mit transponderbasierter Verfolgung logistischer Objekte (Gepäckabfertigung in Flughäfen, Paketdienste) und mit Automatisierung von Bezahlvorgängen. Kommerzielle Systeme, die hierbei eingesetzt werden, lassen sich über die jeweils verwendeten Frequenzen unterscheiden. Grob lassen sich hier drei unterschiedliche Frequenzen bzw. Frequenzbereiche nennen (abgesehen von einigen Exoten), die heute von Bedeutung sind:

64 – 135 KHz

Die meisten kommerziellen Produkte nutzen den Frequenzbereich zwischen 64 und 135 KHz zur Übertragung von Daten. Sowohl Daten als auch die für den Betrieb des Transponders notwendige Energie wird induktiv übertragen. Batterien werden nur selten in Verbindung mit RAM-Speicherbausteinen verwendet. Standardspeicher ist das EEPROM. Die Größe des Speichers liegt hier zwischen wenigen Bit und 2 kBit, die Reichweiten sind in der Regel wegen der induktiven Übertragung gering. Typische Lesereichweiten beginnen bei wenigen Zentimetern und erreichen im Extremfall etwa 1 m. Die Reichweiten für das viel energieaufwendigere Schreiben liegen weit darunter. Die Datenübertragungsraten sind aufgrund der niedrigen Frequenz ebenfalls vergleichsweise niedrig.

13,56 MHz

Smartlabels, wie sie heute probeweise in der Logistik eingesetzt werden, nutzen den Frequenzbereich um 13,5 MHz. Auch hier wird in der Regel auf eine Batterie verzichtet, Standardspeicherbaustein ist auch hier das EEPROM, die Speichergröße ist aufgrund der heute unterstützten Anwendungen eher gering (Bsp.: TI mit 256 Bit), die Reichweite für den Lesevorgang liegt aufgrund des batterielosen Betriebs auch hier bei maximal 1 m, die Reichweite für das Schreiben beträgt maximal die Hälfte dieser Entfernung. Verglichen mit den Low-Frequency-Tags aus dem letzten Abschnitt sind hier aufgrund der höheren Frequenz entsprechend höhere Datenübertragungsraten möglich.

2,45 GHz

Sehr viel komplexer und teurer als LF-Transponder und Smartlabels sind Mikrowellen-Transponder, die das ISM-Band um 2,4 GHz nutzen. Energieübertragung über elektromagnetische Wellen ist hier aus verständlichen Gründen nicht möglich (es werden die gleichen Frequenzen verwendet wie im Mikrowellenherd), es wird also eine Batterie für den Betrieb benötigt, als Speichertechnologie werden RAM-Bausteine benutzt, die – verglichen mit EEPROMs – sehr viel kürzere Zugriffszeiten auf den Speicherinhalt zulassen. Reichweiten solcher Systeme erreichen heute die 50m-Marke.

Im Fokus der Weiterentwicklung stehen heute vor allem die Systeme bei 13,56 MHz. Bedeutende Branchenvertreter wie Texas Instruments und Philips Semiconductors versuchen einen entsprechenden Standard voranzutreiben.

Technische Problemstellungen für die momentane und zukünftige Entwicklung

Auf Dauer ist damit zu rechnen, daß elektronische Tags, wie Transponder auch oft bezeichnet werden, den Barcode ersetzen (unter Umständen sogar auf Produktebene). Als problematisch gilt im Zusammenhang mit vielen potentiellen Anwendungen die mit passiven Transpondern maximal mögliche Reichweite von etwa einem Meter. Die Speicherkapazität reicht je nach Hersteller und Produkt von wenigen Byte bis hin zu 32 kByte und verursacht im allgemeinen bezogen auf die möglichen Anwendungen keine Schwierigkeiten. Wegen der fehlenden Batterie im Transponder müssen allerdings als Speicherbausteine EEPROMs verwendet werden, bei denen die – verglichen mit anderen Speichertechnologien – hohen Zugriffszeiten auf den Speicherinhalt schnell zu Problemen führen können. Das Problem des Multitagging kann inzwischen als gelöst betrachtet werden. Einige Hersteller und Forschungseinrichtungen sprechen von bis zu 200 Transpondern, die gleichzeitig gelesen werden können.

In Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen wird derzeit vor allem mit aktiven Transpondern, die mit einer langlebigen Batterie ausgestattet sind, und mit neuen Übertragungsfrequenzen (z.B.: 866 MHz) experimentiert. Zielsetzung sind höhere Reichweiten (bis zu 10 Meter auch bei 13,56 MHz) und höhere Datenübertragungsraten. Foliendisplays und flexible Substrate spielen im F&E – Bereich ebenfalls eine Rolle. Generell wird versucht, die Ideen und Erfahrungen, die bisher im Bereich der Smartcards gemacht wurden, auf Transponder mit größeren Reichweiten zu übertragen. Zielsetzung ist ein flexibler, intelligenter und multitagfähiger Transponder, der jederzeit ausgelesen und/oder beschrieben werden kann und der die Integration von Datenbanken

mit verteilten Zugriffsrechten ermöglicht. Bei sehr hohen Stückzahlen wird für die Smartlabels von heute ein Preis von etwa 0,5 DM für ein Tag genannt, der in den nächsten Jahren realistischerweise erreicht werden kann.

Anwendungsrelevanz

Automatische Kassen, bei denen der Einkäufer nur noch mit dem vollen Einkaufswagen durch eine Schleuse fährt, und dann der Preis der eingeladenen Waren bestimmt wird, sind sicherlich bald realisiert. Systeme, die nur der Warensicherung dienen sind schon reichlich im Einsatz. Die Zugangskontrollen von Personen kann ebenfalls mit Transpondersystemen realisiert werden. Somit lassen sich Personen, die einen entsprechenden Tag tragen individuell behandeln. Reisende können so z.B. gezielt in ihrer Sprache mit gewünschten ausgewählten Informationen versorgen, wenn sie auf Besichtigungstour sind.

4.4.2 Optische Identifikation

Charakterisierung

Neben den Identifikationsverfahren, die auf Funkübertragung beruhen, gibt es auch optische oder magnetische Verfahren. Dabei wird ein optisches Erkennungsmerkmal auf dem Objekt ausgewertet. Barcodes sind fest etabliert. Nahezu alle Konsumprodukte sind damit gekennzeichnet. Kennzeichnen und Einscannen sind technisch gelöst und in Form von vielfältigen Produkten verfügbar: Handscanner, Kassenscanner, Fernerkennung per Laserscanner oder CCD-Kamera. Die Datenkapazität eines üblichen eindimensionalen Codes ist jedoch sehr gering, so daß generell über eine Referenzierung und Datenübertragung zu einem Zentralrechner auf die interessanten Daten zugegriffen wird. Andererseits können eindimensionale Codes mit sehr hoher Störsicherheit bei Verschmutzung, Streulicht, verdreht und aus der Entfernung auch bei starker Verkipfung gelesen werden.

Existierende und in der Entwicklung stehende Systeme

Ein optisches Verfahren ist die Barcode-Scanner-Technologie. Eindimensionale Barcodes sind in vielen Lebensbereichen etabliert. Die Kennzeichnung auf Lebensmittelpackungen ist sicherlich die bekannteste Anwendung. Aber auch die Kennzeichnung von Bauteilen oder Inventarnummern sind am Markt eingeführt. Um den Nachteil der geringen Speicherkapazität zu umgehen wurden zweidimensionale Barcodes entwickelt.

Zweidimensionale Barcodes

Mit Hilfe der jetzt schon vorhandenen 2-dimensionalen Codes läßt sich eine viel höhere Datenmenge direkt auf dem Datenträger bzw. auf einen einzelnen Code-Symbol unterbringen. Durch ein optimiertes Design des Codes läßt sich weiter eine hohe Einlese-sicherheit erreichen. Damit entfällt die häufig schwierige Referenzierung, und ein Pro- dukt gibt zum Beispiel direkt Auskunft über seinen Inhalt, Preis usw. Die Anwendungen liegen beispielsweise beim maschinenlesbaren Personalausweis, bei Krankenblättern im Klinikbereich, sowie bei der Kennzeichnung von Halbleiterbauelementen.

Data-Matrix ist ein echter Matrix-Code, d.h. er kann mit flächenhaften CCD-Kameras ausgelesen werden, unabhängig von der Verdrehung. Mit anderen Worten: eine effek- tive Rückrechnung bei Verdrehung und Erkennung der Information ist möglich. Data Matrix wurde von der Fa. I.D. Matrix, Inc. USA eingeführt [BMC94]. Dieser Code wird vielfach zur Kennzeichnung von elektronischen Komponenten, bei der Kennzeichnung von Automobilteilen und im Pharmabereich eingesetzt. Wichtig ist, daß Data Matrix von der Halbleiterindustrie zur Kennzeichnung von Si-Wafern mit sehr kleinen Symbol- größen und automatischer Auslesung durch Handlingroboter verwendet wird. I.D. Mat- rix bietet verschiedene festinstallierte oder handgehaltene Lesegeräte an, die i.a. CCD- Kameras zur Bildaufnahme verwenden. Mit einem Handscanner können 120 Symbole pro Minute eingelesen werden.

Ein quadratisches Data-Matrix-Symbol nach dem ECC2200 Standard mit maximal 144 x 144 Zeilen und Spalten kann 1,556 KByte auf einer Fläche von 8 x 8 mm (bei einem quadratischen 50 µm-Punktemuster) aufnehmen.

Abbildung:
Beispiele für zweidi-
mensionale Barcodes



Alle diese Code-Symbole sind von [BARC98] entnommen.

Von der Mannheimer Firma DataSound wurde ein System angekündigt, das basierend auf zweidimensionalen Barcodes die Ausgabe von Audioinformationen in Zeitschriften gestattet. [RNZ99]

Technische Problemstellungen für die momentane und zukünftige Entwicklung

Alle optischen Verfahren sind empfindlich gegenüber Verschmutzung. Diesem Problem kann mit Fehler erkennenden (z.B. Prüfsummen) oder Fehler korrigierenden Codes begegnet werden. Die Datenmenge, die mit derartigen Verfahren gespeichert werden können, sind sehr gering, so daß im allgemeinen nur eine Objektnummer gespeichert wird, und dann mit Hilfe einer Datenbank alle zugehörigen Daten ermittelt werden können. Bekannte Probleme bei zweidimensionalen Barcodes sind weiterhin die Empfindlichkeit gegenüber Verdrehung und Kippen der Oberfläche.

4.5 Medientechnik

4.5.1 Audio- und Videodatenkompression

Charakterisierung

Audio- und Videosignale sind in nicht codierter Form mit sehr großen Datenmengen verbunden. Um Übertragungsbandbreite bzw. Speicherkapazität zu sparen werden sie daher in Multimediaanwendungen meist komprimiert. Man unterscheidet hierbei Kompression ohne Informationsverlust und Kompression mit Informationsverlust. Der Informationsverlust findet an Stellen statt, die das menschliche Auge oder Ohr nicht bemerkt. So werden die Schwächen der menschlichen Sinnesorgane zur weiteren Datenreduktion ausgenutzt. Bei der Datenkompression ohne Informationsverlust sind die Daten vor der Codierung identisch zu den Daten nach der Decodierung. Im allgemeinen Sprachgebrauch findet diese Unterscheidung meist nicht statt.

Existierende und in der Entwicklung stehende Codierverfahren

Die hohen Entwicklungskosten sowie der Wunsch nach Kompatibilität haben bei der ITU (International Telecommunication Union) sowie der ISO (International Organization for Standardization) zu Weltstandards für die Komprimierung audiovisueller Daten geführt. Die thematische Abgrenzung bei der Standardisierung audiovisueller Kompressionsverfahren zwischen beiden Organisationen schwindet zunehmend und es gibt auch Kooperationen. So wurde der ISO MPEG-2 Video-Codierungsstandard von der ITU als H.262 übernommen und andererseits stellte der ITU Video-Codierungsstandard H.263 eine wichtige Basis für den Videoteil des neu entstehenden MPEG-4 Standards dar. Die bisher verabschiedeten Video-Codierungsstandards der ITU und ISO sind hybride Transformationscoder. Die folgende Tabelle zeigt drei typische Anwendungsfälle:

Bildformat	QCIF (176x144 Pixel)	CIF (352 x 288 Pixel)	CCIR 601 = TV (704 x 576 Pixel)
------------	-------------------------	--------------------------	------------------------------------

Bilder /s	10	10	25
Codierungs-Standard	H.263	MPEG-1	MPEG-2
Brutto-Datenrate	4 Mbit /s	16 Mbit/s	160 Mbit/s
Kompression	40:1		
Komp. Datenrate	100 kbit/s	400 kbit/s	4 Mbit/s

Die Angabe von ca. 40 für die Kompression ist nur als Richtlinie zu verstehen und bezieht sich auf allgemeines Bildmaterial. Bei speziellen Bildern wie z.B. der Kopf/Schulteransicht eines Nachrichtensprechers oder beim Bildtelefon läßt sich eine deutlich höhere Kompression (ca. Faktor 160) erreichen.

H.320 Schmalband-Bildtelefonie (ITU)

Die ITU-T Norm H.320 beschreibt Bildtelefon-Systeme für Übertragungskanäle von 64 kbit/s bis 1920 kbit/s wie sie das ISDN zur Verfügung stellt. Für die Bildtelefonie ist eine bidirektionale Kommunikation in Echtzeit erforderlich. Daher sind, neben der im Rahmen des ISDN vorgegebenen Bitrate, eine geringe Decoder- und Encoder-Komplexität sowie ein geringes Delay besonders wichtig. Neben Audio- und Video werden für den Systemmultiplex die H.221 Norm sowie für den Control Teil H.241 empfohlen.

Für die Videocodierung ist ein hybrider Transformationscoder nach dem H.261 Standard vorgesehen, der 1990 verabschiedet wurde. Als Bildauflösung sind das CIF oder QCIF Format vorgesehen.

Die Audiocodierung erfolgt nach einer der Normen:

- G.711 : PCM
- G.722 : 7 kHz Audiocodierung bei 64 Kbit
- G.728 : Sprachcodierung bei 16 Kbit

H.324 Multimedia Kommunikation bei niedrigen Bitraten (ITU)

Der Standard H.324 Terminals ist für die Übertragung über das analoge Telefonnetz mittels eines Modems konzipiert. Empfiehlt neben den Standards für die Audio- und Videocodierung unter anderem auch den Control Standard H.245 sowie den Multiplex H.223.

Der H.263 Video-Codierungsstandard ist wie sein Vorläufer H.261 ein hybrider Transformationscoder. Die Bildformate beginnen bei SQCIF (128x96 Pixel) und reichen bis hin zu 16CIF (1408x1152). In der Praxis wird der Standard heute bis zum CIF-Format eingesetzt (352x288). Der H.263 Standard wird seinen Vorläufer H.261 voraussichtlich mit der Zeit verdrängen, da er durch einige technische Neuerungen („Half-Pixel Prediction“, Optionen) eine deutlich verbesserte Kompression aufweist. 1998 wurde eine Erweiterung des H.263 zum H.263+ verabschiedet in dem neben das Bildformat weitgehend frei gewählt werden kann.

Der G.723 Sprachcoder reduziert den Audio-Datenstrom auf 5,3 oder 6,3 kbit/s bei einer Bandbreite von 4 kHz. Er gehört zur Gruppe der LP-Coder (LPC - Linear Prediction Coding). Nach Aushandlung über den H.245 Control-Standard sind auch andere Audio-Coder wie MPEG-1 Layer-3 zulässig.

MPEG-1 (ISO)

Im Jahre 1992 wurde das MPEG-1 Verfahren als internationaler Standard unter der Bezeichnung ISO/IEC 11172 verabschiedet. Es wird zur Speicherung auditiver und/oder visueller Informationen auf CD-ROM, magnetooptischer Disks, etc. sowie zur Übertragung über digitale Netze angewendet.

Die Videocodierung erlaubt prinzipiell einen weiten Bereich von Bildgrößen, Bildwiederhol frequenzen und Datenraten. In der Praxis wird aber meist das sogenannte *Constrained Parameter Set* unterstützt, welches maximal das CIF Bildformat bei 25/30 Bildern/s und eine Datenrate bis etwa 1,8 Mbit/s vorsieht.

Die Audiocodierung hingegen benötigt selbst für Stereoton in CD-Qualität nur eine Datenrate von etwa 128 kbit/s. Es wurden drei Verfahren zur Audiokompression standardisiert, die als *Layer* bezeichnet werden. Der *Layer 3* bietet die beste Tonqualität bei niedrigen Bitraten und wurde am Fraunhofer-Institut für integrierte Schaltungen IIS-A entwickelt. Dieses Verfahren ist auch in den heute angebotenen MP3 Playern implementiert. Musikübertragung im Internet verwendet auch dieses Verfahren. Aufgrund der sehr weiten Verbreitung wird dieser Standard noch lange auf dem Markt vertreten sein.

MPEG-2 (ISO)

Der MPEG-2 Standard (ISO/IEC 13818) ist wie MPEG-1 untergliedert und seit November 94 als internationaler Standard anerkannt.

Er unterscheidet sich von MPEG-1 im Videobereich unter anderem durch die Unterstützung von Videosequenzen im Zeilensprungverfahren. Außerdem ist er auch für höhere Bitraten ausgelegt. Es sind Anwendungsprofile für die Codierung von Fernsehbildern (CCIR 601 Format) bis hin zum hochauflösenden Fernsehen HDTV (High Definition Television) festgelegt. Der Videoteil wurde von der ITU unter der Bezeichnung H.262 übernommen.

Im Audibereich wird eine verbesserte Qualität für sehr niedrige Bitraten bei eingeschränkter Bandbreite geboten. Außerdem wird Mehrkanalton unterstützt, der für die Übertragung in mehreren Sprachen oder eine verbesserte räumliche Klangdarbietung (*Surround Sound*) genutzt werden kann. Hier wurde neben einer weniger effizienten MPEG-1 rückwärtskompatiblen Lösung auch der MPEG-2 AAC Standard verabschiedet. Dieser erlaubt Abtastraten von 8kHz bis 96 kHz und eine beliebige Anzahl von Kanälen zwischen 1 und 48.

Der MPEG-2 Standard ist auch für das DVB (Digital Video Broadcasting) Projekt vorgesehen, das die Entwicklung und Harmonisierung des digitalen Fernsehens in Europa zum Ziel hat.

MPEG-4 (ISO)

Dieser ISO-Standard ist zweigeteilt. MPEG-4 Version 1 ist in der technischen Entwicklung abgeschlossen und kann inhaltlich nicht mehr verändert werden. Die endgültige formale Verabschiedung dieses Teils des Standards wird für 1999 erwartet. MPEG-4 Version 2 soll inhaltlich noch 1999 seine endgültige Form erhalten. Version 2 enthält keine Verbesserungen der in Version 1 standardisierten Methoden, sondern definiert zusätzliche ergänzende Funktionen.

MPEG-4 umfaßt zum einen weiter verbesserte Verfahren zur Codierung von Audio- und Videodaten und definiert zum anderen neuartige Funktionalitäten für Multimediaanwendungen, von denen einige hier kurz aufgelistet werden:

- **Objekte:** Audio und Video bestehen aus mehreren getrennt codierten Objekten, die entsprechend einem Kompositionsskript zu einer Szene zusammengesetzt werden.
- **Skalierbarkeit:** Durch eine einfache Multiplexoperation läßt sich eine Teilmenge des codierten Audio- bzw. Videodatenstroms bilden, die bei eingeschränkter Qualität decodierbar ist (Für Audio in Version 1 verfügbar, in Video für Version 2 geplant). Dies ermöglicht eine Anpassung an die jeweils augenblicklich verfügbare Kanalkapazität, ohne Rückkanal zum Sender.
- **Integration synthetischer Objekte:** Neben natürlichem Audio- und Video- können synthetisches Audio- (z.B. MIDI) und Videoobjekte (2D/3D) mit in Szenen integriert werden.
- **Interaktivität** durch den Benutzer wird unterstützt.
- MPEG-4 ist netzwerkunabhängig.

Technische Problemstellungen für die momentane und zukünftige Entwicklung

Die neueren Standards kombinieren Video- und Audio-Daten in einem Datenstrom. Sehr viele unterschiedliche Kompressionsraten sind möglich. Für eine konkrete Anwendung ist dann jeweils die nötige Datenrate auszuwählen. Bei den Codierverfahren ist im allgemeinen nur das Datenformat und die Funktionsweise des Decoders beschrieben. Für den Encoder existieren meist mehrere Verfahren, die sich in der Güte des Audio- oder Videosignals, das dann über den Kanal transportiert wird, unterscheiden. Eine optimale Implementierung sowohl des Decoders, als auch des Encoders ist jeweils zu suchen und zu entwickeln.

Audio- und Videodaten, die mit einem der oben genannten Verfahren codiert wurden, sind beliebig kopierbar. Ein Schutz des Urheberrechts ist nicht möglich. Hierzu sind einige Verfahren in der Entwicklung. Am Markt durchgesetzt hat sich noch kein Stan-

dard. Es gilt sowohl das Problem der unautorisierten Vervielfältigung als auch des Erkennens des Urhebers zu lösen. Die Synchronität von Audio und Video, die unterschiedlich codiert und evtl. auch unterschiedlich übertragen werden, stellt auch noch eine technische Herausforderung dar.

Anwendungsrelevanz

Die Übertragungskapazitäten moderner Kommunikationssysteme werden immer begrenzt bleiben. Alle Multimediaanwendungen müssen Audio- und Videodaten komprimieren, um eine ausreichende Übertragungsgeschwindigkeit zu erreichen. Auch immer kleiner werdende Speichermedien, wie z.B. Flash Speicher für Audiodaten, speichern die Daten nur komprimiert. Langfristig wird sich immer der höchste Komprimierungsstandard bei bester Qualität durchsetzen. Insbesondere Internetanwendungen, bei denen Encoder und Decoder in Software realisiert sind, können neuen Standards sehr schnell folgen. Ob sich Verfahren durchsetzen, die einen wirksamen Schutz gegen Vervielfältigung des Musikstückes oder Videofilmes, muß sich noch zeigen. Der Verbraucher hat daran sehr wenig Interesse zumal bereits sehr gute Verfahren in sehr vielen Geräten verkauft werden (MP3 Player, DVD).

4.5.2 Video Animation und Bildgenerierung

Charakterisierung

Für bildgenerierende Systeme, wie z.B. Simulatoren im Profibereich, als auch im Heimbereich müssen Bilddaten in Echtzeit generiert werden. Die Basis für die Bildgenerierung besteht im allgemeinen aus einer Datenbank, mit deren Hilfe zwei- oder dreidimensionale Ansichten von z.B. Landschaften, Gebäuden oder technische Geräte dargestellt werden können. Optische Effekte, wie Spiegelungen, Transparenz oder Verdeckungen müssen extra berechnet werden. In den letzten Jahren haben sich einige Sprachen entwickelt, mit denen dreidimensionale Objekte sehr einfach beschrieben werden können. Die Umsetzung in eine Pixelgrafik, die mit einem Projektor oder Bildschirm sichtbar wird, wird von Hochleistungsrechnern, bzw. Grafikkarten mit spezial ICs in PCs übernommen.

Existierende und in der Entwicklung stehende Sprachen für 3-D Bilder

Für die Bildgenerierung von 3D Grafiken stehen folgende Sprachen zur Verfügung.

VRML

VRML (Virtual Reality Modeling Language) ist eine einfach Sprache zur Beschreibung von 3D-Objekten und interaktiven 3D-Räumen. VRML ist dabei ähnlich wie HTML eine textuelle Beschreibung und besonders im WWW verbreitet. Es wird deshalb von den meisten 3D-Grafik-Produzenten und WWW-Browsern unterstützt. VRML Files können

mit einem einfachen Texteditor, mit VRML-Editoren oder mit 3D-Editoren und Export als VRML-File erzeugt werden.

VRML-Files enthalten Elemente wie Nodes (Knoten), Fields, Values usw., wodurch eine 3D-Welt beschrieben wird. Aus mehreren einfachen Körpern kann ein komplexer entstehen. Die Standardbausteine (einfache Körper) sind Box, Cone, Cylinder und Sphere.

Eine VRML-Szene ist ein Baum mit vielen Nodes, die die Szene beschreiben. Jede Node wird über zusätzliche Attribute (z.B. Form, Lage, Struktur für die Geometrie und Farbe, Reflexion, Texture für das Erscheinungsbild) spezifiziert. Seit VRML 2.0 sind VRML Welten nicht mehr ‚starr‘, sondern können sich bewegende Elemente enthalten.

Quicktime VR

Quicktime VR ist Grafikformat für einfache 3D Panoramen und 3D 'Rundum-Ansichten' eines Objektes. Das besondere an Quicktime VR ist, daß fertige Panoramen auch auf relativ niedrigem Hardwareniveau ablaufen können, da Quicktime VR eher ein ‚3D-Video‘ ist als eine Beschreibung einer 3D-Welt. Aus einer Vielzahl von Einzelbildern (z.B. Fotos) wird mit Quicktime VR Authoringtools ein Panorama oder eine 'Rundum-Ansicht' eines Objektes geschaffen, die dann mit einem Quicktime VR Player abgespielt, den Eindruck einer relativ frei navigierbaren 3D Welt erzeugen. Mehrere Ansichten lassen sich über sogenannte Hotspots miteinander zu einer größeren Welt verbinden.

Quickdraw 3D

Quickdraw 3D ist ein 3D Grafik API von Apple. Es ermöglicht die systemweite Verwendung von 3D (verfügbar für Windows und MacOS). Quickdraw 3D ist durch Plug-Ins um weitere Komponenten bzw. durch 3D-Hardware erweiterbar. VRML besitzt eine Schnittstelle zu Quickdraw 3D.

Open GL

Open GL ist ursprünglich als 3D Grafik API bei SGI entstanden. Heute wird Open GL von der ARB (OpenGL **A**rchitecture **R**eview **B**oard) weiterentwickelt. Das ARB hat acht Mitglieder: DEC, Evans and Sutherland, HP, IBM, Intel, Intergraph, Microsoft und SGI. Jedes Mitglied hat eine einzelne Stimme zur Weiterentwicklung von Open GL. Open GL ist auf Workstations und auf Windows-PCs verfügbar.

Anwendungsrelevanz

Die Hauptanwendung von Bildgeneratoren im Privatbereich sind Videospiele. Oft wird die Bildgenerierung und die Wiedergabe von komprimierten Filmsequenzen kombiniert. Informationssysteme sind aber auch Applikationen für Bildgeneratoren. Im PC wird die Prozessorleistung für die eigentliche Anwendung reserviert, den Bildaufbau übernimmt eine Spezialhardware. Die selben Verfahren findet man auch in Videoanimationen, wie sie im Internet verbreitet sind. Übertragen werden nur die Anweisungen zum Bildauf-

bau, nicht das Bild selbst. Dies läßt sich bei allen synthetischen Bildern und Videos ausnutzen.

4.6 Benutzer Schnittstelle (MMI)

Jedes elektronische Gerät benötigt eine Schnittstelle zum bedienenden Menschen, oft als „Man-Machine-Interface“ (MMI) bezeichnet. Diese Schnittstelle muß es ermöglichen, das Gerät zu steuern als auch vom Gerät Signale zu erhalten. Bildschirm und Tastatur sind hier die bekanntesten Vertreter. Die drei menschlichen Sinne Sehen, Hören und Fühlen werden als Schnittstelle benutzt.

4.6.1 Personal Assistent

Charakterisierung

Elektronische Terminkalender und Adreßdatenbanken gibt es heute in einer ganzen Anzahl unterschiedlicher Produkte. Der Übergang vom Taschenrechner mit Terminkalender bis zum Notebook ist fließend. Unter PDAs (Personal Digital Assistent) werden im allgemeinen nur Handheld und Palmsize Geräte verstanden.

Existierende und in der Entwicklung stehende Systeme

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über heute am Markt erhältliche Systeme. Viele dieser Geräte haben eine Infrarotschnittstelle, über die die Handhelds mit einem PC oder Mobiltelefon kommunizieren können. Es gibt bereits Geräte, mit denen man zusammen mit einem Mobiltelefon, das direkt über Kabel oder über die Infrarotschnittstelle angeschlossen wird, mobilen Internet Zugang hat. Integrierte Systeme, die bereits mit einem Mobiltelefon kombiniert sind, gibt es heute bereits zu kaufen.

Heute sind fünf Betriebssysteme etabliert:

- WIN CE 2.0 (Handhelds) bzw. 2.11 (Palmsize)
- Palm OS 3.x (3com)
- EPOC 16, EPOC 32 (Psion)
- GEOS 3.x (Nokia)

Hersteller	Produkt	Format	Größe	Display	Auflösung	Farbe	Bedienung	Anschlüsse	ROM MB	RAM MB
3com	Palm III	Palm	119x81x15mm	LCD	?	?	Pen	serial port		-
	Palm IIIx	Palm	119x81x15mm	LCD	?	?	Pen	IR; serial port		-
	Palm V	Palm	114x79x10mm	LCD	?	?	Pen	IR; serial port		-
Psion	Serie 3mx	Handheld	165x85x22mm	LCD	480x160	Grau	Tastatur	IRDa/RS232	2	-
	Serie 5	Handheld	170x90x23mm	LCD	?	Grau	Tastatur/PEN	IRDaRS232	2	-
	Serie 5mx	Handheld	170x90x23mm	LCD	640x240	Grau	Tastatur/PEN	IRDa	-	-
HP	Jornada 420	Palm	130x81x22mm	CSTN-LCD	240x320	256	PEN	IRDa/RS232	8	16
	Jornada 680	Handheld	189x95x34mm	CSTN-LCD	640x240	256	Tastatur/PEN	IRDa/RS232/RJ11	16	32
Casio	Cassiopaia E15-G	Palm	?	FSTN	240x320	16G	PEN	?	-	-
	E-105-G	Palm	86x131x22mm	TFT-LCD	240x320	65K	PEN	IRDa/RS232C/CompFlash	16	-
Everex	Freestyle Manager A15	Palm	122x80x16mm	LCD	240x320	?	PEN	Infrarot/Serieller Port	8	-
	Freestyle Monster Manager/Executive	Palm	122x80x16mm	LCD	240x320	?	PEN	Infrarot/Serieller Port	8	-
Nokia	9000i Communicator	Handheld/Handy	173x64x38mm	LCD	640x200	?	Tastatur	Infrarot	?	?
	9110 Communicator	Handheld/Handy	158x56x27mm	LCD	640x200	?	Tastatur	IRDa/RS232/IR-TranP	?	?
Compaq	Aero 2120	Palm	?	TFT-LCD	240x320	256	PEN	IRDa/Seriell	12	24
	Aero2130	Palm	?	TFT-LCD	240x320	256	PEN	IRDa/Seriell	12	24
	C-Serie 810	Handheld	185x100x33	STN-LCD	640x240	4G	Tastatur	IrDa/Seriell/RJ11	16	20
	C-Serie 2010c	Handheld	185x100x40	STN-LCD	640x240	256	Tastatur	IrDa/Seriell/RJ11	16	32
LG-E	H-120S	Handheld	196x109x28mm	?	640x240	?	Tastatur	IrDa/RS232/VGA-OUT	8	-
	H-120F	Handheld	196x109x28mm	?	640x240	?	Tastatur	IDA/RS232/VGA-OUT	8	-
Philips	Nino 200	Palm	83x138x22mm	?	240x320	4G	Pen	Infrrot/Seriell/CompFlash	8	48
	Nino 300	Palm	83x138x22mm	?	240x320	4G	Pen	Infrrot/Seriell/CompFlash	?	?
	Nino 500	Palm	83x138x22mm	?	240x320	256F	Pen	Infrarot/Seriell/CompFlash/ext.Speak	16	?
	Velo 500	Handheld	172x95x31	?	640x240	16G	Pen/Tastatur	IrDA/RS232	16	?
Olivetti	da Vinci	Palm	87x128x21mm	?	160x160	?	Pen/ext.Tast	Seriell	0,7	-
Sharp	HC-400G/4100G	Handheld	186x95x30mm	LCD	640x240	16G	Pen/Tastatur	Seriell/IRDa/PC-CardII	?	?
	HC-4200G	Handheld	186x95x30mm	LCD	640x240	16G	Pen/Tastatur	Seriell/IRDa/PC-CardII	16	?
	HC-4500G	Handheld	186x95x30mm	LCD	640x240	256F	Pen/Tastatur	Seriell/IRDa/PC-CardII	?	?
	HC-4600G	Handheld	186x95x30mm	LCD	640x240	256F	Pen/Tastatur	Seriell/IRDa/PC-CardII	16	?
Ericsson	MC 16	?	183x94x29mm	LCD	640x240	16G	PEN	IRDa/RS232/PCMCIA/synop-CompFlash	10	-

Technische Problemstellungen für die momentane und zukünftige Entwicklung

Die Funktionen, die in einem Handheld Computer realisiert werden, werden immer umfangreicher. Die Kombination mit einer Modemschnittstelle oder die Anbindung an die Mobilfunknetze wird bereits entwickelt. Die Anbindung an das Internet wird hier weiter voranschreiten. Multimedia Applikationen (MP3, Video) werden ebenfalls auf die PDAs portiert werden.

Anwendungsrelevanz

Der PTA wird als zentraler kleiner Helfer für viele Anwendungen an Bedeutung gewinnen. Terminkalender, elektronischer Einkaufszettel, der im Supermarkt die Bestellung abgibt, Fernbedienung für Licht und Fernseher und Abspielgerät für Musik sind nur einige denkbare Applikationen. Hier gibt es noch viele Aufgaben die den PTAs übertragen werden können. Durch Infrarot- oder Funkschnittstellen können sie auch als Kommunikationsschnittstellen dienen.

4.6.2 Visuelle Ausgabetechnik

Charakterisierung

Für die visuelle Ausgabe gibt es grundsätzlich zwei Bereiche: Displays und Projektoren. Displays sind in unterschiedlichen Ausführungen erhältlich, die sich hauptsächlich in der verwendeten Technologie unterscheiden. Am weitesten verbreitet sind Flüssigkristallanzeigen (LCD) und Vakuumfluoreszenzanzeigen (VFD). Weitere Technologien wie Plasma Displays, Elektroluminiszenz Anzeigen (ELDs) und LED Anzeigen kommen bisher nur selten zum Einsatz. Für den Einsatz in Multimediasystemen sind besonders Miniaturdisplays interessant.

Existierende und in der Entwicklung stehende Systeme

Miniaturdisplays kommen bisher hauptsächlich in kopfgetragenen Geräten (HMDs), vor allem im Militärbereich, zum Einsatz. Sie können aber auch in Geräte eingesetzt werden, die z.B. am Handgelenk (analog zu einer Armbanduhr) getragen werden. Die Siemens AG z.B. plant, in Zusammenarbeit mit Kopin, das unten aufgeführte Cyberdisplay in einer Docking-Station für Mobiltelefone einzusetzen. Die folgende Tabelle gibt einen Einblick, in existierende Systeme und deren Eigenschaften.

Hersteller	Kopin	Kopin	Planar	Planar
Bezeichnung	Cyberdisplay 320	Cyberdisplay 320c	MicroBrite Mono-chrome Display	MicroBrite Full Color Display
Technologie	Aktiv-Matrix-LCD (TFT)	Aktiv-Matrix-LCD (TFT)	Aktiv-Matrix-Elektroluminiszenz (AMEL)	Aktiv-Matrix-Elektroluminiszenz (AMEL)
Auflösung	320x240; 76.800 Pixel	320x240; 76.800 Pixel	640x480, 307.200 Pixel	640x480, 307.200 Pixel
Kontrastverhältnis	80:1	80:1	100:1	100:1
Helligkeit	20fL	20fL	75fL ²	18fL
Darstellung	Graustufen (>256 Stufen)	Graustufen (>256 Stufen)	Graustufen (>256 Stufen)	
Aktive Fläche	4,8x3,6mm	4,8x3,6mm	15,5x11,4mm	15,5x11,4mm
Maße	17x11,2x9,9mm	17x11,2x9,9mm	20,8x24,1x1,7mm	20,8x24,1x10,2mm
Gewicht	6,5g	6,5g	2,1g	<14g
Hintergrundbeleuchtung	LED	LED	keine	Keine
Leistungsaufnahme	20mW	20mW	0,4W	<2W
Schnittstelle	Analog/digital	analog/digital	analog/digital/RS170	analog/digital/RS170
Abmessungen der Linse	19,5x16,5x7mm	19,5x16,5x7mm		
Virtuelles Bild	Vergleichbar mit einer 50cm Diagonalen in 1,5m Abstand	Vergleichbar mit einer 50cm Diagonalen in 1,5m Abstand	Vergleichbar mit einer 1m Diagonalen in 1,8m Abstand	Vergleichbar mit einer 1m Diagonalen in 1,8m Abstand

In den oben aufgeführten Displays von AMEL und Kopin werden Aktiv-Matrix-LCD (TFT) Displays verwendet. Cambridge Display Technology (CDT) verwendet „leuchtendes Plastik“ als Basis für ihr Display. Der Leuchteffekt des Plastikmaterials beruht auf der Lichtabstrahlung von langkettigen Kunststoffmolekülen (Conjugated Polymer Electroluminescence), die von CDT entwickelte Technologie nennt sich LEP (Light Emitting Polymer). Der bisher entwickelte Prototyp hat eine Größe von 50mm Breite und 2mm Dicke und kann das volle Fernsehbild monochrom wiedergeben. Weitere technische Daten liegen z.Z. nicht vor. CDT will zusammen mit dem japanischen Seiko-Epson Konzern die LEP-Technologie in den kommenden Jahren zur Markt- und Serienreife bringen. Entwicklungspartner sind u. a. Intel und die University of Cambridge, Lizenznehmer der LEP-Technologie sind Philips Electronics NV, Hoechst und UNIAX. Philips will bereits 1998 ein Telefon mit LEP-Display auf den Markt bringen.

Für den Einsatz in einem Multimediaapplikationen geeignet, sind sogenannte Mikro-Head-Up-Displays (μ -HUDs), die wie eine normale Brille getragen werden können. Diese

Systeme benutzen ein miniaturisiertes optisches System, das dem Träger, egal in welche Richtung er blickt, ein Bild in einer „virtuellen Unendlichkeit“ darstellt. Derartige Systeme werden z.B. für Helikopterpiloten eingesetzt, um Fluggeschwindigkeit oder -höhe ständig in das Sichtfeld des Piloten einzublenden.

Zur 3D-Darstellung werden u.a. Systeme eingesetzt, in denen ebenfalls Miniaturdisplays zum Einsatz kommen. Diese Systeme kommen i.d.R. in Kombination mit einem Mikrofon und Kopfhörern im Desktop-Bereich aber auch in der Virtual Reality (VR) zum Einsatz. Anwendung finden solche Cyberhelme hauptsächlich in Kombination mit Spielen oder CAD-Programmen (z.B. Küchenplanung). Für den mobilen Einsatz sind diese Helme weniger gut geeignet, da sie die Interaktion mit der den Anwender umgebenden realen Welt be- bzw. sogar verhindern. Darüber hinaus stellt die mit diesen Helmen verwendete Software erhebliche Anforderungen an die Hardware. Diese kann in einem mobilen Gerät aufgrund ihres erhöhten Energiebedarfs nur bedingt eingesetzt werden.

Eine Technologie zur 3D-Darstellung am PC wird z.Zt. am Heinrich-Hertz-Institut für Nachrichtentechnik in Berlin entwickelt. Diese Technologie ist autostereoskopisch (brillenlos), die Bildtrennung basiert dabei auf dem Prinzip des Richtungsmultiplex [HHI, FU18/97]. In Zusammenarbeit mit Zeiss (Oberkochen) wurde bisher ein LC-Direktsicht-Display mit einer Diagonalen von 36cm entwickelt.

Projektionsgeräte im mobilen Bereich werden hauptsächlich als „Retina-Displays“ eingesetzt. Bei dieser Technik wird mit Hilfe eines Laserstrahls und beweglichen Spiegeln ein Bild direkt auf die Netzhaut des Betrachters projiziert. Die Firma Microvision, Inc. in Seattle beschäftigt sich mit der Entwicklung eines virtuellen Retina-Displays (VRD), z. Z. ist aber noch kein Modell auf dem Markt erhältlich [MIC].

Im Heimbereich, aber auch im professionellen Einsatz, werden oftmals großflächige Bildschirme benötigt. Hierzu gibt es verschiedene Systeme von Projektoren, die in der Lage sind großflächige Bilder an einer Wand zu erzeugen. Projektionsgeräte im mobilen Bereich werden hauptsächlich zu Präsentationszwecken benutzt. Diese Geräte sind insofern mobil, daß sie an einen Ort transportiert und dort aufgebaut werden können. Mit einem Gewicht von mindestens 4 kg schränken sie den Benutzer erheblich in seiner Bewegungsfreiheit ein. Außerdem besitzen sie keine autarke Energieversorgung und benötigen eine ebene, möglichst helle Fläche, auf die das Bild projiziert wird. Die Technik der Projektoren beruht entweder auf Röhren unterschiedlicher Farbe, die das Bild an eine Wand projektieren, oder auf drei farbigen Laserstrahlen, die über eine Vielzahl mikroskopischer Spiegel auf die Projektionsfläche gelenkt werden. Auflösungen von 1024x768 und höher sind hier bereits kommerziell erhältlich.

Anwendungsrelevanz

Visuelle Ausgabegeräte sind und bleiben die wichtigsten Schnittstellen zum Menschen, denn das Auge ist das beste Sinnesorgan des Menschen. Wichtig für den Anwender ist

nur, daß es komfortabel und möglichst ermüdungsfrei benutzbar ist. Die Größe richtet sich nur nach dem Zweck. Für virtuelle Reality werden meist Displays direkt vor dem Auge Verwendung finden, denn sie ermöglichen eine individuelle Sichtweise, auch wenn mehrere Personen im gleichen Raum sind.

4.6.3 Spracherkennung

Charakterisierung

Spracherkennende Systeme sind Systeme, die die menschliche Sprache direkt in elektronischen Text umwandeln können. Dies kann der Steuerung von Geräten oder nur als „elektronische Sekretärin“ zur Eingabe von Texten dienen.

Existierende und in der Entwicklung stehende Systeme

Zur akustischen Eingabe ist auf dem Markt zahlreiche Software erhältlich. Mit diesen Programmen ist es zum einen möglich, den PC zu steuern, andererseits kann aber auch Text direkt über Sprache in ein Textverarbeitungsprogramm eingegeben werden. Folgende Tabelle enthält eine Übersicht über die wichtigsten angebotenen Systeme.

Hersteller	Produkt	Funktion
IBM	Simply Speaking	kontinuierliche Spracheingabe PC- bzw. Programmsteuerung
Kurzweil Applied Intelligence	VOICEPad Pro	kontinuierliche Spracheingabe PC- bzw. Programmsteuerung
Apple Computer	Apple PlainTalk	Sprachsteuerung Text-to-speech
Dragon Systems	Dragon Dictate	kontinuierliche Spracheingabe PC- bzw. Programmsteuerung
Verbex Voice Systems	Listen	kontinuierliche Spracheingabe PC- bzw. Programmsteuerung

Als Eingabemedium wird in Verbindung mit der Spracherkennungssoftware meist ein „headset“ verwendet. Dies ist eine Kombination aus Kopfhörer und Mikrofon, wobei ein rauschunterdrücktes Mikrofon zum Einsatz kommt. Die meisten mobilen Endgeräte (Laptops, PDAs usw.) besitzen außerdem ein eingebautes Mikrofon, das anstelle des headset zur Spracheingabe bzw. -steuerung benutzt werden kann.

Eine komplette Hardware/Software Lösung (PE1000RTS) zur Spracherkennung wird von der Firma Speech Systems, Inc. angeboten. Die PC-Karte (PE1000PC) im PC (PCMCIA-Format) enthält einen DSP (**D**igital **S**ignal **P**rocessor) von Texas Instruments. Diese Karte kann in einen Laptop oder ein Notebook eingesteckt werden, wodurch dann alle Funk-

tionen der Spracherkennung und -steuerung zur Verfügung stehen. Soll das Endgerät nur über Sprache gesteuert aber kein Text eingegeben werden, bietet sich als Lösung ein Mikrokontroller mit Analog-Digital-Wandler an. Ein solcher Kontroller, der bis zu 30 gesprochene Kommandowörter versteht, ist günstig (wenige Mark) und kann in Handys, Fernsteuerungen oder multifunktionelle Schalter integriert werden. sprachgesteuerte Handys sind z.B. das AEG Teleport 9082 und das Philips Genie.

Spracheingabe ist ideal für menschengerechte Dialoge mit dem Computer. Forscher der Firma Siemens haben deshalb ein System entwickelt (DIANE), das aus einem gesprochenen Satz einige Schlüsselwörter erkennt und daraus auf den Wunsch des Sprechenden schließen kann. Dieses System kann außerdem Rückfragen stellen, um die Sicherheit der Auskunft zu erhöhen [SIE2/97].

Technische Problemstellungen für die momentane und zukünftige Entwicklung

Die Aussprache des Menschen kann sehr unterschiedlich sein. Das selbe Wort von verschiedenen Personen ausgesprochen besitzt oft einen sehr unterschiedlichen Klang. Dies ist besonders bei den vielen Dialekten, die es gibt, erkennbar. Das menschliche Ohr kann die Worte dennoch richtig zuordnen. Auch wenn z.B. Endsilben fehlen, kann die Bedeutung noch erkannt werden. Technische Spracherkennungssysteme haben damit sehr viele Probleme. Meist wird versucht, das Problem durch einen Einlernprozeß, bei dem die Sprachcharakteristik eines Menschen analysiert wird, zu lösen. Dann ist die Spracherkennung natürlich nur für einen Menschen trainiert, bei anderen versagt das System. Eine anderer Ansatz ist die Beschränkung auf nur wenige Worte, z.B. Zahlen, die das System erkennen muß.

Anwendungsrelevanz

Spracherkennende Systeme im Privatbereich werden überall dort ihren Einsatz finden, wo der Nutzer keine Hand frei hat, oder nicht extra zu einem Schalter greifen möchte. Es müssen meist nur einfache Kommandos gegeben werden. Dies ist beim Autofahren der Fall, aber auch im Wohnbereich, wenn nur das Licht oder Radio an oder ausgeschaltet werden soll. Nicht nur behinderten Menschen ist es eine Hilfe, wenn sie nicht jedesmal zum Schalter laufen müssen.

4.6.4 Sprachsynthese

Charakterisierung

Ziel bei der Sprachsynthese ist die Wiedergabe von Text in gesprochener Form. Der vielfach verwendete englische Begriff dafür lautet »Text to Speech (TTS)«. Die derzeitigen technischen Möglichkeiten erlauben bereits einen sehr natürlichen Klangeindruck. Die dem Stand der Technik entsprechenden Synthesysteme erlauben zumindest die Kontrolle der folgenden Parameter:

Stimme männlich oder weiblich

Alter des Sprechers

Wiedergabegeschwindigkeit

Darüber hinaus existieren Übertragungsformate für zusätzliche Sprecherparameter, die spezifische Charakteristiken einer individuellen Stimme beschreiben können. Diese Parameter können dann zur Verbesserung der Natürlichkeit der Sprachsynthese benützt werden.

Existierende und in der Entwicklung stehende Systeme

Hier müssen reine Sprachsynthesysteme zum einen und Übertragungsformate zur Kontrolle der Sprachsynthese zum anderen unterschieden werden.

Für letzteres ist ein erster Standard in MPEG-4 enthalten, das jedoch die eigentliche Sprachsynthese nicht definiert. Das Übertragungsformat ist universell für verschiedenste Sprachen ausgelegt. Seine Funktion wurde für europäische und asiatische Sprachen demonstriert.

Die Komplexität der eigentlichen Synthesysteme übersteigt die der Decoder der verschiedenen Audio- und Sprachcodierverfahren, vor allem hinsichtlich des Speicherbedarfs, um ein Vielfaches. Es gibt derzeit keine weltweit anerkannten Standards. Existierende Systeme sind meist für bestimmte Sprachen oder Sprachgruppen ausgelegt, jedoch nicht universell für alle Sprachen geeignet.

Beispiele für Synthesysteme sind das AT&T-Labs TTS-System und Festival[URLATT], [URLFEST] .

Beide Systeme, und auch das MPEG-4 Übertragungsformat für TTS-bezogene Informationen, sehen eine sogenannte »Markup-Language« vor, die zur Steuerung der Lippen oder auch des ganzen Körpers eines künstlichen Bildes eines Sprechers dient.

Anwendungsrelevanz

Synthetische Sprache wird hauptsächlich bei Ansagediensten eingesetzt. Hier wird auch in Zukunft eine Hauptanwendung sein. Wenn der Zuhörer möglichst wenig abgelenkt werden soll, können synthetische Ansagen hilfreich sein. Dies ist z.B. im Auto der Fall. Viele Spiele verwenden synthetische Sprache, um sehr flexibel verschiedenen Text auszugeben. Es müssen keine Audiosequenzen gespeichert werden.

4.6.5 Weitere Technologien für das „Human Interface“

Charakterisierung

Das Konzept Man-Machine-Interface (MMI), wird im wesentlichen von folgenden vier Technologien abgedeckt:

- Bedienen&Beobachten,
- Steuern,
- Messen&Erkennen,
- Kommunikation&Schnittstelle

Diese Schwerpunkte in der MMI stellen den Schlüssel für die heutige und zukünftige Automatisierungstechnik. Denn die modernen Technologien machen die Funktionsweise von Maschinen anspruchsvoller, intelligenter und systematischer.

Ziel einer modernen MMI ist, ein optimales Umfeld für Mensch und Maschine zu schaffen, mit dem Ziel der leichteren Bedienung und des besseren Erkennens bei gleichzeitiger Erhöhung der Sicherheit, Geschwindigkeit, Einfachheit und des Komforts.

Existierende und in der Entwicklung stehende Systeme

Die klassischen Geräte für die MMI sind Maus und Tastatur.
Neu kommen hinzu:

- Natürlich sprachlicher Human-Machine-Dialog als Ersatz für die Tastatur
- Visueller Human-Machine-Dialog: Augenverfolgung als Ersatz für Zeigergeräte
- Gestikbasiertes Human-Machine-Virtual Handling: Sensorhandschuhe für die Navigation innerhalb von 3D Computergrafiken

Für den Bereich der bildverarbeitungsbasierten Augenverfolgung gibt es momentan lediglich Prototypen für Spezialgebiete und einige Systeme, die in der Militärindustrie eingesetzt werden.

Der Bereich des MMI ist je nach Einsatzgebiet bzw. Maschinentyp sehr unterschiedlich. Eine genaue Beschreibung der MMI in den einzelnen Gebieten macht eine umfangreichere Untersuchung erforderlich.

4.7 Verkehrstelematik

Charakterisierung

Der Begriff „Telematik“ setzt sich aus den Wörtern *Tele*kommunikation und Informatik zusammen. Unter dem Begriff Verkehrstelematik versteht man die Erfassung, Übermittlung und Auswertung von verkehrsbezogenen Informationen. Insbesondere mit der Hauptanwendung im Reiseverkehr wird hier die Verkehrstelematik beschrieben.

Die zentrale Aufgabe der Verkehrstelematik ist eine Verkehrsbeeinflussung durch Information, Kommunikation, Steuerung und Regelung, aber auch Überwachung mit dem Ziel einer Minderung der Negativwirkungen des Verkehrs. Dies gilt für alle Teilbereiche des Verkehrs, nämlich den Land-, See-, Luft- und Binnenschiffverkehrsverkehr. Intermodale Telematikansätze versuchen die verschiedenen Verkehrsträger in einem einheitlichen Konzept zu integrieren, um so z. B. die Verfolgung eines Containers während des Transportes auf Schiene, Schiff oder Straße zu ermöglichen, eine optimale Transportroute mittels verschiedener Verkehrsträger zu ermitteln oder einem Verkehrsteilnehmer Informationen über die Anschlußmöglichkeiten zu anderen Verkehrsmitteln zur Verfügung zu stellen. Dabei spielt die Koordination des grenzüberschreitenden Verkehrs eine immer bedeutendere Rolle.

Zusammenfassend läßt sich die Verkehrstelematik als eine intelligente Verknüpfung von Telekommunikation und Informatik und deren Anwendung im Verkehrswesen definieren.

Existierende und in der Entwicklung stehende Systeme

Aus den Anforderungen der Marktteilnehmer ergeben sich folgende typische Zielstellungen beim Einsatz von Telematiksystemen im Personenverkehr:

- Durchgehende Fahrplanauskunft im Bereich des ÖV,
- Zuverlässige MIV-Information und Zielführung,
- Bargeldloses Bezahlen mit Hilfe von multifunktionalen Chipkarten,
- Fahrerunterstützung,
- Reduzierung und Ersatz physischer durch virtuelle Mobilität,
- Verkehrssteuerung und -management,
- Automatische Fahrzeugführung,
- Konstruktion und Effektivitätsprüfung von Verkehrskonzepten und -maßnahmen sowie
- Minimierung des Übergangswiderstandes intermodaler Schnittstellen und optimale Verkehrsträgerverknüpfung u.a.

Bei der Betrachtung der marktspezifischen Aspekte der Telematikprodukte und Dienstleistungen wird vom Bund die Richtlinie vertreten, daß Telematik vorrangig eine Aufgabe der Privatwirtschaft ist, für die er neue Chancen im Wettbewerb schafft. Aufgabe des Staates ist es, die erforderlichen Rahmenbedingungen herzustellen und koordinierend zu wirken.

Eine qualitative Einschätzung bereits in die Praxis überführter Telematiksysteme auf Verkehrsstrassen, in der Netzwerkebene und im Bereich der intermodalen Steuerung ist in folgender Tabelle dargestellt.

Projekt	Ergebnisse (Angaben bezogen auf die Zahl der Befragten)
STORM	87% fühlen sich durch Zielführung entlastet 40% wechseln auf die empfohlene Route 60% der Anschlüsse im ÖV werden gesichert 10% wechseln das Verkehrsmittel 50% Reduktion der Rettungszeit
Munich Comfort	28% der P&R-Nutzer sind Umsteiger 20% Zeitgewinn durch ÖV-Priorisierung
Viktoria Köln	7% Erhöhung der mittleren Geschwindigkeit 8-15% Reduktion des Treibstoffverbrauches
CIR-ELKE (DB AG)	20% Erhöhung der Zugdichte 40% Erhöhung der Streckenkapazität

Tabelle: Qualitative Beispiele für den praktischen Nutzen von Telematikdiensten im Personenverkehr (Zimmermann 1996).

Es ist davon auszugehen, daß in wenigen Jahren die Mehrheit der Fahrzeuge mit Basisfunktionen der Verkehrstelematik wie einem Notruf- oder einem Navigationssystem ausgestattet sind. So statten heute schon Audi, BMW, Ford, Opel, Mercedes Benz, Volvo und VW ihre Neufahrzeuge optional mit dieser Technik aus. Die heute ausgelieferten Systeme haben in der Regel die digitale Karte im Fahrzeug (CD-ROM Laufwerk) und arbeiten autonom. Die ersten Systeme zur besseren Verkehrsinformation nach dem GATS-Standard (Global Automotive Telematics Standard) erscheinen jetzt am Markt. Mit diesen Systemen lassen sich die Verkehrsnachrichten der neuen Mehrwertdienste wie z.B. PASSO von Mannesmann Autocom und dem Verkehrsinformationsdienst von Tegarom nutzen. Dabei werden für die individuelle Fahrstrecke selektierte Meldungen ausgegeben. Dieser Standard gewährleistet auch, daß die Meldungen immer in der Sprache des Nutzers ausgegeben werden, da die Meldungen standardisiert sind und erst durch das ins Fahrzeug eingebaute Gerät in die gewünschte Sprache umgewandelt werden.

Technische Problemstellungen für die momentane und zukünftige Entwicklung

Ausgehend von den Zielstellungen beim Einsatz von Telematik im Personenverkehr können folgende Problembereiche identifiziert werden. Das Aufgabenspektrum ist dabei breit und reicht von weiteren Senkungen der Abgas- und Lärmgrenzwerte der Kraftfahrzeuge sowie verbesserten Antriebstechniken über Maßnahmen zur Verringerung des Kraftstoffverbrauchs sowie verbesserte technische Sicherheitseinrichtungen zur Reduzierung von Zahl und Schwere der Unfälle bis hin zur systematischen Anwendung moderner Informations- und Kommunikationstechniken (Telematik) im Verkehr. Ziel ist die Optimierung der einzelnen Verkehrsträger, die Erleichterung der Übergänge zwischen den Verkehrsmitteln und letztlich das Erreichen eines möglichst effizienten und umweltverträglichen Gesamtverkehrssystems.

Für die Lösung dieser und vergleichbarer anstehender Probleme im Personenverkehr mit den Mitteln der Telematik sind zwei Herangehensweisen möglich:

1. die Entwicklung neuartiger Technologien für bestehende oder zukunftsorientierte Aufgaben (z.B. neue Antriebsarten und Kraftstoffe) und
2. die Nutzbarmachung bestehender Technologien (z. B. Internet, GPS, Live-Kameras, Expertensysteme, Videoauswertung, Chipkarten etc.).

Anwendungsrelevanz

Aufgrund der Vielzahl von Einsatzfeldern im Personenverkehr bietet sich ein weites Betätigungsfeld für die Entwicklung neuer Telematikanwendungen. Da zukünftig ein breiteres Spektrum von Telematikanwendungen im Personenverkehr zu erwarten ist, scheint auch die Chance gegeben, sich neu eröffnende Geschäftsfelder zu besetzen. Teilweise müssen allerdings bereits besetzte Geschäftsfelder durch die Einführung innovativer Lösungen erobert werden.

4.8 Methoden und Trends der Softwareentwicklung

Charakterisierung

Mit zunehmender Komplexität der Software wird es immer wichtiger, deren Entwicklung rationeller zu gestalten. Dabei gibt es mehrere Problemkreise:

- Es ist unwirtschaftlich, Programme komplett neu zu entwickeln, wenn es ähnliche oder frühere Anwendungen schon gibt. Die Wiederverwendbarkeit von Modulen und Programmteilen ist eine Aufgabe der Softwareentwicklung, die schon lange erkannt, aber längst noch nicht gelöst ist.

- "Es gibt keine fehlerfreie Software." Mit dieser provokanten These hat man sich in der Computerwelt weitgehend abgefunden und damit die Bankrotterklärung der Soft-

waretechnik akzeptiert. Mit einer Verbesserung der Testverfahren allein ist es jedoch nicht getan. Es ist vielmehr ein Paradigmenwechsel erforderlich, der die Wiederverwendung bereits als fehlerfrei erkannter Modulen einschließt.

- Wiederverwendung setzt eine genaue Analyse der Anforderungen an ein Modul voraus. Ohne diese besteht die Gefahr, daß keine echte Wiederverwendung stattfindet, zuviel überflüssige Funktionalität mitgeschleppt wird oder sogar die falschen Module wiederverwendet werden. Prinzipiell muß mehr Augenmerk auf Anforderungsanalyse und -management gelegt werden.

- Neben der provokanten These „Es gibt keine fehlerfreie Software“ steht eine weitere: „Software kommt immer zu spät“. Inadäquate Entwicklungsprozesse tragen wesentlich zu dieser Tatsache bei.

- Unterschiedliche Programmumgebungen hemmen ebenfalls die Entwicklung und Vernetzung von Computeranwendungen. Auch die Überwindung von Inkompatibilitäten folgender Bereiche ist eine anstehende Aufgabe der Softwaretechnik:

- Prozessoren
- Betriebssysteme
- Programmiersprachen
- Compiler
- Schnittstellen
- Datenformate

Existierende und in der Entwicklung stehende Systeme

Wiederverwendbarkeit

Das Konzept der "Strukturierten Programmierung", das selbst schon ein Fortschritt war gegenüber der "wilden" Programmierung früherer Jahrzehnte, wird im Moment abgelöst durch die "Objektorientierte Programmierung" (OOP). Hier werden Objektklassen definiert, in denen Eigenschaften (Daten) und Methoden (Routinen) kombiniert und nach außen gekapselt werden. Zum Anschluß an die Außenwelt dient eine definierte und genau dokumentierte Schnittstelle. Erst nach ausführlichem Test der inneren und äußeren Funktionalität wird die Klasse in eine Klassenbibliothek aufgenommen und ist damit fehlerfrei und wiederverwendbar. Auch das Konzept der Vererbung, bei dem abgeleitete Objektklassen die Funktionalität ihrer Vorfahren großenteils übernehmen und nur wenige Zusätze oder Veränderungen vornehmen, unterstützt die Wiederverwendbarkeit.

Während zu Beginn eigene Programmiersprachen für die objektorientierte Programmierung geschaffen wurden (Smalltalk, Prolog, später Java), gibt es inzwischen zu den

meisten klassischen Programmiersprachen objektorientierte Ergänzungen (C++, Visual-Basic, TurboPascal/Delphi).

Zur neutralen Beschreibung von objektorientierten Softwarestrukturen gibt es eine ganze Reihe von Werkzeugen. Die gängigsten sind in einer genormten Beschreibungssprache (UML Unified Modeling Language) zusammengefaßt. Darauf bauen sogenannte CASE-Tools (Computer-Aided Software Engineering-Tools) auf, die unter Benutzung von UML-Elementen den interaktiven Entwurf und die Analyse von objektorientierten Programmen am Bildschirm ermöglichen. Das Fernziel ist an dieser Stelle die automatische Generierung von ablauffähigem Programmcode direkt aus der grafischen Strukturdarstellung.

Vernetzung

Um verschiedene Anwendungen zu kombinieren, müssen diese untereinander Daten austauschen können. In der Vergangenheit benutzte jedoch jede Anwendung ihr eigenes Datenformat, das mit den meisten anderen inkompatibel war. Wenn auch in der Computer-Frühzeit (vor allem in den großen Firmen) die Ansicht vorherrschte, daß nur ein firmeneigener Standard die Marktposition erhalten oder verbessern könnte, ist jetzt ein deutlicher Trend zur Zusammenarbeit zu beobachten. In vielen Bereichen gibt es jedoch nach wie vor konkurrierende Standards, die aber inzwischen meist von mehreren Firmen unterstützt werden. Es lassen sich generell mehrere Phasen der Vernetzung erkennen:

- Externe Konvertierprogramme greifen auf eine Datei im Format A zu und übersetzen sie in eine Datei im Format B. Die Nachteile sind umständliche Bedienung und häufig unvollständige Implementierung. Auch hat ein neues (besseres) Format kaum Chancen, weil zu seiner Einführung $2 * n$ neue Konvertierprogramme zu den schon vorhandenen n Formaten nötig wären.
- Eingangs- und Ausgangsfilter sind Konvertierprogramme, die in die einzelnen Anwendungen integriert sind. Mit der Auswahl durch die Hersteller und den eingebauten Fehlern muß man leben.
- Firmenspezifische Standards werden eingesetzt, wenn ein Hersteller Programme für verschiedene Zwecke anbietet, die über ein gemeinsames Format Daten austauschen können.
- Plattformspezifische Standards (z.B. OLE Object Linking and Embedding, ActiveX, COM Component Object Model) erlauben das Einbinden von Objekten (Texte, Grafiken, Bilder, Objektklassen, Komponenten usw.), die mit anderen Anwendungen, auch von fremden Herstellern, erzeugt wurden.
- Plattformübergreifende Standards (z.B. CORBA Common Object Request Broker Architecture) erlauben Datenaustausch zwischen Objekten von verschiedenen Plattformen (Windows, Unix, Applesoft, SQL-Datenbanken usw.).

Entwicklungsprozeß

Dieser mehr managementorientierte Bereich der Softwaretechnik hat einen wesentlichen Einfluß auf die termin- und leistungsgerechte Entwicklung von Programmen. Obwohl längst den Eigenheiten der Softwareentwicklung angepaßtere Entwicklungsabläufe (Phasenmodelle) bekannt sind, orientieren sich sehr viele Unternehmen immer noch am sog. Wasserfallmodell, das eine sequentielle Abfolge von Analyse, Entwurf, Implementierung und Test vorschreibt. Dieses Modell war der erste Versuch, die Softwareentwicklung weg vom Chaos in geordnete Bahnen zu lenken, ist aber seit langem von verbesserten Modellen (z.B. V-Modell) abgelöst worden. Im Zusammenhang mit dem Capability-Maturity-Modell (CMM, kein Phasenmodell), das sich der Beurteilung des Entwicklungsprozesses hinsichtlich Risiko, Produktivität und Qualität widmet, geht der Trend nun hin zu einem inkrementellen Modell. Statt zu Beginn des Projekts das Produkt und die Entwicklung möglichst zu 100% festzulegen, zu planen und zu dokumentieren, konzentrieren sich die Aktivitäten darauf, so schnell wie möglich zu einer nachweislich funktionierenden Softwarearchitektur zu kommen. Die Details werden erst später ausgearbeitet, wenn die Rahmenbedingungen besser bekannt sind. Hier wird der Komplexität und damit Unüberschaubarkeit von Software Rechnung getragen, indem zunächst nur kritische Kernfunktionalität implementiert wird. Hat sich die Architektur stabilisiert, so wird die Funktionalität der Software in definierten Iterationszyklen Stück für Stück erweitert und getestet. Da kein Programm wie das andere ist, muß dieser Prozeß an jedes Projekt neu angepaßt werden. Das Modell bietet als Metamodell einen standardisierten Rahmen für eine realistische Meilensteinplanung. Es ist im Gegensatz zu anderen Modellen nicht auf die Entwicklung von Hardware übertragbar.

Während frühere Modelle stark dokumentengetrieben waren, was zu nicht unerheblichen Produktivitätseinbußen geführt hat, ist der Erfolg des inkrementellen Modells abhängig vom Einsatz entwicklungsbegleitender Tools. Spezielle Anforderungsdatenbanken ermöglichen nicht nur die Überprüfung von Anforderungen auf Vollständigkeit, Widerspruchsfreiheit und Kundenrelevanz, sondern sorgen auch für die Zuordnung von Testspezifikationen zu den Anforderungen und für die Verteilung von Aufgaben auf Team und Iterationszyklen. Automatische Buildprozesse bringen das Programm per Knopfdruck auf den jeweils aktuellsten Stand und unterstützen damit den integrierten Test der gesamten Software. Ansatzweise gibt es auch bereits CASE-Plattformen, die versuchen, alle Management- und Entwicklungstools zu integrieren und so die Entwicklung im Team optimal zu unterstützen.

Technische Problemstellungen für die momentane und zukünftige Entwicklung

Bei den Programmier-techniken gibt es eine ganze Reihe verschiedener Richtungen. Eine einheitliche, evtl. genormte Methode gibt es noch nicht. Im Bereich der Programmiersprachen wird Java eine zentrale Rolle einnehmen, denn die Sprache ist plattformunabhängig und kann entweder auf einem speziellen Java Prozessor laufen, oder emuliert werden. Viele Anwendungen werden in Java implementiert, oder in Java umgeschrieben.

Anwendungsrelevanz

Es gibt praktisch keine Anwendung, die ohne Software auskommen würde. Durch die Vereinheitlichung der Oberflächen und die Vernetzung von verschiedensten Geräten ist hier der Zwang zur Standardisierung sehr groß. Moderne Techniken der Softwareentwicklung müssen diesen Trend folgen und sind somit ein zentrales Element vieler zukünftiger Entwicklungen. Durch objektorientierte und plattformunabhängige Programmierung lassen sich hier sehr flexible Implementierungen finden.

5 Bedeutung der Technologien für die zukünftige Entwicklung

Die einzelnen Technologien, die in diesem Papier behandelt werden haben eine unterschiedliche Bedeutung für die verschiedenen Anwendungsgebiete. Nicht jede Technologie ist gleichbedeutend. Der Entwicklungsbedarf und zu erwartende Fortschritt ist nicht immer gleich wichtig. Oft können mit der heute bereits existierenden Technik die Anforderungen bereits vollständig erfüllt werden. Die folgende Tabelle versucht diese Beziehungen darzustellen.

Anwendungsrelevanz der einzelnen Technologien

	Informations Netzwerke						Kommunikations Netzwerke				Navigation-Positionsbest.		Identifikationssysteme		Medientechnik		MMI				Telematik	SW
	Internet	drahtlos Broad-casting	drahtgeb. Broad-casting	Netz-zugangs-technik	Daten-schutz	Body Area Net-work	mob. Kom-munika-tion	draht-geb. Komm.	lokale Netze	Opti-sche Über-tragung	outdoor Naviga-tion	indoor Naviga-tion	Transpo-nder-technik	Opti-sche Identifi-kation	Daten-komres-sion	Bildge-nerie-rung	Elektro-nische Assis-tenen	Visuelle Ausga-be	Sprach-erken-nung	Sprach-synthe-se	Ver-kehrste-lematik	
Telediagnostik / -analytik	++			+	++	+	+	+	+			++		+			+					++
Domotik / Imotik	+			+	+	+		+	++	+		++	+	+		+	++	++		++		+
Sicherheit				+	++	+	+	+	++	+	+		+				+	+				+
Unterhaltung	++						+	+	++	++	+				++	++	+	++	+	+		++
Automobil		+		+			+		++	+		+	+		+	+	++		++		+	
Reisen	+	++		+	+		++			++	+	+	+		+	+			++		++	+
Lebensqualität	+	+		+	++	++	++	+	+	+	++					++	+		++		+	++
Lehren und Lernen	++			+	+			+						+	+	+	+	+	+			++
Handel	++	+	+	+	++		+				+	++	++		+	++	+		+	+	+	+
Freizeit	++			+		+	+	+	+	++				+	+	+	++	+	+	+	+	+

- nicht relevant
- + nützlich (Technik teilweise Verfügbar, Anwendung nur in einigen Fällen)
- ++ Schlüsseltechnologie

6 Abkürzungsverzeichnis

μ-HUDs	Mikro-Head-Up-Displays
AAL	ATM Adaption Layer
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
AMEL	Aktiv Matrix Elektroluminiszenz
AMI	Alternate Mark Inverse
ANGA	Verband privater Kabelnetzbetreiber
ANSI	American Standard National Institute
ARB	Architecture Review Board
ASN	Autonomous System Number
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BAN	Body Area Network
C/A-Code	Civilian Access Code
CAP	Carrierless Amplitude Phase Modulation
CASE	Computer-Aided Software Engineering
CCD	Charge Coupled Device
CDMA	Code Division Multiple Access
CDT	Cambridge Display Technology
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
CIF	Common Intermediate Format
COM	Component Object Model
CORBA	Common Object Request Broker Architecture
CRC	Cyclic Redundancy Check
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection
D.O.D	Department of Defense
DAB	Digital Audio Broadcasting
DECT	Digital European Cordless Telecommunication
DGPS	Differential Global Positioning System
DMT	Discrete Multitone
DSC	Digital Selective Calling
DSP	Digital Signal Processor
DSS	Digital Signature Standard
DSSS	Direct-Sequence Spread Spectrum
DVB	Digital Video Broadcasting
EBIS	Electronic Installation Building System
ECML	Electronic Commerce Modeling Language
EEPROM	Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory
EHS	European Home System
EIB	European Installation Bus
ELDS	Elektroluminiszenz Anzeigen

ETSI	European Telecommunications Standard Institute
EVU	Energieversorgungsunternehmen
FDDI	Fiber Distributed Data Interface
FHSS	Frequency Hopping Spread Spectrum
FPLMTS	Future Public Land Mobile Telecommunications System
FTP	File Transfer Protocoll
GATS	Global Automotive Telematics Standard
GFSK TDD	Gaussian Frequency Shift Keying Time Division Duplex
GL	Graphics Language
GLONASS	Global Navigation Satellite System
GNSS2	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile communications (EG-Norm)
HDLC	High-Level Data Link Control
HDSL	High-Bit-Data-Rate-Digital-Subscriber-Line
HDTV	High Definition Television
HMD	Head Mounted Display
HTTP	HyperText Transfer Protocol (WWW)
IDEA	International Data Encryption Algorithm
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers (Org., USA)
IP	Internet Protocoll
IPv4	Internet Protocol Version 4
Ipv6	Internet Protocol Version 6
IrDA	InfraRed Data Association
ISDN	Integrated Service Digital Network
ISM	In-Service Monitoring
ISO	International Organization for Standardization
ISO-Dokument 7498	(Open System Interconnection – Basic Reference Model
ITU	International Telecommunication Union
LAN	Local Area Network
LAPD-Protokoll	Link Access Procedure on D-Channel
LCD	Liquid-Crystal Display
LCN	Local Control Network
LED	Light- Emitting Diode
LEP	Light Emitting Polymer
LF-Transponder	Low Frequency-Transponder
LPC	Linear Prediction Coding
MAN	Metropolitan Area Network
MD	Message Digest
MIDI	Musical Instrument Digital Interface
MIV	motorisierter Individualverkehr
MMI	Man Machine Interface

MP3	MPEG Layer 3
MPEG	Motion Pictures Experts Group
MPEG-2 AAC	MPEG-2 Advanced Audio Coding
OFDM	Orthogonaly Frequency Division Multiplex
OLE	Object Linking and Embedding
OOP	Objektorientierte Programmierung"
OPTIS	Overlapped PAM Transmission with Interlocking Spectra
OSI	Open System Interconnection
PARC	Palo Alto Research Center
PCM	Pulse Code Modulation
P-Code	Precision Code
PDAS	Personal Digital Assisent
PGP	Pretty Good Privacy
PHS	Personal Handyphone System
PKCS	Public Key Cryptography Standards
POTS	Plain Old Telephone System (DFUE -Slang)
PRD	Pseudo-Random-Noise
QCIF	Quarter CIF
RADSL	Rate Adaptive Digital Subsriber Line
RAM	Random Access Memory
RFID-Systeme	Radio Frequency Identification
RPC	Remote Procedure Call (Netwise, Sun)
S/A	Selective Ability
S/MIME	Secure Multipurpose Internet Mail Extension
SDSL	Symmetric Line Digital Subscriber Line
SET	Secure Electronic Transaction
SQCIF	Sub QCIF
SSL	Secure Socket Layer
SWIFT	Society for Worldwide Interbank Financial Telecommuni- cation (Org.)
TCP	Transport Control Protocol
TETRA	Trans-European Trunked Radio
TFT	Thin-Film Transistor (screens)
TN	Twisted Nematic
TP++	Twisted Pair
TT	Typewriter Text
TTS	Text to Speech
UART	Universal Asynchronous Receiver and Transmitter
UDP	User Datagram Protocol (Internet, RFC 768)
UKW	Ultra Kurz Welle
UML	Unified Modeling Language
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
UTP	Unshielded Twisted Pair

VDSL	Very High Bit Rate Digital Subscriber Line
VFD	Vakuumfluoreszenzanzeigen
VMTP	Versatile Message Transport Protokoll
VR	Virutal Reality
VRML	Virtual Reality Modeling Language
WAN	Wide Area Networks
WLAN	Wireless Local Area Network
WLL	Wireless Local Loop
XDSL	Digital Subscriber Line
XTP	Xpress Transfer Protocol
ZVEI	Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie

7 Quellen

- [RSA] Informationen zu RSA,MD5 und S/MIME im Web unter www.rsa.com
- [IrDA] Internetseite zum IrDA-Standard www.irda.org
- [MEY] Meyers Lexikon
- [ACB] Informationen zu Active Badges finden sich im Web unter www.cl.cam.ac.uk/abadge/documentation/abinfo.html
- [BMC94] B. McCracken, M. Worthington, 2D-codes provide larger data capacity for automatic identification applications, Reprint from Instrumentation & Control Systems, Dec. 1994
- [BARC98] Firmenprospekt: 2D-Code-Fibel, Barcodat GmbH, Dornstetten, 1998
- [RNZ99] Rhein-Neckar-Zeitung, 09.02.99, Papier kann singen
- [HHI] Webseite des HHI at hhi.de, Electronic Imaging Technologies for Multimedia
- [FU18/97] R. Sietmann, Blickgesteuerte PC-Steuerung, Funkschau 18/97, S. 76ff
- [MIC] Homepage der Firma Microvision, www.mvis.com
- [SIE2/97] Siemens AG (Hrsg.), Forschung und Innovation, Die Siemens Zeitschrift für Wissenschaft und Technik, 2/97
- [URLATT] <http://www.att.com/technology/trythis/speech.html>
- [URLFEST] <http://www.cstr.ed.ac.uk/projects/festival/>
- [SIE2/97] Siemens AG (Hrsg.), Forschung und Innovation, Die Siemens Zeitschrift für Wissenschaft und Technik, 2/97
- [FS8/98]. Funkschau 8/98
- [FS4/99]. Funkschau 4/99, Datendienste im TV-Kabel
- [VDI1] VDI nachrichten 9.Oktober 1998, Nr41, Drahtlos auf die Letzte Meile
- [Doeringer90] Doeringer, W, u.A., A Survey of Light-Weight Transport Protocols for High-Speed Networks, Document 0.16 IBM Research Division, Rüschlikon, Jan. 1990

- [Watson89] Watson, R.W., The Delta-t Transport Protocol: Features and Experience,
In: Proc. IFIP Workshop „Protocols for High-Speed Networks“, Zürich, Mai 1989,
North-Holland, S. 3-17
- [Cheriton89] Cheriton, D.R., Williamson, C.L., VMTP as the Transport Layer for High-
Performance Distributed Systems
IEEE Communications Magazine 27, 6 (Juni 1989), S.37-44
- [Sanders90] Sanders, R.M., Weaver, A.C.: The Xpress Transfer Protocol (XTP) – A Tutorial
Computer Communication Review 20, 5 (Okt. 1990), S. 67-80