

Technische Fachhochschule Berlin
Fachbereich 12 - Nachrichtentechnik

**Drahtlose Datenübertragung -
Spezifikationen und Ausblicke**

Diplomarbeit vorgelegt von

Jan Kreßner

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Feldmann
Technische Fachhochschule Berlin

Bearbeitungszeitraum: April bis Juni 1998

Berlin, Juni 1998

Selbständigkeitserklärung:

Ich versichere, daß ich die vorliegende Diplomarbeit ohne fremde Hilfe verfaßt habe und keine anderen als die angegebenen Buch- und Internetquellen benutzt wurden.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Jan Krüger'. The signature is fluid and cursive, with the first name 'Jan' and the last name 'Krüger' clearly distinguishable.

Berlin, 25.06.1998

Ich danke meinem Betreuer Herrn Prof. Feldmann (TFH-Berlin) für seine fachlichen Hilfestellungen und Anregungen. Bei allen Freunden und Kollegen möchte ich mich ebenfalls für die tatkräftige Unterstützung und das Verständnis bedanken.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| 1. Einführung / Abstract | 3 |
| 2. Spezifikationen zur Datenübertragung | 7 |
| 2.1. Netzwerkunterteilung | 7 |
| 2.2. Unterteilung drahtloser Systeme | 7 |
| 2.3. ISO / OSI - Schichtenmodell | 8 |
| 2.4. IEEE Projekt 802 - Lokal-Area-Network (LAN) | 12 |
| 2.4.1. LAN - Referenzmodell | 13 |
| 2.4.2. Die MAC-Schicht | 15 |
| 2.4.3. Die LLC-Schicht | 16 |
| 2.4.4. LLC-MAC-Schnittstelle | 17 |
| 2.5. CSMA/CD / DIX V2.0 - Spezifikationen | 18 |
| 2.5.1. Bitübertragungsschicht | 21 |
| 2.6. Zugriffsverfahren | 21 |
| 2.6.1. FDMA - Frequenz Division Multiple Access | 21 |
| 2.6.2. TDMA - Time Division Multiple Access | 22 |
| 2.6.3. CDMA - Code Division Multiple Access | 22 |
| 2.6.4. CSMA - Carrier Sens Multiple Access | 22 |
| 2.7. Kommunikationsprotokolle | 23 |
| 2.7.1. Begriffsklärung und Aufbau | 25 |
| 2.7.2. IPX / SPX - Protokoll (Netware / Novel) | 28 |
| 2.7.3. TCP/IP - Protokollfamilie | 31 |
| 2.7.4. Aufbau von Internet-Adressen | 36 |
| 3. Spezifikationen zur drahtlosen Datenübertragung | 38 |
| 3.1. Modulationsverfahren | 39 |
| 3.1.1. Analoge Modulation | 40 |
| 3.1.2. Digitale Modulation | 40 |
| 3.2. Spread-Spectrum Transmission-Verfahren | 42 |
| 3.3. Infrarotsysteme | 43 |
| 3.4. Spezifikationen zum Funk-LAN | 44 |
| 3.4.1. Spezifikationen IEEE 802.11 | 46 |
| 3.4.2. Beispiele für drahtlose LAN's | 48 |
| 4. GSM - Netz | 49 |
| 4.1. Allgemeiner Aufbau | 51 |
| 4.1.1. Sicherheitsfunktionen | 52 |
| 4.2. Luftschnittstelle | 53 |
| 4.2.1. Bursts und logische Kanäle | 53 |
| 4.2.2. Handover | 54 |
| 4.3. Beispiel einer GSM-Einbindung | 56 |
| 4.4. GSM-Anwendung in der Schienenverkehrssicherung | 57 |
| 5. ATM - Spezifikationen | 59 |

| | |
|--|-----------|
| 5.1. Allgemein | 59 |
| 5.2. Das ATM-Schichtenmodell | 60 |
| 5.3. Protokollablauf bei einer ATM-Verbindung | 65 |
| 6. Wireless ATM | 66 |
| 6.1. Grundgedanken | 66 |
| 6.2. Prinzip einer Luftschnittstelle für ein Funk-ATM-Netzwerk | 68 |
| 6.2.1. Kapazitätzuteilungsschema | 69 |
| 6.2.2. MAC-Protokoll für Luftschnittstelle | 71 |
| 6.2.3. Methoden für das WATM-Handover | 74 |
| 6.3. Projekte von Firmen und öffentlichen Institutionen | 81 |
| 6.3.1. HYPER-LAN | 81 |
| 6.3.2. ATMmobil vom BMBF | 82 |
| 6.3.3. Das MBS- / SAMBA-Projekt | 84 |
| 6.4. Anwendung | 88 |
| 7. Gesundheitliche Aspekte | 90 |
| 7.1. Auswirkungen von elektromagnetischen Funkwellen | 90 |
| 7.2. Infrarotstrahlung | 93 |
| 8. Bewertung | 93 |
| 9. Abkürzungen | 94 |
| 10. Literaturverzeichnis | 98 |
| 10.1. Quellen | 98 |
| 10.2. Internetadressen | 99 |

1. Einführung / Abstract

Die Diplomarbeit beschäftigt sich mit einigen Spezifikationen in der drahtgebundenen (Kapitel 2 und 5) und drahtlosen (Kapitel 3, 4 und 6) Datenübertragung. Die Spezifikationen für das Funk-ATM (Kapitel 6) sind noch nicht veröffentlicht, so daß die von mir zusammengetragenen Forschungsergebnisse nur Ideen und Vorschläge darstellen. Bei der Auswahl der Vorschläge habe ich mich auf Forschungen gestützt, die nach meinen Erkenntnissen eine geeignete Basis für die ersten Standardisierungen durch die entsprechenden Gremien (ATM-Forum, ETSI und IEEE) darstellen.

Die Vernetzung von Rechnern wurde notwendig, weil alle Mitarbeiter eines Unternehmens mit den gleichen Datenbeständen arbeiten sollen und die Administration der einzelnen Arbeitsplatzrechner so vereinfacht werden kann. Durch Netzwerke können Kosten bei Druckern, Systemperformanz und der Datensammlung eingespart werden. Die ersten Vernetzungen begannen mit der Einführung der PCs für jeden Mitarbeiter. Die früheren Großrechner waren meist Einzelrechner, die keine Anbindung an die Außenwelt haben. Nach dem damaligen Stand der Technik wurde mit dem Ethernet-Standard (Kapitel 2.5) ein leitungsgebundener Netzwerk-Standard geschaffen, der ein billigen Aufbau eines Inhouse-Netzes ermöglicht. Da jeder Standard für die jeweiligen Anwendungen ausgelegt war, konnten Sprachdienste (Echtzeit-Anwendung, hohe Fehlertoleranz) und Datendienste (Nicht-Echtzeit-Anwendungen, keine Fehlertoleranz) nicht über das gleiche Leitungssystem geführt werden. Die Komponenten mußten für jedes Netz einzeln angeschafft werden, und die Administration lag meist in getrennten Bereichen. Die Mobilität war durch die Netzverkabelung nicht mehr gegeben. Mit der Einführung von digitalen Übertragungsverfahren für Funktelefone wurde zumindest erst einmal für die Sprachdienste eine kostengünstige Alternative geschaffen. Die Mitarbeiter sind jetzt zumindest mit dem Telefon schon flexibel.

Durch die Globalisierung von vor allem großen Unternehmen wuchs das Datenaufkommen sehr rasant. Die gesteigerte Leistungsfähigkeit der Computer und die immer größeren Anforderungen der Applikationen bedingten, daß die Leistungsfähigkeit der Netzwerke an seine Grenzen stieß und nur durch neue Standards zu verbessern war. Die Entwicklungen gingen in zwei Richtungen. Eine Gruppe, von der IEEE angeführt, entwickelte das Fast-Ethernet (100 Mbit/s) und das Gigabit-Ethernet (1 Gbit/s). Diese Technik ist mit der des Ethernet (10 Mbit/s) eng verbunden, und ermöglicht eine gute Implementierung in die vorhandene Rechner- und Netzwerkarchitektur. Die getrennte Verkabelung für Sprach- und Datendienste bleibt dabei aber weiter bestehen. Eine zweite Gruppe bildete das ATM-Forum, das einen Standard schaffen sollte, mit dem eine Übertragung des ganzen Dienstespektrums (konstante Bitraten bis zufällige Bitraten) möglich sein sollte. Das entwickelte Verfahren nennt sich Asynchroner Transfer-Mode (ATM). Mit diesem Übertragungsverfahren können sowohl Sprach- als auch Datendienste über ein Medium und die gleichen Komponenten übertragen werden. Es stehen Übertragungsraten von bis zu 622 Mbit/s zur Verfügung, womit die Forderungen nach einer höheren Bandbreite für die Video und Datenübertragung ausreichend erfüllt werden. Der Einsatz erfolgte Anfangs nur zwischen den Hauptvermittlungsstellen der Ballungszentren, da die technischen Komponenten noch sehr teuer waren und für die Übertragung nur ein fast verlustfreies und störungsunempfindliches Medium (LWL) in Betracht kam. In neueren Entwicklungen werden Spezifikationen erarbeitet, die Datenraten von bis zu 5 Gbit/s ermöglichen sollen. Mit dieser Entwicklung wird eine wesentliche Forderung der Benutzer an ein schnelleres

Übertragungsmedium, das auch noch alle Dienste abdeckt und die Administration somit vereinfacht, erfüllt.

Die heutigen Entwicklungen gehen immer mehr zur Flexibilisierung der Arbeit, dies betrifft sowohl den Arbeitsplatz, als auch die Arbeitszeit. Viele Menschen sind heute im nicht stationären Bereich (Außendienstmitarbeiter, Servicetechniker, usw.) beschäftigt. Viele Mitarbeiter arbeiten mit Laptops und Mobiltelefon, um den Kontakt mit der Zentrale zu halten. Die Möglichkeiten, mehr als nur die Sprachdienste mobil zu nutzen, beschränken sich im GSM-Netz (Kapitel 4) auf das SMS (Short Message Service, Übertragung von max. 160 Zeichen) und die Kommunikation über Mobilmodems, bei denen eine Übertragungsrate von zur Zeit 9,6 kbit/s erreichbar ist. In der Zukunft soll durch die Bündelung von Kanälen eine höhere Datenrate möglich sein, je nach Netzlast bis zu ca. 500 kbit/s (ab dem Jahr 2000). Um heute größere Datenmengen zu übertragen oder Datenbankabfragen zu gestalten, ist die Übertragungsgeschwindigkeit zu klein. Ferner besteht auch in Firmen und bei Außendienstmitarbeitern immer mehr der Wunsch, den „Gegenüber“ nicht nur zu hören, sondern auch zu sehen. Die Übertragung von Echtzeitvideoanwendungen beansprucht aber eine große Bandbreite, welche das GSM-Netz noch nicht bieten kann. Videoüberwachung per GSM ermöglicht die Übertragung von einem Bild pro Sekunde, was für diese Anwendung durch aus ausreichend ist. Auf Grund dieser Anforderungen wurden die Bemühungen, eine mobile (drahtlose) Kommunikation mit höheren Bitraten zu ermöglichen, intensiviert und Anfang 1997 ein erster Standard für ein drahtloses lokales Netzwerk (Funk-LAN, HYPER-LAN 1) (Kapitel 3.4) verabschiedet. Damit besteht die Möglichkeit innerhalb einer Bürolandschaft mit dem Laptop sich zu bewegen oder schnell mal dem Arbeitsplatz zu wechseln, z.B. für einen Vortrag. Die Daten können dann wie gewohnt vom Server abgerufen werden und stehen jederzeit an jedem Platz zur Verfügung. Die Datenübertragung, mit einer Datenrate von 2 Mbit pro Kanal, kann über Funk- oder Infrarot-Sender/Empfänger realisiert werden. Bei einer Installation müssen aber die EMV-Bestimmungen (Gesundheitliche Aspekte, Kapitel 7) beachtet und eine Störung möglicher Laborarbeitsplätze ausgeschlossen werden.

In größeren und mittleren Unternehmen kommt es häufig zur Bildung von neuen Arbeitsgruppen, die auch mit ihren Arbeitsplätzen zusammengefaßt werden sollen. Dabei stoßen die stationären Netze bezüglich ihrer Flexibilität schnell an ihre Grenzen und der Anpassungs- und Verwaltungsaufwand steigt proportional mit der Größe des Netzes. Ein Arbeitsplatz verfügt heute meist über ein Telefon- und einen LAN-Anschluß, den jeder Mitarbeiter gerne an seinen neuen Arbeitsplatz im Hause mitnehmen möchte. Dies erfordert einen hohen Koordinierungsaufwand zwischen den verschiedenen Netzbetreuern. Durch den Aufbau eines ATM-Netzes (Kapitel 5) im Gebäude muß nur noch ein Netzwerk verwaltet werden und der Aufwand für die Realisierung der Anschlüsse würde sich verringern.

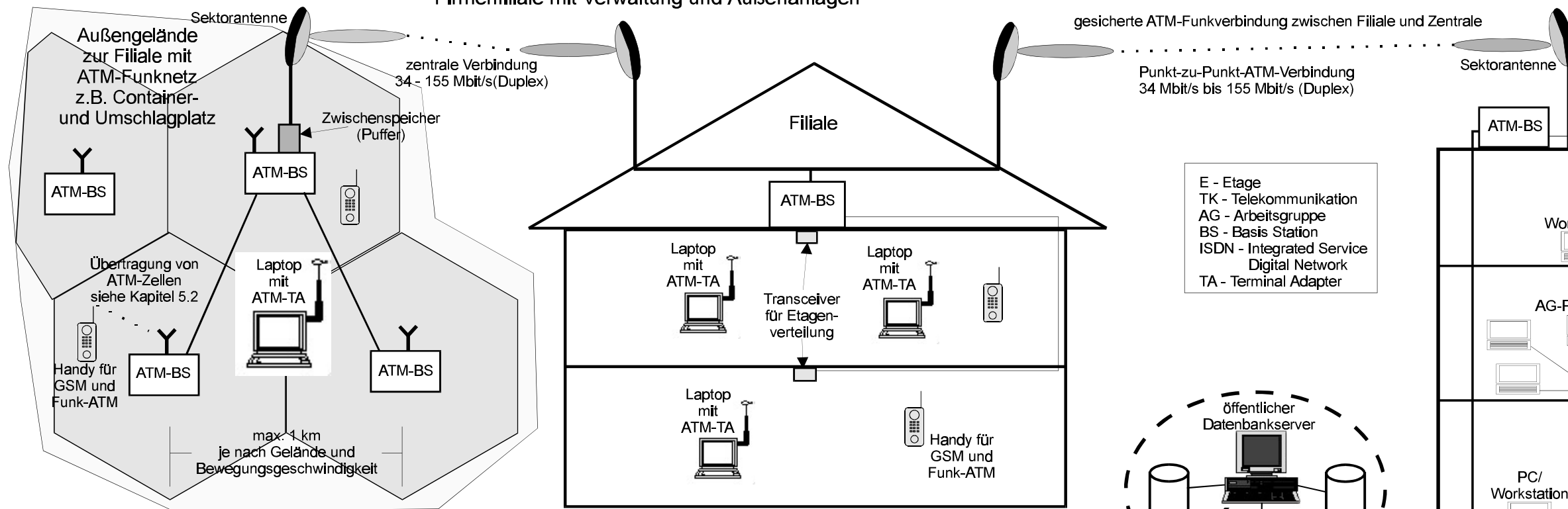
Da die Verkabelung eines modernen Bürogebäudes sehr teuer ist und man nie genau weiß, welche Anzahl von Anschlüssen in einem Bereich benötigt werden, erscheint der Einsatz eines Funksystems, das alle Funktionen eines modernen Netzwerkes zur Verfügung stellt, sehr sinnvoll. Die Entwicklung eines Funk-ATM (WATM) wird in Kapitel 6 beschrieben. Seit Anfang der 90er Jahre werden von den verschiedenen Institutionen Projekte durchgeführt, die Wege für einen Standard finden sollen. Die ersten Versuche einer Spezifizierung scheiterten an den nicht genau festgelegten Anforderungen an ein solches System. Es gilt zu klären, welche Frequenzen für die sehr bandbreitenintensive Übertragung zur Verfügung stehen, und in welchem Maße eine Fehlerkorrektur in die ATM-Struktur eingebunden werden kann. Die Fehlerkorrektur wird notwendig, da in

einem Funkkanal nur Bitfehlerraten (BER) von 10^{-3} bis 10^{-5} möglich sind und das drahtgebundenen ATM nur für BER kleiner 10^{-9} ausgelegt ist, was eine Korrekturmechanismus nicht erforderlich macht.

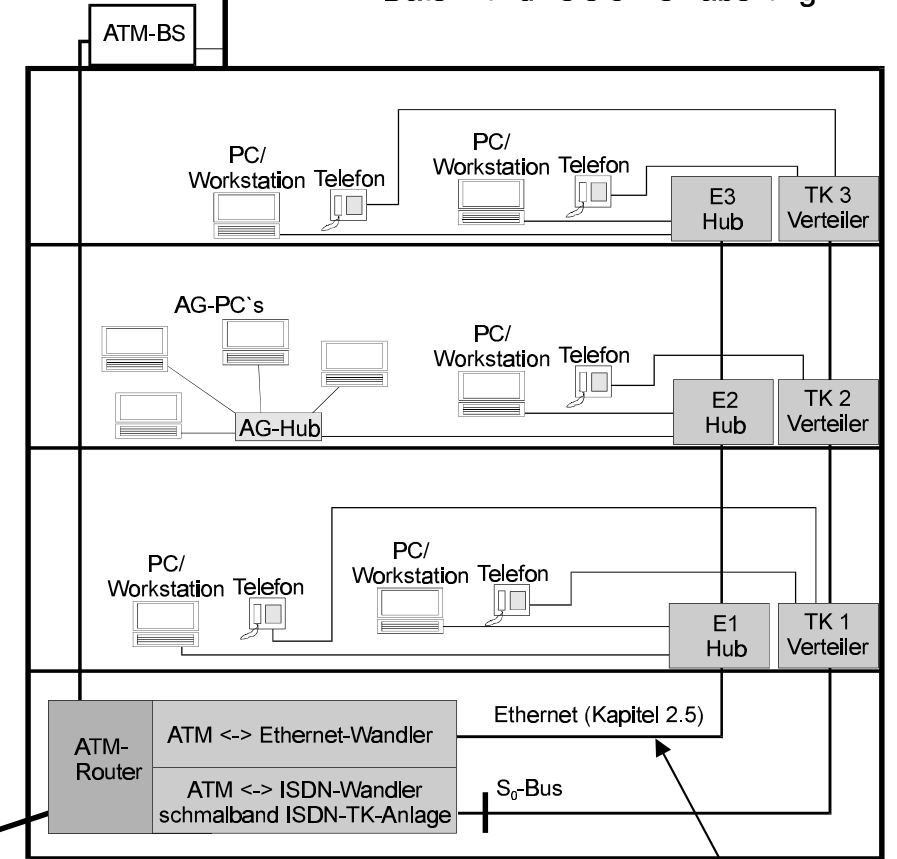
Die Definitionen für die Luftschnittstelle und die Implementierung der zusätzlichen Schichten für die Signalisierung und den Funkverkehr sind schon ziemlich weit fortgeschritten. So das mit der für die zweite Hälfte angekündigten ersten Spezifikation eines drahtlosen ATM-Systems gerechnet werden kann. Die Erforschung der Einflüsse der hohen Frequenzen, die für die ersten Projekte genehmigt wurden (5 GHz bis 60 GHz) auf die Materialien und die Umwelt wird noch eine gewisse Zeit beanspruchen, so daß mit den ersten marktreifen Produkten nicht vor der Jahrtausendwende zu rechnen ist. Für die Netzwerkadministratoren ist es dennoch schon heute sinnvoll ihr Netzwerk so auszulegen, daß eine Einbindung eines Funk-ATM-Netzes nicht schwierig wird. In weitere Zukunft wird es ein drahtloses ATM-Netzwerk geben, das dem heutigen GSM-Netz ähnlich ist und es wird Geräte geben, die in jedem Netz die verfügbaren Ressourcen nutzen können. Nach der Öffnung des Telekommunikationsmarktes ist es auch für neue Netzbetreiber interessant, solche Netze aufzubauen, da damit die Versorgung von Kunden mit der notwendigen Übertragungsbandbreite möglich wird, ohne daß ein teures und aufwendiges Verlegen von Leitungen erforderlich ist.

Die nachfolgende Abbildung gibt einen Überblick über das Thema dieser Arbeit.

Firmenfiliale mit Verwaltung und Außenanlagen

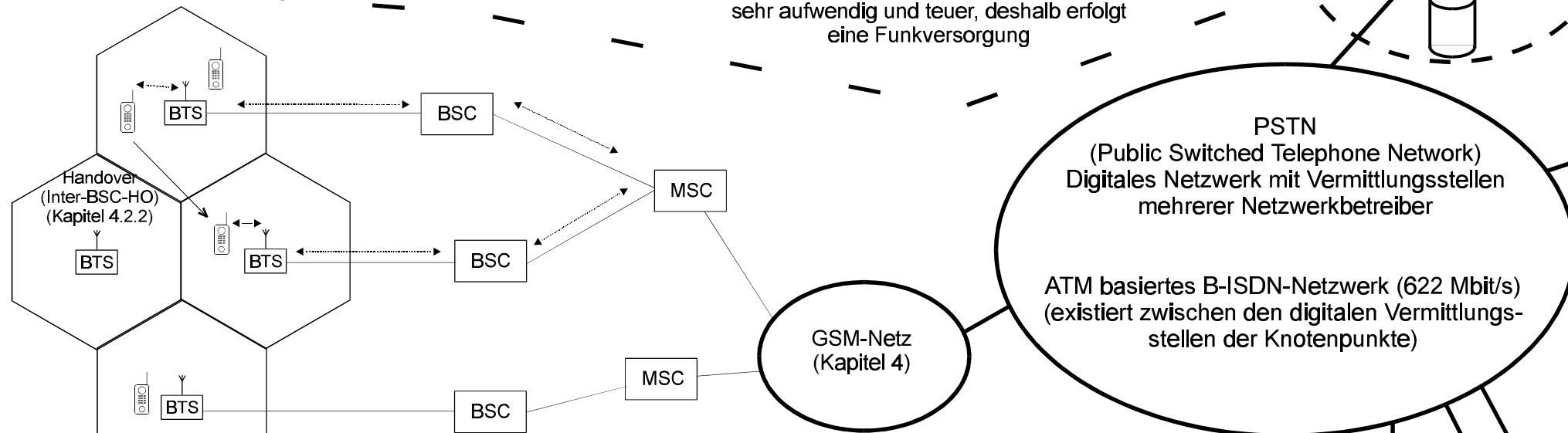


Firmenzentrale, altes Bürohaus mit direktem ATM-Anschluß und intern getrennter Daten- und Telefonverkabelung

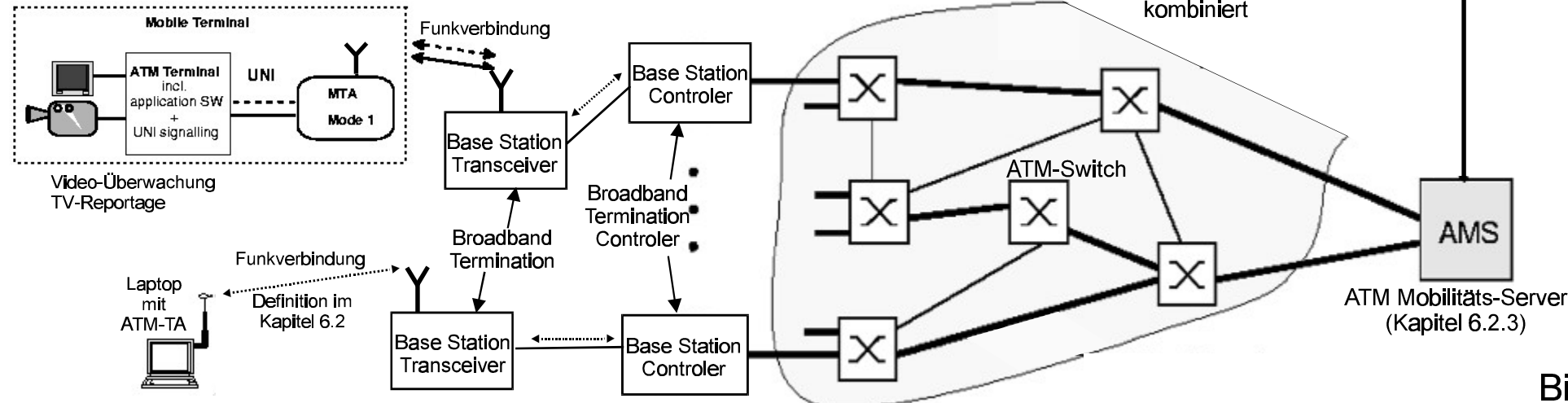


Hausverkabelung besteht, deshalb intern kein ATM

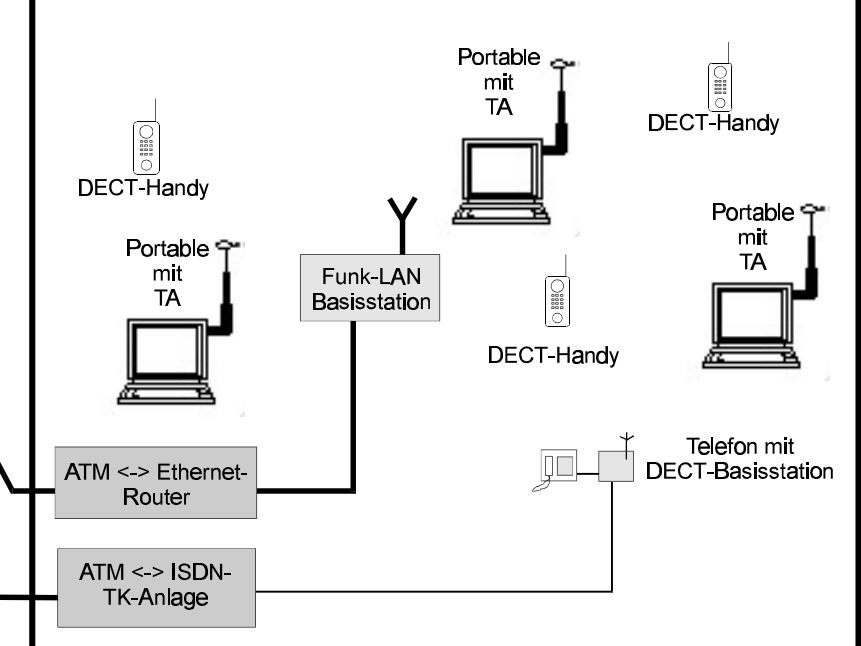
Protokolle für den Verbindungsablauf siehe Kapitel 2.7



öffentliches ATM-Netz (Kapitel 4) und öffentliches ATM-Funk-Netz (Kapitel 5) kombiniert



Werkhalle mit DECT-Telefon-Netz und Funk-LAN-Datennetz nach IEEE 802.11 / HYPER-LAN 1 Standard (Kapitel 3.4)



Bildliche Darstellung der Diplomarbeit von Jan Kreßner

2. Spezifikationen zur Datenübertragung

2.1. Netzwerkunterteilung

Netzwerke können nach geographischen Gesichtspunkten und der Art ihres Aufbaus (Topologien) unterteilt werden. Bei der geographischen Einteilung unterscheidet man Local Area Network (LAN), Metropolitan Area Network (MAN) und Wide Area Network (WAN). LAN und MAN werden hauptsächlich zur Vernetzung von Gebäuden und verschiedenen Unternehmensteilen innerhalb einer Stadt verwendet. Es werden häufig die gleichen Topologien verwendet. Die Übertragungsraten liegen heutzutage bei 100Mb/s. Das WAN benutzen hauptsächlich große und weltweit operierende Unternehmen für die Vernetzung ihrer Unternehmensteile. Die Aufwendungen dafür sind sehr groß und kostenintensiv und werden hauptsächlich über Leitungen der nationalen Telekommunikationsunternehmen abgewickelt. Die Übertragungsmedien können in Form von Standleitungen, ISDN-Wählverbindungen und Satellitenverbindungen existieren.

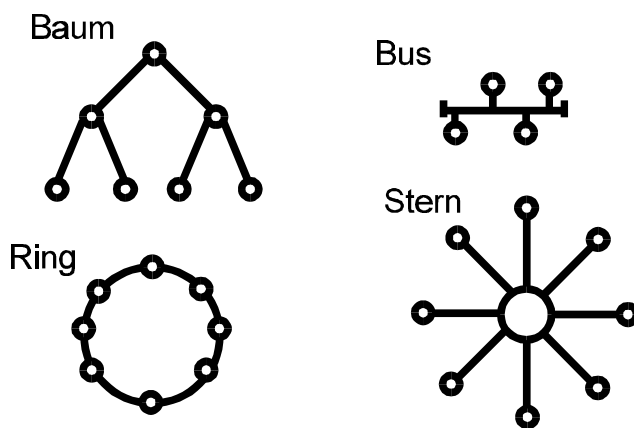


Abbildung 2.1-1 Netztopologien [nach 4, S.33]

verknüpft werden.

Die physische Struktur eines Kommunikationssystems nennt man Netzwerktopologie, sie ist ein Abbild der räumlichen und geographischen Verteilung der einzelnen Komponenten, aus denen das Netzwerk besteht. Beim LAN findet man am häufigsten 4 Strukturen: Bus/Baum-Topologie, Ring-Topologie, Stern-Topologie und Punkt-zu-Punkt-Topologie. Im LAN können verschiedene Topologien miteinander

2.2. Unterteilung drahtloser Systeme

Die drahtlosen Übertragungssysteme (Wireless Systems) werden genauso wie die drahtgebundenen Übertragungssysteme verschieden charakterisiert. Die Systeme werden in Global-, Wide- und Local-Zonen eingeteilt.

Es wird grundsätzlich zwischen 2 verschiedenen Technologien unterschieden. Die analoge Technologie wird heutzutage nur noch in den bestehenden Systemen (NMT - Nordic Mobil-Telephone, AMPS-Advanced Mobile Phone Systems, TACS - Total Access Communication Systems, C-Tel - C-Netz der Telekom) angewandt und verbessert. Die Zukunft liegt nur noch in der digitalen Zell-Technologie. Einige Systeme sind GSM900, PCN (GSM1800) (Personal Communication Network, A-AMPS (Digital-AMPS) und PDC (Personal Digital Cellular, Japan).

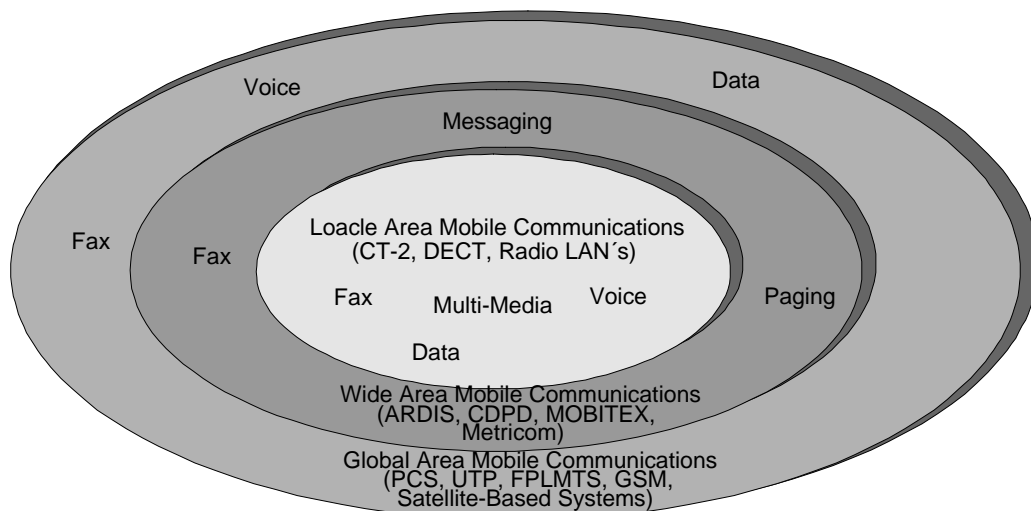


Abbildung 2.2-1 Wireless Systems, Services und Charakteristika [nach 12, S.2]

Die Abbildung 2.2-1 zeigt eine Einteilung der verschiedenen Dienste auf die Entfernungen, dabei wurden statistische Erhebungen herangezogen und Analysen, in welchem Umgebungsradius die verschiedenen Anwendungen sinnvoll sind.

2.3. ISO / OSI - Schichtenmodell

Das ISO / OSI - Schichtenmodell (Abbildung 2.3-1) wurde verabschiedet um einen einheitlichen Protokoll-Funktionsaufbau eines Netzwerkes realisieren zu können und die Kompatibilität zwischen den Topologien zu gewährleisten. Die 7 Schichten des Modells kann man in drei Teile unterteilen. Die Schichten 1 bis 3 beschreiben die netzorientierten Funktionen und die Schichten 5 bis 7 die Anwendungsprotokolle. In der Schicht 4 wird sichergestellt, daß die anwendungsorientierten Schichten vom physikalischen Transportnetz unabhängig sind, sie gewährleistet auch, daß verschiedene Transportnetze für die Verbindung zwischen Teilnehmern eingesetzt werden.

Durch die Standardisierung sind die Schnittstellen zwischen den Schichten eindeutig definiert und es können Produkte verschiedener Hersteller und Techniken kombiniert werden. Die Schichten sind bis auf ihre Schnittstellen völlig unabhängig voneinander und haben die ihnen nach Definition zugewiesenen Aufgaben zu erledigen.

Kurzbeschreibung der 7 Schichten:

Schicht 1: Bitübertragungsschicht (Physikalische Ebene, nicht Hardware)

In der Schicht 1 werden das Übertragungsmedium und die Regeln für die Übertragung von einzelnen Bits spezifiziert. Dazu gehören u.a.:

- Leitungscode (NRZ-Code, Manchester-Code u.a.)
- Spezifikation von Kabeln und Steckern (V.24, X21 u.a.)
- Bitübertragungsverfahren

Schicht 2: Sicherungsschicht (Sicherungsebene)

Hier liegt die Verantwortlichkeit für die sichere Übertragung zwischen direkt benachbarten Stationen. Es erfolgt die Zusammenfassung der Bits in sogenannte Frames und das Erstellen einer Prüfsumme für die Fehlererkennung, die mit angehängt wird. Die Schicht 2 wird in einen gesicherten und ungesicherten Dienst unterteilt. Beim letzteren werden die fehlerhaften Frames eliminiert. Die wiederholte Datenanforderung wird durch eine der höheren Schichten ausgelöst. Im gesicherten Modus wird der verworfene Frame sofort neu angefordert.

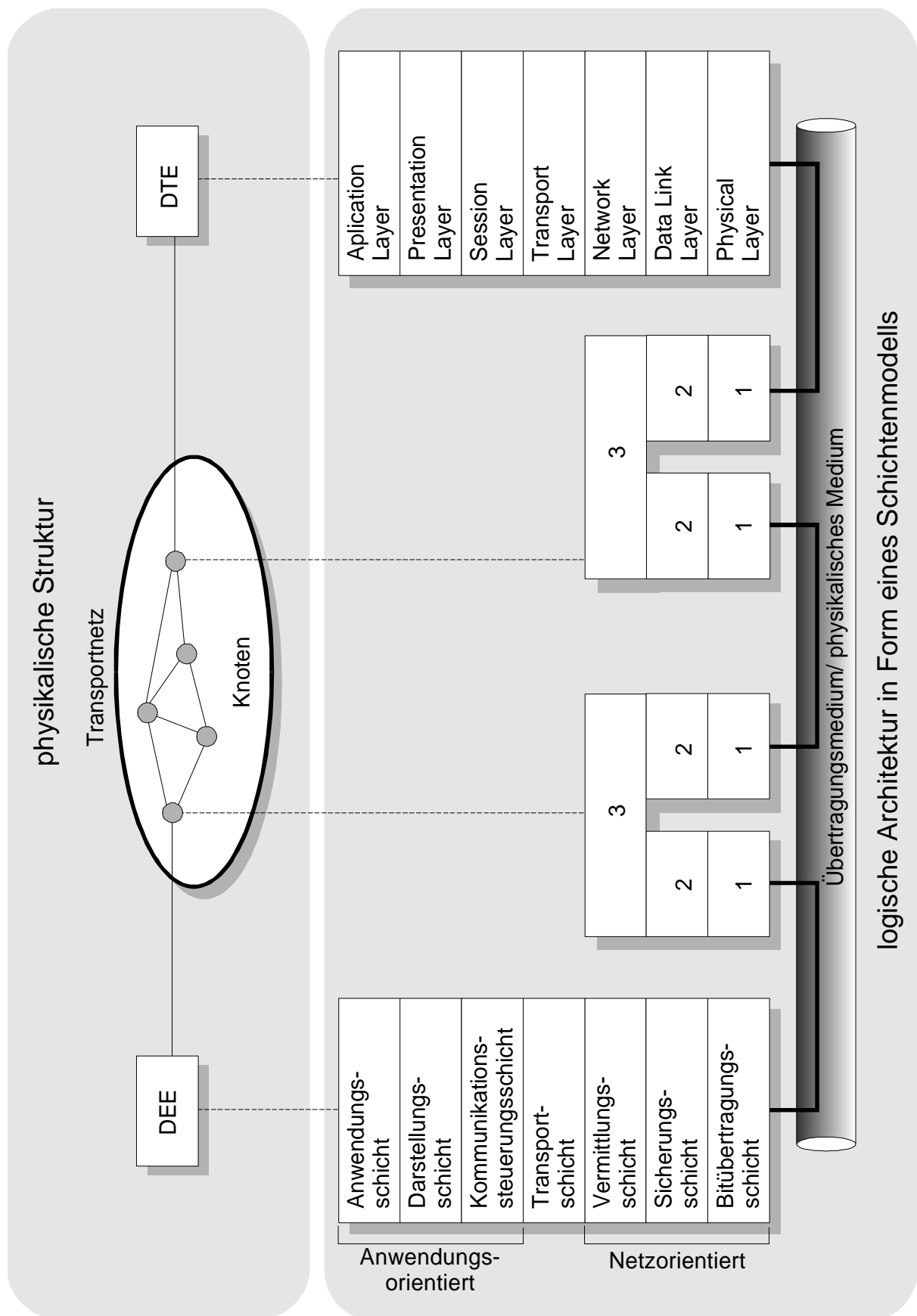


Abbildung 2.3-1 OSI-Referenzmodell

Schicht 3: Verbindungsschicht (Netzwerkebene)

Im Network Layer werden die Verbindungen von einem Teilnehmer zum anderen Teilnehmer aufgebaut. Es wird die Route durch das Netz für die einzelnen Datenblöcke festgelegt (Routing). Die Regeln sind im Routing-Protokoll hinterlegt. Die Schicht 3 kann als Paketvermittlungsschicht bezeichnet werden.

Schicht 4: Transportschicht

Es wird eine virtuelle Ende-zu-Ende-Verbindung für die in Paketen festgelegten Daten errichtet, gesteuert und beendet. Diese Schicht hat die Aufgabe die Übertragungsfehler zu korrigieren und ist sehr eng verbunden mit den Schichten 2 und 3. Es kann eine Anpassung an unterschiedliche Netzeigenschaften notwendig sein. Weitere Funktionen sind die Adressübersetzung und die Datensegmentierung.

Schicht 5: Sitzungsschicht (Kommunikationssteuerungsschicht)

Für die Synchronisation zwischen zwei Kommunikationsprozessen ist der Dialogablauf in Haupt- und Nebensynchronisationspunkt unterteilt, welche fortlaufende Nummern erhalten. Beim Verlust der Synchronität (Fehler) kann diese dadurch wieder hergestellt werden.

Schicht 6: Darstellungsschicht

In der Darstellungsschicht wird die Umsetzung der Information (Zeichensätze) in ein einheitliches Format auf der Sendeseite vorgenommen. Hier können auch Daten komprimiert, konvertiert und verschlüsselt werden.

Schicht 7: Anwendungsschicht

In der Schicht 7 sind die System- und Anwendungssteuerungen angesiedelt. Die Funktionen bestehen u.a. in der Identifikation der Kommunikationspartner und deren Berechtigungsprüfung und Zugang zur Kommunikation.

In den Rechnernetzen kann man zwei Arten von Kommunikation unterscheiden. Bei der verbindungslosen Kommunikation werden die Daten (Netzmanagement Kommandos, Parameterabfragen) an die Partnerin gesendet ohne eine Vereinbarung zum Kommunikationsablauf zu treffen. Diese Kommunikation kann mit oder ohne Bestätigung durchgeführt werden. Eine dauerhafte Kommunikation bezeichnet man als verbindungsorientiert. Das Senden von Daten von einem Teilnehmer zum anderen geschieht nur nach vorheriger Vereinbarung mit ihm, d.h. die Kommunikationsbeziehung ist beim Datensenden bereits aufgebaut. Diese beiden Kommunikationsarten werden in der Schicht 3 realisiert. Eine Bestätigung der Nachricht ist hierbei generell garantiert.

Beim Aufbau einer Verbindung zwischen zwei Partnersystemen entsteht von einer Schicht n des einen Systems zu dementsprechenden Schicht n des anderen Systems eine virtuelle Verbindung. Virtuell bedeutet, daß die Verbindung nicht direkt besteht sondern als gedacht angenommen werden kann. Diese Verbindung ist nicht meßbar, sondern ergibt sich aus den Zusammenhängen im Aufbau des Datensegmentes. Mehrere virtuelle Verbindungen können über ein und dieselbe physische Verbindung bestehen, oder in dieser zusammengeführt sein. Eine derartige Definition vereinfacht oft die Betrachtung von größeren Zusammenhängen und ermöglicht so die schnelle Verständlichkeit, ohne jedesmal auf die sich wiederholenden Einzelheiten einzugehen. Eine virtuelle Verbindung ist keine Verbindung im klassischen Sinne, sie stellt sich nach außen zwar so dar, muß aber nicht ständig bestehen. Die Steuerung wird von der Hardware und/oder Software übernommen und kann zeitweise, bruchstückhaft, parallel, mehrfach gleichzeitig oder springend von einer auf eine andere Leitung zwischen gleichem Sender und Empfänger oder gleichem

Sender und verschiedenen Empfängern und im Time Division Multiplex (TDM) mit anderen Verbindungen bestehen.

Eine virtuelle Verbindung kann auch aus mehreren physischen Verbindungen bestehen, z.B. ein Verbindung Filiale und Geschäftssitz, die nur durch ISDN-Wählverbindungen zusammen geschaltet werden. Im Internet bestehen meist nur virtuelle Verbindungen, die physisch für jedes Datenpaket einen anderen Weg nehmen können.

Für die Kommunikation zwischen zwei Schichten in Partnersystemen müssen diese sich in der Bereitschaft befinden eine gewünschte Verbindung aufzubauen und es müssen die Kommunikationsdienste der darunterliegenden Schichten verfügbar sein. Jede Dateneinheit setzt sich aus den Benutzerdaten und den Kontrollinformationen (Datenkopf) zusammen. Die Dateneinheit der Schicht n bildet zugleich die Benutzerdaten der Schicht $n-1$, der wieder ein Datenkopf angefügt wird. Die Dateneinheit der Schicht n wird in der Schicht $n-1$ nicht interpretiert oder ausgewertet, dies geschieht erst in der dementsprechenden Schicht des Partnersystems.

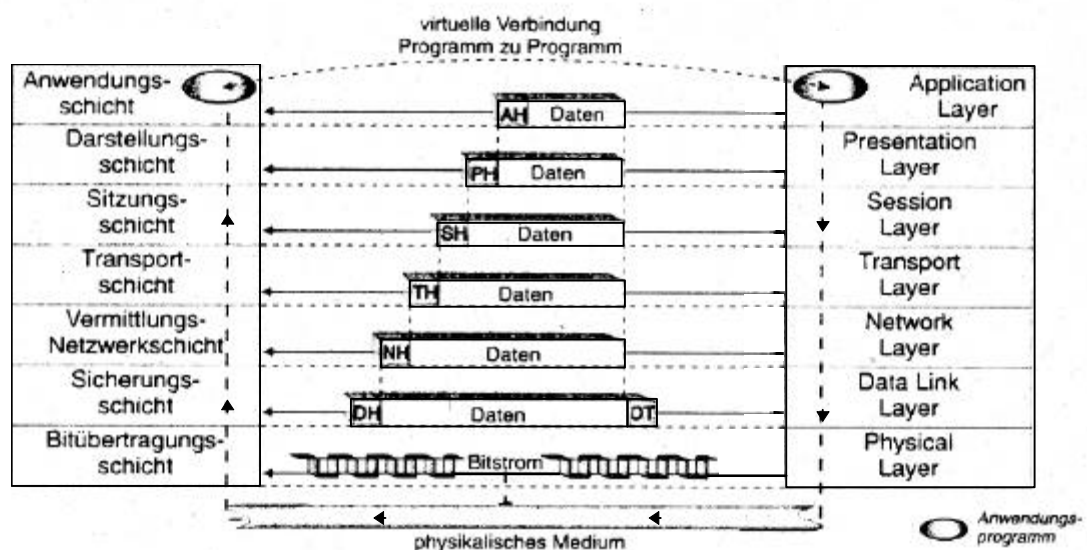


Abbildung 2.3-2 Zusammensetzung der Frames [nach 8, S.41]

- AH Header der Anwendungsschicht
- PH Header der Darstellungsschicht
- SH Header der Sitzungsschicht
- TH Header der Transportschicht
- NH Header der Netzwerkschicht
- DH Header der Sicherungsschicht
- DT Trailer der Sicherungsschicht

Ein Rahmen (Frame) enthalten die Protokollstrukturen der jeweiligen Schicht, diese setzen sich aus dem Kopf und Daten zusammen. Als Daten bezeichnet man die eigentlichen Nutzdaten des Benutzers und die Protokollinformationen der darüberliegenden Schicht. Im Kopf befinden sich alle notwendigen Informationen, um die Verwaltungs-, Sicherungs- und Übertragungsarbeit zu leisten. Als Frame direkt wird allerdings nur die letzte Stufe in der Sicherungsschicht bezeichnet, vorher sind es im allgemeinen nur Datenpakete oder Datagramme. Für die Übertragung der Daten werden verschiedene Informationen benötigt, so enthält jedes Datagramm Angaben für die darüber liegende Schnittstelle, über aufgetretenen Übertragungs- oder Protokollfehler, die Quell- und Zieladresse, sowie auch Portadressen für die Anwendungsverknüpfung. In welchem Umfang diese Angaben ausfallen hängt von der jeweiligen Schicht ab.

Die Frame-Architektur wurde notwendig, da es keine direkte Verbindung zur Gegenstelle gibt sondern es sich um virtuelle Verbindungen handelt, die nur aufgebaut werden, wenn es notwendig wird. In Bus-, Ring- und Punkt-zu-Mehrpunktverbindungen sind solche Frames notwendig, damit der Teilnehmer, für den die Daten bestimmt sind, eindeutig identifiziert werden kann. Bei einer Punkt-zu-Punkt-Verbindung ist dies so nicht notwendig, da der einmal aufgebaute Übertragungskanal für die ganze Zeit bestehen bleibt und nur durch den Benutzer selbst getrennt werden kann. Je komplexer die Netzstrukturen werden und je mehr Daten übertragen werden müssen, desto größer werden auch die Kopfinformationen in den Frames. Der Overhead, das Verhältnis von Übertragungs- zu Nutzdaten, wird immer größer. Um den Overhead möglichst klein zu halten, wurden Vereinbarungen und Normen geschaffen, die eine Identifizierung der einzelnen Informationen (Bits, Bytes) besser ermöglicht.

In manchen Netzen ist es notwendig, einen Übergang von einem zum anderen Verbindungssystem zu ermöglichen. Durch diese Verknüpfung können die vorhandenen Übertragungskapazitäten besser ausgenutzt und gesteuert werden. Beim einfachen Telefonat z.B. werden die Daten vom Teilnehmer A zur Vermittlungsstelle mittels einer Punkt-zu-Punkt-Verbindung übertragen. Zwischen den Vermittlungsstellen wird oft schon ein Paketvermittlungsverfahren eingesetzt, das die Daten in einzelne Datensegmente unterteilt. Durch diese Umsetzung in eine andere Art der Verbindung werden die vorhandenen Kapazitäten besser ausgeschöpft. An der letzten Vermittlungsstelle werden die Daten wieder zusammengesetzt und mittels Punkt-zu-Punkt-Verbindung zum Teilnehmer B übertragen. Die reine Datenübertragung ist zeitlich nicht so eng gebunden, wie z.B. die Übertragung von Sprache und bewegten Bildern, dadurch können hier auf der ganzen Übertragungsstrecke Strukturen eingesetzt werden, die einer Vielzahl von Teilnehmern den scheinbar gleichzeitigen Zugriff auf alle Daten ermöglichen, aber nicht unbedingt immer die gleiche zeitliche Abfolge gewährleisten.

2.4. IEEE Projekt 802 - Lokal-Area-Network (LAN)

Für lokale Netzwerke wurde eine genauere Definition der Schichten notwendig, da das OSI-Schichtenmodell eher für die Bedürfnisse von WAN's ausgelegt ist.

Einen Überblick über die Normen der IEEE für lokale Netzwerke:

| | |
|-------------|--------------------------------------|
| IEEE 802.1 | Architektur |
| IEEE 802.2 | Logical Link Control |
| IEEE 802.3 | CSMA/CD (Ethernet) |
| IEEE 802.4 | Token Bus |
| IEEE 802.5 | Token Ring |
| IEEE 802.6 | DQDB (MAN) |
| IEEE 802.7 | Breitband LAN |
| IEEE 802.8 | Fiberoptisches LAN |
| IEEE 802.9 | Integriertes Sprach- und Daten LAN |
| IEEE 802.10 | Übertragungssicherheit |
| IEEE 802.11 | Wireless LAN (gegenwärtig in Arbeit) |

Die Unterschiede zwischen den einzelnen Normen liegen hauptsächlich in der Verkabelung, dem Zugriffsverfahren und der Bitübertragung.

Die LAN-Netze können über verschiedene Kopplungselemente miteinander verbunden werden. Die eingesetzten Elemente unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Funktionalität bezüglich der Schichten.

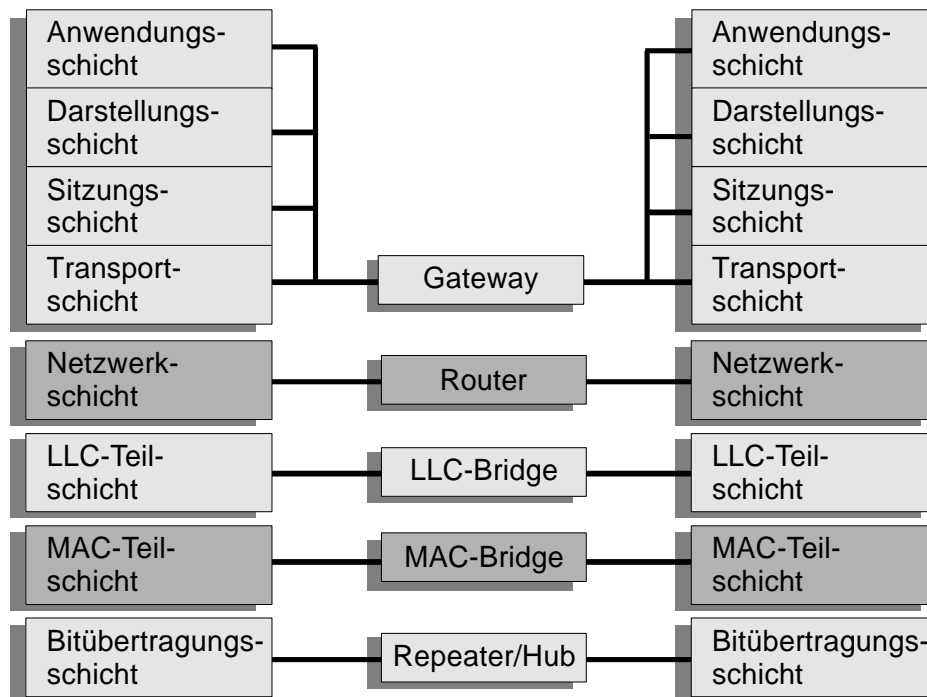


Abbildung 2.4-1 LAN-Kopplungselemente [nach 8, S.52]

- Repeater/Hub: Ein Repeater stellt die einfachste Form der Netzwerkverknüpfung dar. Er hat die Aufgabe die ankommenden Signale vom Kabelsegment aufzunehmen, zu verstärken und weiterzuleiten. Es besteht die Möglichkeit, verschiedene Verkabelungsvarianten (Twisted Pair, Koax (10BASE5), Koax (RG58) (10BASE2)) miteinander zu koppeln. Ein Hub hat die Aufgabe die Ringstruktur aufzulösen und in eine Sternverkabelung zu überführen, was das Einbinden neuer Stationen erleichtert. Bei der Twisted-Pair-Verkabelung erfolgt die Anbindung der Stationen über Hubs, die das An- oder Abkoppeln von Stationen vom restlichen Netzwerk trennen, wodurch der Aufwand in größeren Bürolandschaften sehr viel kleiner wird.
- Bridge: haben auch die Aufgabe LAN-Netze zu verbinden, sie sind aber intelligenter als Repeater. Über Bridges lassen sich verschiedene LAN-Segment-Verknüpfungen herstellen. Ihnen obliegt die Fähigkeit Adressen zu lernen und im Stack abzulegen. Sie können LAN's mit verschiedenen Übertragungstechniken koppeln, sowie den Einsatz von einfachen Filtern ermöglichen.
- Router: Mittels Router lassen sich LAN-WAN-Verbindungen herstellen. Sie entscheiden über den Weg einzelner Datenpakete durch das Netz und entkoppeln interne LAN's vom externen Zugriff.
- Gateway: Es existieren für die Schichten 4-7 verschiedene Gateway-Typen, die je nach Unterschieden in den Protokollstrukturen in der ersten unterschiedlichen Struktur ansetzen müssen. Mit ihrer Hilfe ist es möglich verschiedene Netze (LAN, DATEX-P, ATM, GSM) zu verbinden. In Gateways erfolgt die Auswertung von Protokollstrukturen (Head-Informationen) und deren Anpassung an die verschiedenen Netz-Protokolle.

2.4.1. LAN - Referenzmodell

Die Schicht 2 des OSI-Modells wird im IEEE 802 - Referenzmodell durch zwei neue Schichten (2a und 2b) ersetzt. Die Schnittstelle zwischen der Sicherungs- und

Vermittlungsschicht wurde nach OSI realisiert, dadurch besteht die Kompatibilität ab Schicht 3 zwischen OSI- und IEEE 802-Referenzmodell.

| | | |
|----|-------------------|-----------------|
| 7 | Application | Anwendung |
| 6 | Presentation | Darstellung |
| 5 | Session | Komm.-Steuerung |
| 4 | Transport | Transport |
| 3c | Internet | Vermittlung |
| 3b | Enhancement | |
| 3a | Subnetwork-Access | |
| 2b | Logical Link | Sicherung |
| 2a | Medium-Access | |
| 1 | Physical | Bitübertragung |

Abbildung 2.4-2 Schichtenmodell für LAN's [nach 6, S.24]

Schicht 1: Physikal Layer (PHY)

Die Funktionen entsprechen der Schicht 1 des OSI-Referenzmodells. In dieser Schicht werden die physikalischen Eigenschaften von Übertragungsmedien und die Prinzipien der Bitübertragung festgelegt.

Schicht 2a: Medium Access Control (MAC)

Die MAC-Schicht kontrolliert, wann die Bits auf das Übertragungsmedium gesendet werden dürfen und realisiert die Übertragung.

Schicht 2b: Logical Link Control (LLC)

Die Aufgabe der LLC-Schicht besteht in der fehlerfreien Übertragung der Frames zwischen Sende- und Empfangspuffer in zwei LAN-Stationen. Das LLC-Protokoll basiert auf dem bitorientierten HDLC-Protokoll. Die LLC-Schicht bildet sozusagen das Dach für die einzelnen Varianten, sie realisiert die Unabhängigkeit der Kommunikationsprotokolle vom LAN-Typ und ist ein sogenannter logischer Multiplexer zwischen den Kommunikationsprotokollen.

Wenn ein Netz aus einem Verbund von Teilnetzen besteht, muß die Schicht 3 weiter unterteilt werden, da die Wegewahl für das Senden der Daten komplexer wird. Die Schicht 3a übernimmt die Wegewahl in jedem Teilnetz, die Schicht 3c im Netzverbund (Internetworking). Die Verfahren der Wegewahl können sehr unterschiedlich sein, deshalb müssen unter Umständen in der Schicht 3b die Netzdienste angepaßt werden. Wenn der Teilnehmer im gleichen LAN vorhanden ist, dann entfallen die Schichten 3b und 3c.

Die Schichten 1 und 2a sind auf den LAN-Adapterkarten implementiert, sie stellen diese aber nicht dar. Die höheren Schichten werden vom Rechner in Form von einer oder mehr Softwarestufen gestellt. Auf der Schicht 2b werden sehr viele SAPs (Service Access Points) als Dienstzugangspunkte implementiert. Die SAPs sind weltweit eindeutig jedem Kommunikationsprotokoll zugeordnet und werden oft auch als Kommunikationspuffer bezeichnet. Durch diesen Puffer ist es möglich, daß die verschiedenen Protokolle über eine und dieselbe LAN-Adapterkarte ihre Daten versenden können.

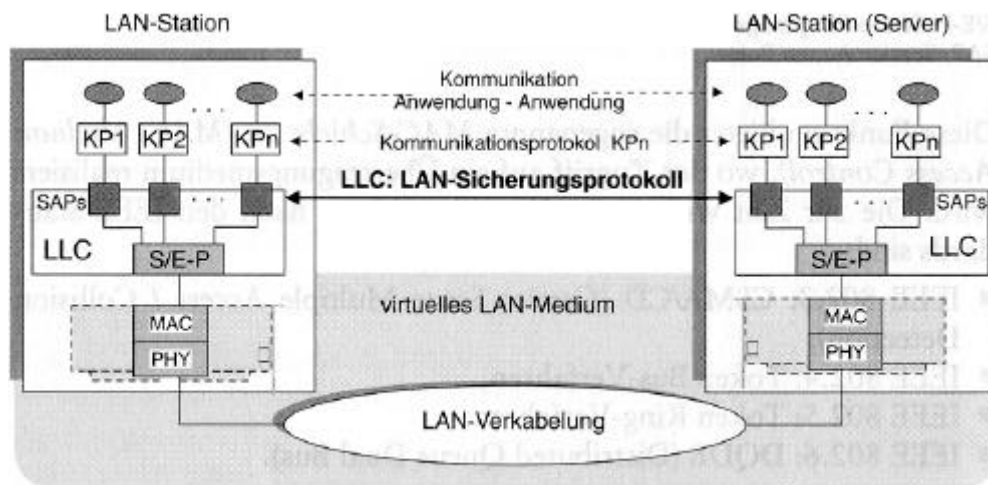


Abbildung 2.4-3 Bedeutung der LLC-Schicht [8, S.82]

S/E-P - Sende-/Empfangs-Puffer

SAPs - Service Access Point

In dieser Abbildung ist auch verdeutlicht, daß die LAN-Adapterkarten mit dem Übertragungsmedium ein virtuelles LAN-Medium bilden. Die Übertragungsfähigkeit ist dabei vom LAN-Typ abhängig. Die Übertragungsprotokolle (TCP/IP, SPX/IPX) können als Sprachen betrachtet werden, mit denen sich die Anwendungen auf den verschiedenen Rechnern verständigen. Bedingung ist, daß alle die gleiche Sprache sprechen. Die Protokolle entsprechen der Netzwerk- und Transportschicht im OSI-Referenzmodell.

Für die Übertragung der Daten im LAN ist es meistens notwendig eine Segmentierung vorzunehmen, da die Länge der übertragenen Frames begrenzt ist. Im dem Datenssegment vorangestellten Kopf werden die für die Softwaremodule notwendigen Steuerungsangaben untergebracht, die das Kommunikationsprotokoll realisieren. Die meisten LAN-Protokolle setzen sich aus zwei Teilen zusammen, so daß der Kommunikationsprotokoll-Kopf (KP-Header) auch aus zwei Teilen besteht. Für die sichere Übertragung kommt ein LLC-Header dazu. Als letztes kommen noch die MAC-Steuerungsangaben dazu. Sie bestehen aus einem MAC-Header und einem MAC-Trailer. Das zu übertragene Paket wird als MAC-Frame bezeichnet.

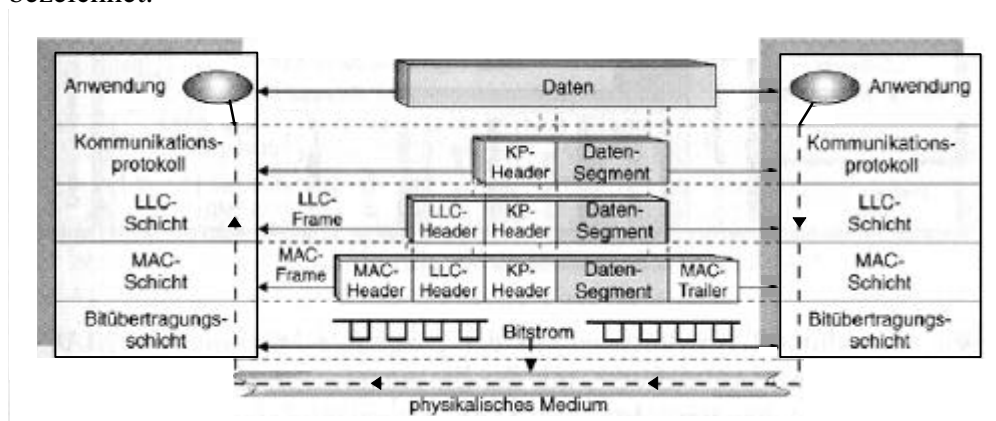


Abbildung 2.4-4 Aufbau eines Datenssegmentes [nach 8, S.83]

2.4.2. Die MAC-Schicht

Durch die MAC-Schicht, in der auch die MAC-Adresse enthalten ist, wird jede Adapterkarte weltweit eindeutig identifiziert. Der Mac-Header setzt sich aus der Ziel- und der Quell-Adresse zusammen, die von der IEEE mit einer Länge von 6 Byte (48 Bit)

standardisiert wurden. Die ersten 3 Byte werden mit Ausnahme der ersten 2 Bit als Hersteller-ID (QUI-Code, Organizationally Unique Identifier - Code) bezeichnet. Diese muß jeder Hersteller bei der IEEE beantragen. Damit erhält er einen Block von 3 Byte (2^{24} Adressen), die er frei vergeben kann.

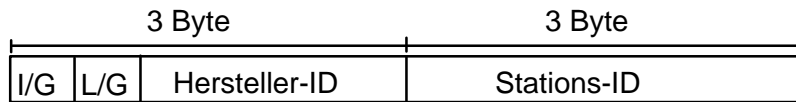


Abbildung 2.4-5 Aufbau der MAC-Adresse [nach 8, S.85]

I/G - Individualadresse (0) / Gruppenadresse (1)

L/G - Lokaladresse (0) / Globaladresse (1)

Mit dem I/G-Bit ist es möglich einen MAC-Frame nur eine Station oder eine ganze Gruppe von Stationen anzusprechen. Bei der Gruppenadressierung kann die Stations-ID eine Bitkombination enthalten, die eine ganze Gruppe kennzeichnet.

Das L/G-Bit kennzeichnet, ob eine Adresse von der IEEE vergeben wurde (Globaladresse) oder ob die Adresse vom unabhängig von der IEEE vergeben wurde (Lokaladresse). Diese Adressen sind dann weltweit nicht mehr eindeutig.

Beim Übergang von einem Zugriffsverfahren zum anderen kann es notwendig werden, die Reihenfolge der Bits zu verändern, da einige Verfahren zuerst das iederwertige Bit auslesen und andere zuerst das Höstwertige.

2.4.3. Die LLC-Schicht

Das LLC-Protokoll basiert auf dem im WAN eingesetzten HDLC (High Level Data Link Control), es muß aber noch zusätzliche Funktionen gewährleisten. Dazu gehören die Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindungen (Mulicast, Broadcast), verbindungslose und verbindungsorientierte Dienste, Multiplex-Funktion. Die Multiplex-Funktion wird benötigt, um die Daten aus dem Sende-/Empfangspuffer an den je nach Kommunikationsprotokoll erforderlichen SAP weiterzuleiten. In der LLC-Schicht werden verschiedene Diensttypen unterschieden:

- Typ 1: Verbindungsloser Dienst ohne Bestätigung,
- Typ 2: Verbindungsorientierter Dienst mit Bestätigung,
- Typ 3: Verbindungsloser Dienst mit Bestätigung.

Ein LLC-Frame ist in der Länge variabel und besteht aus einem Ziel-SAP-, einem Quell-SAP-, einem Control- und einem optionalen Info-Feld.

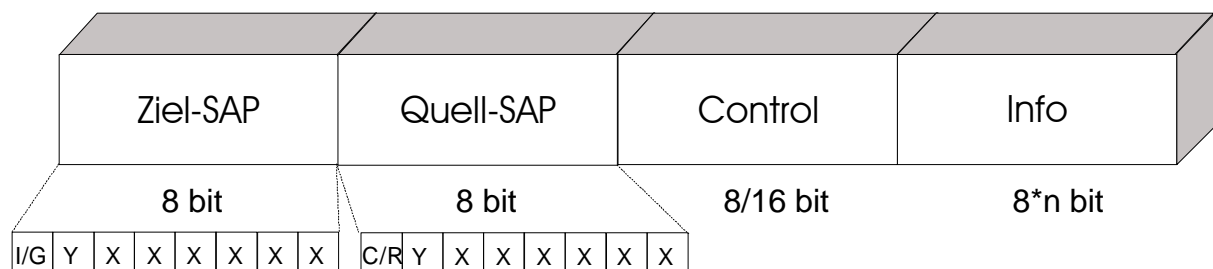


Abbildung 2.4-6 LLC-Frame [nach 8, S.88]

I/G - Individual-SAP (0) / Global-SAP (1)

C/R - Command (0) / Response (1)

Y - Lokaler-SAP-Wert (0) / Globaler-SAP-Wert (1)

Lokal - Benutzervergabe
 Global - IEEE-Festlegung
 SAP - Service Access Point
 XXXXXX - SAP-Angabe

Das Control-Feld kann 3 verschiedene Zustände annehmen:

- I-Frame - Information Frame,
- S-Frame - Supervisory Frame,
- U-Frame - Unnumbered Frame.

Mittels des I-Frames werden die Daten übertragen. Mit einer Sende- und Empfangsfolgennummer wird die Reihenfolge kontrolliert. Die Größe der Nummer beträgt max. 7 Bit. Die Empfangsbereitschaft oder Ablehnung sowie die Bestätigung des Empfangs eines I-Frames wird mit dem S-Frame realisiert, es werden folgende Frames unterschieden:

- Receive Ready (RR) (SS = 00),
- Receive Not Ready (RNR) (SS = 10),
- Reject (REJ) (SS = 01).

Die Funktion-Bits an Bit-Stelle 2 + 3 (SS) werden dementsprechend gesetzt.

Im U-Frame werden Managementfunktionen übertragen, die keine Bestätigung benötigen. Es muß hier zwischen Antworten und Kommandos differenziert werden. Einige U-Format-Kommandos haben ein Info-Feld, andere nicht.

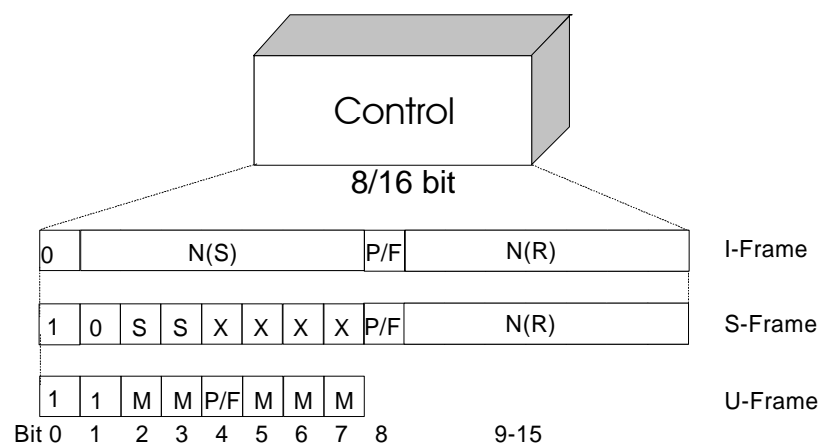


Abbildung 2.4-7 LLC-Frame Control-Feld [nach 8, S.89]

P/F-Bit: Poll / Final - Bit

Partner-Station verlangt Antwort P=1

Gegen-Station antwortet mit mehreren Frames, letzte Frame F=1

Die LLC-Schicht kann in die Software mit eingebettet werden oder als eigene Schnittstelle ausgelegt werden. Die letztere Variante wird heutzutage realisiert, da dies eine Implementierung in das Betriebssystem ermöglicht. Die LAN-Software hat dadurch die Möglichkeit auf die Sicherheitsmerkmale des Betriebssystems und der LLC-Schicht aufzusetzen und dessen Sicherheitsanforderungen mit zu integrieren.

2.4.4. LLC-MAC-Schnittstelle

Die LLC-MAC-Schnittstelle kann man auch als Schnittstelle zwischen dem virtuellen LAN-Medium (MAC-Schicht, Physische Schicht, Übertragungsmedium) und dem 1. Sicherheitsprotokoll bezeichnen. Die MAC-Schicht erbringt Dienste für die LLC-Schicht

und legt fest, wann der LLC-Frame gesendet werden darf. Dazu sind folgende Schnittstellendefinitionen (Primitive) notwendig:

- MA_UNITDATA.Request,
- MA_UNITDATA.Confirmation,
- MA_UNITDATA.Indication,
- MA_UNITDATA_STATUS.Indication.

Die Ziel-Adressen, Quell-Adressen und LLC-Frames sind in der Primitive MA_UNITDATA enthalten, die zum Transport eingesetzt wird. Die Primitive MA_UNITDATA_STATUS signalisiert der LLC-Schicht mögliche Übertragungsfehler, Framefehler, u.a. Es wird nach globaler und lokaler Signifikanz unterschieden. In der globalen Signifikanz, z.B. Token Ring, FDDI, bestätigt die MAC-Schicht die Übertragung des LLC-Frames. Beim Ethernet bestätigt die MAC-Schicht nur die Übernahme des LLC-Frames, dies nennt man lokale Signifikanz.

2.5. CSMA/CD / DIX V2.0 - Spezifikationen

Ethernet-LANs können in die bestehenden Netze ohne Probleme eingeordnet und mittels Gateways verknüpft werden. Die Verkabelungssysteme in den einzelnen Netzen und deren Anbindung ist dabei nicht entscheidend. Die einzelnen Netze sind in die verschiedenen Strukturen eingebettet und mittels Bus-, Ring-, Punkt-zu-Punkt- oder Punkt-zu-Mehrpunkt-System verbunden. Innerhalb eines Netzes kann auch der Übergang von einem Verbindungssystem zu einem anderen notwendig werden.

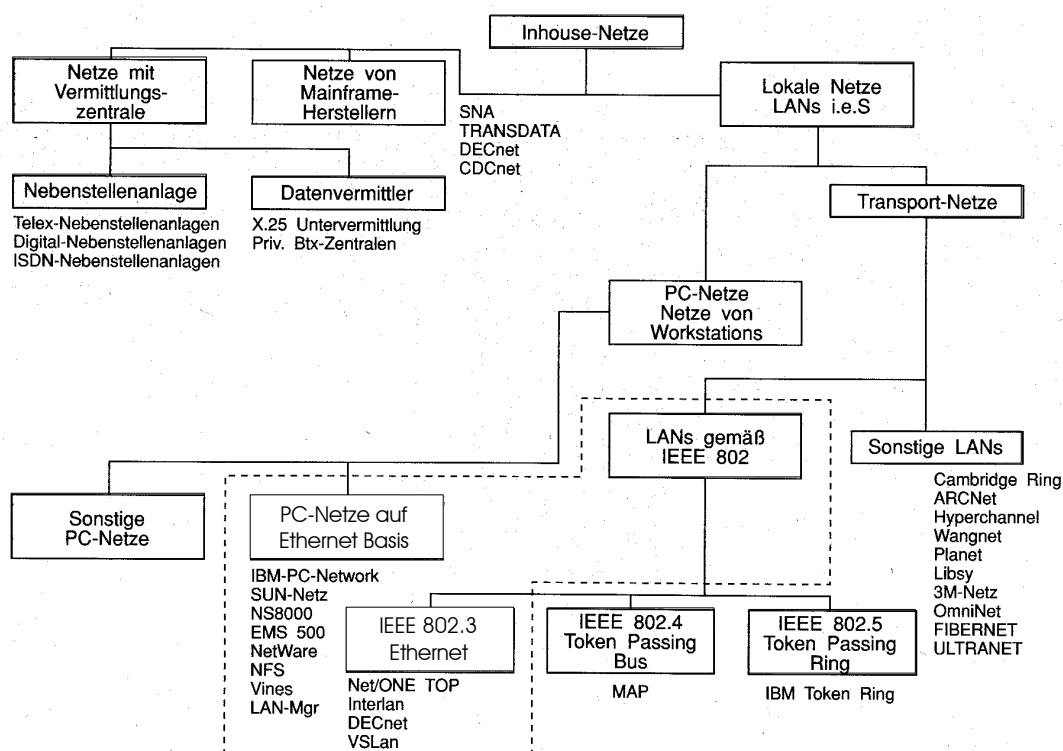


Abbildung 2.5-1 Einordnung von Ethernet Lan's [6, S.18]

Die offiziellen Standards sind IEEE 802.2 - LLC und IEEE 802.3 - CSMA/CD. In diesem Standard ist das Zugriffsverfahren und die Bitübertragungsschicht für ein Übertragungsmedium (Ethernet - Koaxialkabel, Übertragungsrate 10Mbit/s; 10BASE5) spezifiziert. Für die anderen Verkabelungsarten (10BASE2, 10BASE-T, 10BASE-F) gibt es Ergänzungsstandards. Das CSMA/CD-Zugriffsverfahren (Carrier Sens Multiple Access

with Collision Detection) ist ein kollisionsbehaftetes Verfahren, dem drei Teilaktivitäten zu Grunde liegen.

- sendewillige Station hört Kanal ab (Carrier Sens) und wartet bis dieser frei ist und sendet daraufhin
- mithören während des Sendens (Collision Detect) und Abbruch bei Erkennen eines Konfliktfalls
- wiederholen einer Kollisionssendung (Backoff Algorithm)

Die Güte für dieses Zugriffsverfahren bestimmt sich über die Größe K , bei der immer gelten muß $K < 1$. Bei $K > 1$ könnte ein Sender seine ganze Nachricht auf dem Kanal übertragen, bevor eine Kollisionserkennung möglich wäre. In diesem Fall ist es dem Sender nicht mehr möglich durch ein wiederholtes Senden den Fehler zu beseitigen.

$$K = \frac{\text{max. Signallaufzeit}}{\text{Nachrichtenübertragungszeit}} = \frac{\frac{\text{Kanallänge}}{\text{Signalgeschwindigkeit}}}{\frac{\text{Nachrichtenlänge}}{\text{Kanalübertragungsrate}}}$$

Bei dieser Form der Datenübertragung sind festgelegte Rahmenbedingungen bezüglich der Distanz, der Bandbreite und der Nachrichtenlänge einzuhalten. Der Aufbau eines Ethernet wird mittels einer Busstruktur realisiert. Bei der Datenübertragung können keine Antwortzeiten garantiert werden, da der Datenverkehr selbstregelnd abläuft. Es müssen keine Teilnehmerlisten geführt werden oder Neukonfigurationen vorgenommen werden, so daß eine hohe Flexibilität gewährleistet werden kann und praktisch jeder mit seinem PC sich in das Netzwerk einklinken kann. Dies wird allerdings durch Sicherheitsprotokolle der höheren Schichten meistens unterbunden.

Die folgende Tabelle zeigt einen Vergleich der unterschiedlichen Übertragungsmedien zum Aufbau eines Ethernet-LANs.

| Ethernet-Typ | Medium | max. Länge | Bemerkungen |
|-------------------------|--|------------|---|
| 10BASE5 | Koaxialkabel | 500 m | klassische Ethernet-Verkabelung; Anschluß über Transceiver und „Vampir“-Klemmen |
| 10BASE2 (Cheapernet) | Koaxialkabel (RG 58) | 185 m | dünnes Koaxialkabel mit geringer Schirmung; Anschluß über Transceiver und BNC-Stecker |
| 10BASE-T | verdrilltes Kupferkabel STP-geschirmt, UTP-ungeschirmt | 100 m | Ankopplung der Station sternförmig an sog. Sternkoppler (Hubs) |
| 10BASE-FB | LWL | 2 km | meist in Ethernet-Backbone-Netzen zwischen Sternkopplern |
| 10BASE-FL | LWL | 2 km | meist zwischen Regeneratoren |

Die Standardisierung umfaßt Schicht 1 (Physical) und 2a (MAC), wobei sich Ethernet (DIX-DEC/INTEL/XEROX V2.0 - Spezifizierung) und IEEE 802.3 Spezifikation nur hinsichtlich des MAC-Frames unterscheiden.

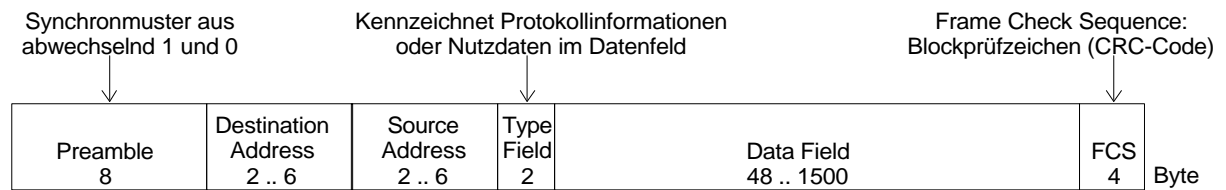


Abbildung 2.5-2 Ethernet Paketformat gemäß DIX V2.0

Bei der neueren IEEE 802.3 Norm ist die Kollisionserkennung besser und es besteht die Möglichkeit, variable Datenlängen zu übertragen. Die Größe des Datenfeldes kann zwischen 46 und 1500 Byte variieren. Die Gesamtpaketlänge variiert damit zwischen 64 und 1518 Byte.

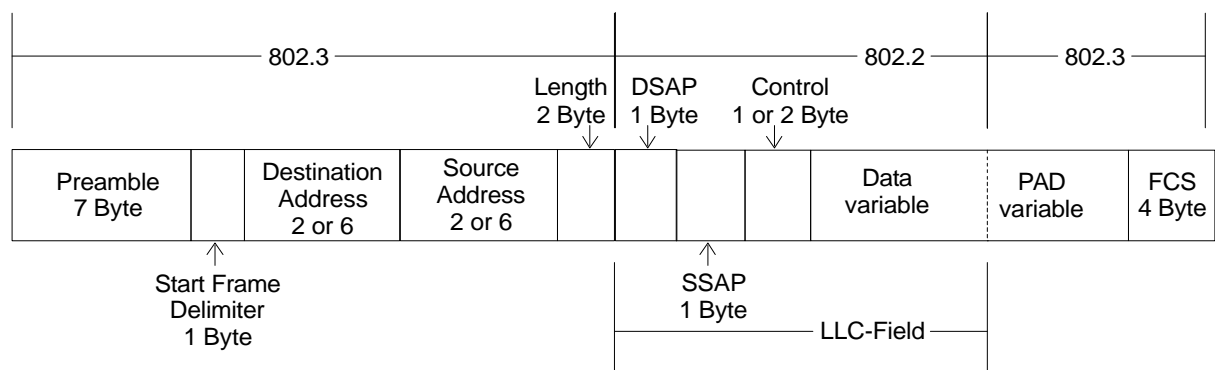


Abbildung 2.5-3 Ethernet Paket gemäß IEEE

- Präambel (PA): Folge von 0 und 1 über 7 Byte; dient zur Bitsynchronisation
- Start Frame Delimiter (SFD): Kennzeichnung des Frame Beginn (Format 10101011)
- Destination Address (DA), Source Address (SA) siehe Abschnitt 3.4.2
- Length (LEN): enthält Länge des Frames
- DSAP (Destination-SAP), SSAP (Source-SAP), Control (+Info): Daten, die innerhalb der LLC-Schicht erzeugt und an die MAC-Schicht übergeben werden. siehe Abschnitt 3.4.3
- Padding (PAD): Füllfeld; Wenn die Framelänge kleiner ist, als für das CSMA/CD-Verfahren notwendig, wird der Frame mit der entsprechenden Anzahl Bits aufgefüllt, um die Framemindestlänge (512 Bit = 64 Byte) zu erreichen.
- Frame Check Sequence (FCS): Frameprüfsequenz, die mittels eines zyklischen Kodierungsverfahren gebildet wird. Abgesichert werden die LLC-Daten, die Länge, die Adressen und die Füllzeichen.

Ein Frame wird als fehlerhaft erkannt, wenn die Framelänge nicht mit der Länge im Lengthfeld übereinstimmt oder nicht ein vielfaches von 8 Bit ist. Eine weitere Möglichkeit der Fehlererkennung besteht auch wenn die FCS-Prüfung negativ ausfällt.

Da das Frame-Paket nach DIX 2.0 kein Längenfeld und vor allem kein LLC-Feld enthält wurde die Einführung des SNAP-Protokolls notwendig. Es übernimmt die Kopplung unterschiedlicher Netztechnologien.

2.5.1. Bitübertragungsschicht

Die Bitübertragungsschicht wird nochmals unterteilt, da dies eine bessere Beschreibung der unterschiedlichen Charakteristiken der Realisierungsvarianten ermöglicht.

Die PLS ist zuständig für die Verbindung zur MAC-Schicht und legt fünf Dienstprimitiven fest: PLS-DATA.request, PLS-DATA.confirm, PLS-DATA.indication, PLS-CARRIER.indication, PLS-SIGNAL.indication. Die PLS-DATA-Primitiven dienen zur Kommunikationssteuerung zwischen zwei Teilnehmern, PLS-CARRIER zeigt den Status der Aktivitäten des Mediums an und PLS-Signal meldet die physische Signalqualität.

Mittels der AUI ist eine hardwaremäßige Trennung zwischen LAN-Karten und MAU erfolgt, durch die die

Verwendung unterschiedlicher Übertragungsmedien (LWL, Koaxialkabel, Twisted-Pair) möglich ist. PMA und MDI bilden zusammen die MAU, welche die Funktionen zum Senden und Empfangen von codierten Signalen enthält. Die PMA stellt einen Transceiver dar und fungiert als Sende- und

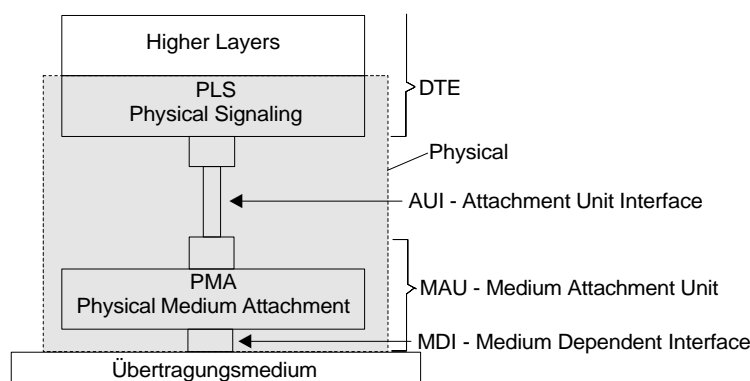


Abbildung 2.5-4 Bitübertragungsschicht

Empfangseinheit.

Die MDI ist die physikalische und mechanische Schnittstelle zwischen der MAU und dem Übertragungsmedium.

Die Bitübertragungsschicht hat nach IEEE 802.3 folgende Aufgaben:

- Bitstrom senden / empfangen,
- Signalcodierung / -decodierung,
- Taktgenerierung zur Synchronisation,
- Kollisionserkennung,
- Erzeugung der Präambel.

Die Kodierung erfolgt mittels des Manchester II-Verfahren. Die Bitübertragung erfolgt über 2 Takte, wobei im ersten Takt jeweils das Bit invertiert wird. Durch den ständigen Spannungswechsel ist die Synchronisierung relativ gut möglich und die Übertragungsrate nicht unnötig hochgesetzt.

2.6. Zugriffsverfahren

Übertragungskanäle im Fest- und im Funknetz sind sehr knapp. Um so vielen Benutzern wie möglich den Zugriff zu ermöglichen, müssen spezielle Verfahren eingesetzt werden. In diesen Multiple Access-Verfahren wird die zur Verfügung stehende Bandbreite jedem Benutzer nach seinen Anforderungen gerecht zugeteilt.

2.6.1. FDMA - Frequenz Division Multiple Access

Das Frequenzband wird in einzelne Kanäle unterteilt, dies ist für die drahtlose Übertragung ungeeignet, da die knappe Bandbreite nicht optimal ausgenutzt wird. Jedem Benutzer ist eine fixe Bandbreite zugeordnet, unabhängig davon ob er diese benötigt. Geräte im FDMA-

Verfahren sind auf Grund der Bauteile nicht als Kompaktgeräte herstellbar. Die Kosten für die Basisstationen werden durch den Aufwand für jeden Kanal (2 Codes, 2 Modems, Intermodulation bei Verstärkung) sehr hoch.

2.6.2. TDMA - Time Division Multiple Access

Alle Benutzer arbeiten mit dem gleichen Frequenzband, jedoch immer nur zu einer bestimmten Zeitpunkt mit einer festgelegten Zeitdauer. Dieser Zeitschlitz wird für eine kontinuierliche Übertragung periodisch wiederholt. Die Zeitschlitze werden in Zeitrahmen gruppiert und diese dann periodisch übertragen. Um eine Störung der Übertragung zu vermeiden, muß eine Schutzzeit (Guard Time) vorgesehen werden. Sie beträgt das zweifache der Signallaufzeit, z.B. bei 10km Entfernung der MS von der BS ist $GT = 2 \times 10 \times 10^{10} \text{ m} / 3 \times 10^8 \text{ m/s} = 66 \mu\text{s}$. Lange Schutzzeiten führen zu einer Ineffizienz des TDMA-Systems. Im GSM-Netz veranlaßt die BS die MS entsprechend früher zu senden, dadurch wird die Schutzzeit auf ca. $30 \mu\text{s}$ gesenkt. Das TDMA wird heutzutage im festen Telefonnetz und vielfach im Bündelfunk- und Funktelefonnetz (C- und D-Netz) eingesetzt. Beide Verfahren sind für den Einsatz in drahtlosen LANs schlecht geeignet, da die Frequenzkanäle und Zeitschlitze nur immer einem Teilnehmerpaar zugeordnet sind. In LANs teilen sich alle Teilnehmer ein und den selben Übertragungskanal.

2.6.3. CDMA - Code Division Multiple Access

Das CDMA-Verfahren hat erst in jüngerer Zeit eine große Verbreitung gefunden, da für die Übertragung sehr leistungsfähige digitale Signalprozessoren erforderlich sind. Bei diesem Verfahren belegen alle Teilnehmer dieselbe Frequenz, wobei jeder Station ein anderer Code zugeordnet wird. Durch diese Separierung können die Daten jedem Benutzer eindeutig zugeordnet werden und gleichzeitig die vorhandene Bandbreite effektiver genutzt und noch mehr Teilnehmern der Zugriff auf das Medium ermöglicht werden. (siehe auch Kapitel 3.2)

2.6.4. CSMA - Carrier Sens Multiple Access

Mittels des CSMA-Verfahrens können mehrere Benutzer auf das gleiche Übertragungsmedium zugreifen und jeder mit jedem kommunizieren. Die sendewillige Station hört den Kanal ab und fängt erst an zu senden, wenn sie den Kanal als frei erkennt.

1-persistent Verfahren

Im 1-persistent Verfahren beginnt jede Station mit der Wahrscheinlichkeit von 1 zu senden, d.h. sie sendet sofort, wenn sie den Kanal als frei erkennt. Beim Auftreten einer Kollision erkennen die beteiligten Stationen dies und warten eine zufällige Zeit ab, bis sie erneut senden. Durch die starke auf das 'bei Frei sofort Senden' treten sehr viele Kollisionen auf, die die Datendurchsatzrate deutlich senken, was in einem größeren Netzwerk schnell zum Zusammenbruch führen würde.

Nonpersistent Verfahren

Beim Nonpersistent Verfahren kontrolliert eine Station auch wieder ob der Kanal frei ist und beginnt dann zu Senden. Ist dieser aber besetzt, wartet sie erst eine zufällige Zeit ab und beginnt dann erneut mit der Kontrolle. Die Auslastung des Übertragungskanals steigt.

CSMA/CD Verfahren

Durch die Kollisionserkennung im CSMA/CD-Verfahren gibt es eine Möglichkeit gleich beim Senden ein Übertragungsfehler zu erkennen und die Sendung abubrechen. Die Station, die einen Konflikt erkennt, bricht ihr Senden sofort ab und sendet ein 4-6 Byte

großes JAM-Signal aus, das beliebige Daten enthält, dies liegt deutlich unter der Mindestpaketlänge von 64 Byte. Beim Erkennen des Störsignals brechen die anderen Stationen ihre Sendung sofort ab. Die erneute Übertragung wird nach dem Zufallsprinzip fortgesetzt und beträgt Zufallszahl i mal Slot Time (Übertragungszeit für 64 Byte = 512 Bits = 51,2 μ s; i - natürliche Zahl). Die Zahl i kann zwischen $0 \leq i < 2^k$ und $n \leq k \leq 10$ (n - Anzahl der Wiederholungsversuche) liegen. Es sind maximal 16 Fehlversuche möglich, wobei nach 10 Versuchen das Backoff-Intervall nicht mehr erhöht wird. Ist nach dem letzten Versuch keine Übertragung zustande gekommen, wird eine Fehlermeldung erzeugt und die Übertragung bricht ab. Voraussetzung bei diesem Verfahren ist allerdings, daß sich alle Stationen hören können, was nur im leitungsgebundenen Netzwerk möglich ist. Im Ethernet nach IEEE 802.3 wird das 1-persistent CSMA/CD-Verfahren angewendet.

CSMA/CA Verfahren

Im CSMA/CA (Carrier Sens Multiple Access with Collision Avoidance) Verfahren wird wie beim CSMA/CD Verfahren das Medium vor dem Senden auf ein eventuelles Besetztzeichen geprüft. Im Gegensatz zum CSMA/CD Verfahren wird die Kollision der Daten durch das Benutzen von Request-to-Send (RTS), Clear-to-Send (CTS), Daten und Acknowledge (ACK) Übertragungsframes minimiert. Die sendewillige Station wartet nach 'frei' eine kurze Zeit ab und schickt dann eine RTS-Meldung zur Gegenstelle, diese enthält die Zieladresse und die Länge der Nachricht. Die Nachrichtenlänge steht im Network-Allocation-Vektor (NAV). Der NAV meldet allen anderen die Dauer der Übertragung. Die Gegenstation gibt eine CTS-Meldung ab, die die Senderadresse und den NAV zurückgibt. Wenn der CTS-Frame nicht aufgenommen wurde, dann lag eine Kollision vor und der RTS-Prozeß startet erneut. Nach der Datenübertragung wird vom Empfänger ein ACK-Frame gesendet, der eine Bestätigung der erfolgreichen Übertragung enthält. Kommt nach einer bestimmten Anzahl von Versuchen keine Verbindung zu stande, dann bricht der Sendeversuch ab und gibt eine Störmeldung an die höheren Schichten zurück. Ein Problem in drahtlosen LAN-Systemen sind versteckte Stationen (Hidden Nodes). Dadurch können über 40% der Kommunikationen unterbrechen werden. Das kann passieren, wenn eine Station nicht die Übertragung einer anderen Station detektieren kann und so das besetzte Medium nicht erkennt. Das Benutzen von RTS-, CTS-, Data und ACK-Meldungen beugt Unterbrechungen durch Hidden Stations vor.

2.7. Kommunikationsprotokolle

Für die Übertragung von Daten zwischen den Applikationen zweier Benutzer ist die Vereinbarung von Regeln notwendig, die ein Kommunizieren ermöglichen. Diese Regeln nennt man Kommunikationsprotokolle, kurz Protokoll. Es gibt viele verschiedene Protokolle, mit denen sich die Partner verständigen können, doch nur wenn beide das gleiche Protokoll verwenden, ist eine Verständigung möglich. Protokolle werden zwischen allen Schichten des OSI-Referenzmodells ausgetauscht, es können verschiedene hierarchisch organisierte Protokolle ineinander eingebettet sein, so daß sie kurz vor der eigentlichen Übertragung ein gesamtes Protokoll bilden, das beim Empfänger in der entgegengesetzten Reihenfolge wieder auseinander genommen wird. Protokolle für die Übertragung sind z.B. TCP/IP und IPX/SPX, in diesen können Anwendungsprotokolle eingebunden sein, z.B. FTP (File Transfer Protocol), HTTP (Hypertext Transfer Protocol), TFTP (Trivial FTP), SNMP (Simple Network Management Protocol). Ein Protokoll ist immer nur eine Vereinbarung von bestimmten Algorithmen zur Verarbeitung der Daten.

Die Protokolle sind mit den menschlichen Sprachen vergleichbar. Gesprächspartner müssen sich vor einer Konversation einig sein, in welcher Sprache sie miteinander reden, nur so kann eine reibungslose Kommunikation erreicht werden. Die unterschiedlichen Kommunikationssprachen sind auf die verschiedenen Betriebssysteme (UNIX, Netware, Windows) und vielfach firmenspezifischen Netzarchitekturen (OSI/ISO, SNA/IBM, DANN/DEC) zurückzuführen. Wie im menschlichen Miteinander gibt es auch in der Computerwelt verschiedene Dialekte innerhalb der Protokolle, so daß die Protokolle meist eine Art Protokollfamilie bilden, die untereinander nicht immer kompatibel sein müssen. Als erläuterndes Beispiel möchte ich einmal ein Telefongespräch der älteren Generation mit einem der neueren Generation sinnbildlich vergleichen.

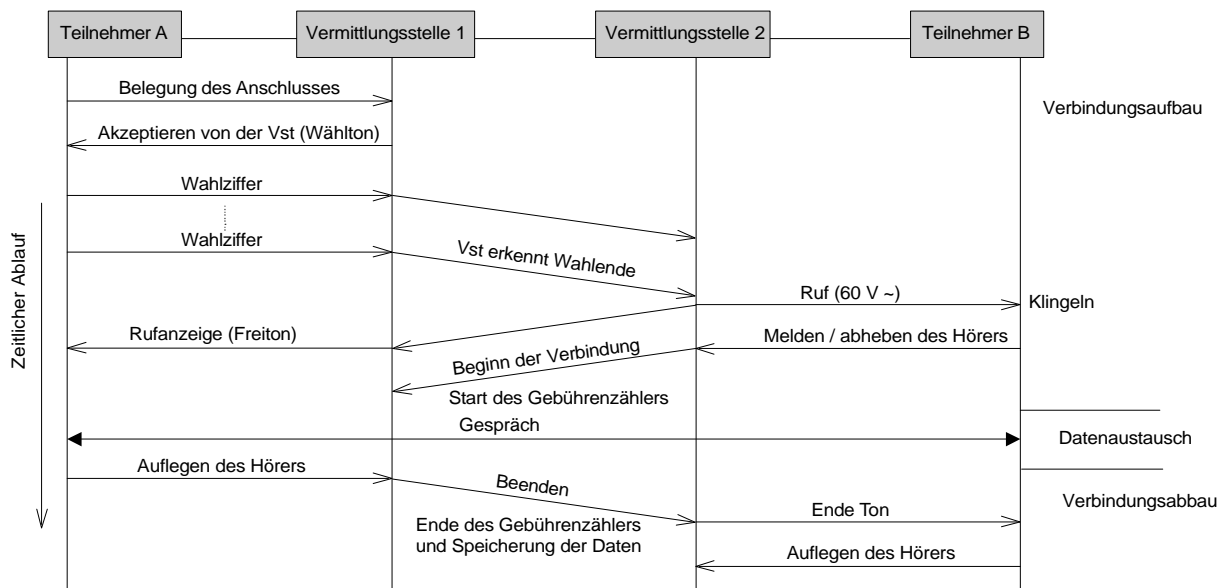


Abbildung 2.7-1 Telefongespräch über analoge Vermittlungsstelle

Protokollendarstellung anhand von Abbildung 2.7-1

Da ja bekanntlich ein Protokoll nur eine Menge von Vereinbarungen enthält, gibt es auch hier ein Protokoll für den Verbindungsaufbau und eines für der Verbindungsabbau. Das Aufbau-Protokoll beinhaltet das Erkennen der Leitungsbelegung durch Teilnehmer (Tln) A, daraufhin muß ein Ton gesendet werden (anlegen des Gleichstroms). Wenn die Kapazität der VSt nicht ausreicht, ertönt ein Besetztton, ansonsten erhält der Tln A das Freizeichen und beginnt zu wählen. Die Wahlziffern werden als Unterbrechung des Gleichstroms dargestellt. Sie werden, wenn nötig, an die nächste VSt weitergereicht und die dementsprechenden Leitungen belegt. Wenn die VSt das Wahlende erkannt hat und der gerufenen Anschluß frei ist, dann wird Tln B durch anlegen der Wechselspannung gerufen (Klingeln) und Tln A erhält das Freizeichen. Beim Abheben des Hörers durch Tln B wird auch hier die Gleichstromschleife geschlossen. Zwischen den Vermittlungsstellen wird das Beginnzeichen gesendet und an der VSt von Tln A der Gebührenzähler gestartet. Jetzt kann das Gespräch geführt werden. Das Protokoll für den Verbindungsabbau ist wesentlich kürzer. Wenn ein Tln A auflegt, wird der Gebührenzähler angehalten und die erfaßten Gebühren gespeichert. Die Leitungen zwischen den VSt's werden wieder freigegeben und bei Tln B ertönt der Endeton, wenn er auflegt ist die gesamte Verbindung beendet.

Im folgenden möchte ich das Protokoll einer modernen Telefonverbindung erläutern, das schon etwas umfassender ist. Es enthält aber dennoch die gleichen Grundgedanken wie oben beschrieben und unterteilt sich auch in zwei Protokolle (Verbindungsaufbau,

Verbindungsabbau). Alle beteiligten Einheiten sind am Netz Telefonnetz angeschlossen, müssen sich aber nicht im selben Gebäude befinden.

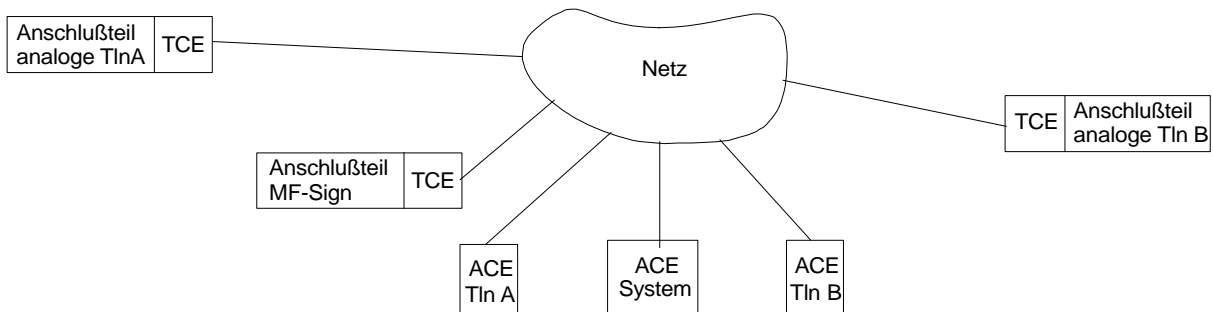


Abbildung 2.7-2 Telefongespräch über digitale Vermittlungsstelle

Verbindungsaufbau:

Tln A hebt seinen Hörer ab und meldet damit der ACE-Tln-A einen Belegungsversuch. Diese fordert die System-ACE an, die dann ein freies MF-Signalisierungsmodul auswählt. Zwischen MS-Sign und TCE-Tln-A wird ein Weg aufgebaut und der Freiton angelegt. Wenn die Wege stehen, erfolgt die Quittierung an ACE-Tln-A. Dies entspricht den ersten beiden Schritten in der analogen Technik. Nach dem Empfang der ersten Ziffer wird der Wählton abgeschaltet. Die Ziffern werden zur Analyse an die System-ACE übergeben. Nach der letzten Ziffer wird das MF-Modul abgeschaltet und alle Wege zur MF-Sign getrennt und an den ACE-einheiten quittiert. Die ausgewertete Nummer wird an die TCE-Tln-A gemeldet, von hier der Weg zur TCE-Tln-B aufgebaut und die Nummer von Tln-A übertragen. ACE-Tln-B wird über die Belegung informiert und meldet dies an die ACE-Tln-A zurück. ACE-Tln-A weist die TCE-Tln-A an, den Sprechweg durchzuschalten und ACE-Tln-B bekommt den Auftrag die TCE-Tln-B zu rufen. Sie leitet die Rufanweisung inform der Rufanschaltung weiter an TCE-Tln-B. Diese leitet den Freiton an TCE-Tln-A weiter. Das entspricht den Schritten bis zur Rufanzeige in dem oben beschriebenen Protokoll. Tln-B hebt den Hörer ab und veranlaßt somit die Abschaltung des Rufstromes und Freitons, das wird an die TCE-Tln-A weitergemeldet. Die TCE-Tln-B übertägt das Beginnzeichen an ACE-Tln-B und diese leitet es an ACE-Tln-A weiter, wo die Gebührenerfassung gestartet wird. Das waren die letzten Schritte, die zum Verbindungsaufbau nötig waren, nun kann das Gespräch beginnen..

Wie man sieht, sind die Grundzüge der Verbindungsherstellung auch hier enthalten, aber es sind wesentlich mehr Schritte notwendig, um das gleiche zu erreichen. Durch die Weiterentwicklung der Technik ist dieser Ablauf dennoch schneller und effektiver, weil eine bessere Auslastung der Leitungen erreicht wird und der Platzbedarf der Geräte wesentlich geringer ist.

2.7.1. Begriffsklärung und Aufbau

Bei der Übertragung über kurze oder lange Entfernungen können die Daten infolge einer schlechten Übertragungsqualität des Mediums oder äußerer Einflüsse, z. B. elektromagnetische Felder, verfälscht werden oder ganz verloren gehen. Für die Gewährleistung einer sauberen und reibungsfreien Übertragung müssen die Protokolle folgende Funktionen enthalten die Fehlerkontrolle (Fault Control), die Flußkontrolle (Flow Control) und eine Überlastkontrolle (Congestion Control).

Die Fehlerkontrolle bildet das Hauptstandbein jeder Übertragung. Diese wird beim Empfänger mit standardisierten Quittungen und beim Sender mittels der Zeitüberwachung realisiert. Folgende Fehlersituationen können auftreten:

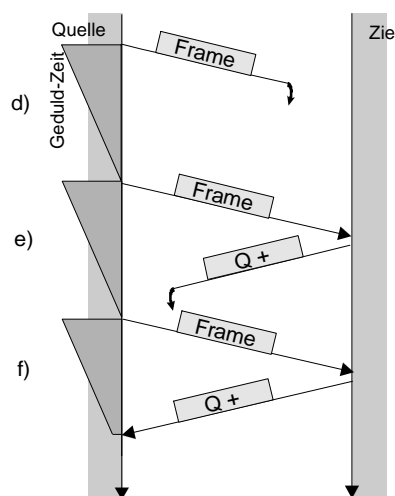
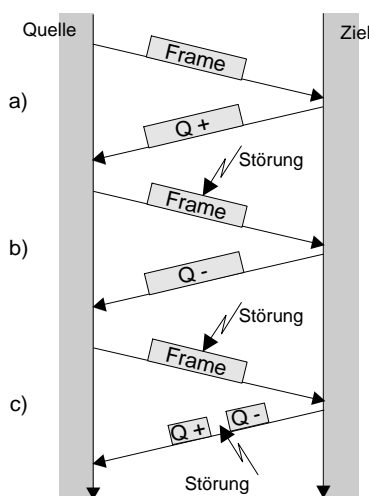
- Verlust oder Verfälschung der Daten,
- Verlust oder Verfälschung der Quittung,
- Verfälschung von Daten und Quittung.

Die Fehlerkontrolle

Für die Gewährleistung einer guten Übertragung müssen zwei Regeln unbedingt beachtet werden. Um eine Verfälschung der Daten auszuschließen, muß immer eine Kopie im Speicher des Senders verbleiben, falls eine wiederholte Übertragung notwendig wird. Es können Datenverluste auftreten, daraus folgt, daß nur eine bestimmte Zeit auf eine Quittung gewartet werden darf. Es werden zwei Stufen der Fehlerkontrolle verwendet, da die Richtigkeit der einzelnen Datenblöcke (Pakete, Frames) nicht unbedingt bedeuten muß, daß die zusammengesetzte Datei auch richtig ist. Das kann dazu führen, daß einzelne Datenblöcke oder sogar eine komplette Datei neu übertragen werden muß. Bei einer wiederholten Datenübertragung kann es zu einer Verdopplung beim Empfänger kommen, das ist genauso schädlich wie ein fehlerhafter oder verlorengegangener Datenblock. Zur Vermeidung eines solchen Irrtums werden die Datenblöcke nummeriert (Sequenznummern). Die Nummerierung wird im Modulo-8-Verfahren, bei dem die Datenblöcke von 0 bis 7 gekennzeichnet werden, oder im Modulo-128-Verfahren, Nummern 0 bis 127, durchgeführt. Der Zähler wird nach der letzten Nummer immer wieder auf Null zurückgesetzt. Die Quittierung des Empfangs von Datenblöcken kann in der Zielstation zu einer Gruppenquittierung zusammengefaßt werden, was die Netzlast minimiert. Wie groß die Quittierungsgruppe sein darf, welches Nummerierungsverfahren (Fenster) verwendet wird und bei welcher Sequenznummer angefangen wird muß vorher zwischen Quell- und Zielstation vereinbart werden.

Erläuterung zu Abbildung 2.7-3

a) Einfache Datenübertragung ohne Fehler oder Datenverlust.



a) Auftreten eines Framefehlers infolge einer Störung, der Empfänger sendet eine negative Quittung und bittet um nochmaliges Senden des Frames.

b) Hier tritt bei der Übertragung des Frames ein Fehler auf, der Empfänger gibt daraufhin eine negative Quittung zurück. Diese wird jedoch auch gestört und im schlimmsten Fall eine positive

Abbildung 2.7-3 Fehlerkontrolle

Quittung daraus, so daß der Sender den Übertragungsfehler nicht erkennt. Bei Realisierung einer Fehlererkennung in höheren Schichten ist es möglich, den Fehler dennoch zu erkennen.

- c) Im vierten Fall geht ein ganzer Frame verloren, der Sender wartet eine gewisse Zeit ab (Geduld Zeit) und sendet dann erneut.
- d) Jetzt wurde zwar der Frame ohne Verlust und Störung übertragen, aber die Quittung geht verloren, deshalb wird nach dem Abwarten der Geduld-Zeit nochmals mit der Übertragung begonnen.
- e) In diesem Fall findet eine korrekte Übertragung statt und die Quittung kommt innerhalb der Geduld-Zeit an.

Die Flußkontrolle

Die Flußkontrolle übernimmt die Steuerung der Datenmengen, die zwischen Sender und Empfänger übertragen werden dürfen. Nicht jeder Empfänger, z.B. Drucker, ist in der Lage die Daten in der Geschwindigkeit zu verarbeiten, wie der Sender, z.B. Server, in der Lage ist sie anzubieten. Die Zielstation steuert somit den Datenfluß durch Kommandos wie Halt-Weitersenden, Krediten und einem Fenster-Mechanismus.

Die Flußkontrolle mittels Halt, Weitersenden ist sehr unsicher und störanfällig gegenüber Verfälschungen. Da bei dieser Art der Datenübertragung beide Teilnehmer miteinander kommunizieren handelt es sich um ein Duplex-Verfahren. Dieses Verfahren kann man in Duplex und Halbduplex unterteilen. Beim Duplex-Verfahren werden die Daten gleichzeitig in beide Richtungen gesendet, z.B. Twisted-Pair-Netze. Beim Halbduplex-Verfahren dagegen erfolgt das Senden und Empfangen von Daten nacheinander, z.B. Koaxialleitungsnetze. Beim älteren Simplex-Verfahren können Daten nur in eine Richtung übertragen werden, dies ist bei älteren unidirektionalen Druckern der Fall. Diese haben keine Möglichkeit eine Rückmeldung an den Computer zu geben, ob die Daten Fehlerfrei gedruckt wurden.

Bei der Kontrolle über Kredite kann der Sender eine bestimmte Anzahl von Datenblöcken senden ohne eine Quittung zu erwarten. Die maximale Länge der Datenblöcke wird vorher festgelegt. Der Empfänger gibt immer soviel Kredite an den Sender wie er in der Lage ist zu verarbeiten. Das Übertragen der Kredite muß besonders geschützt werden, da eine Fehlübermittlung auch hier einen Abbruch der Verbindung bedeuten könnte.

Der Fenster-Mechanismus stützt sich bei der Übertragung auf die Sequenznummern der Datenblöcke. Quell- und Zielstation handeln vorher die Größe des Fensters im Wertebereich der Sequenznummern aus. Die Fenstergröße W kennzeichnet die maximal zu sendenden Datenblöcke ohne Quittung vom Empfänger. W bezeichnet die Anzahl der Kredite beim Sender und die Größe des Empfangspuffers beim Empfänger. Der Sender darf nun nur soviel Datenblöcke übertragen, wie die Größe W vorgibt. Beim Erhalt einer Quittung wird W wieder heruntergezählt, je nach dem für wie viele Datenblöcke diese Quittung zählt. Danach beginnt der Sender wieder Datenblöcke an den Empfänger zu übertragen bis W den vereinbarten Wert erreicht hat. Die Quittung enthält die Anzahl der empfangenen Datenblöcke. Der Fenster-Mechanismus gilt als die sicherste Methode der Flußkontrolle und wird daher in den meisten Kommunikationsprotokollen eingesetzt, zugleich reduziert sich das Datentransfervolumen auf das unbedingt notwendige. Die Ermittlung der optimalen Größe des Fensters ist eine der wichtigsten Aufgaben der Kommunikationsprotokolle.

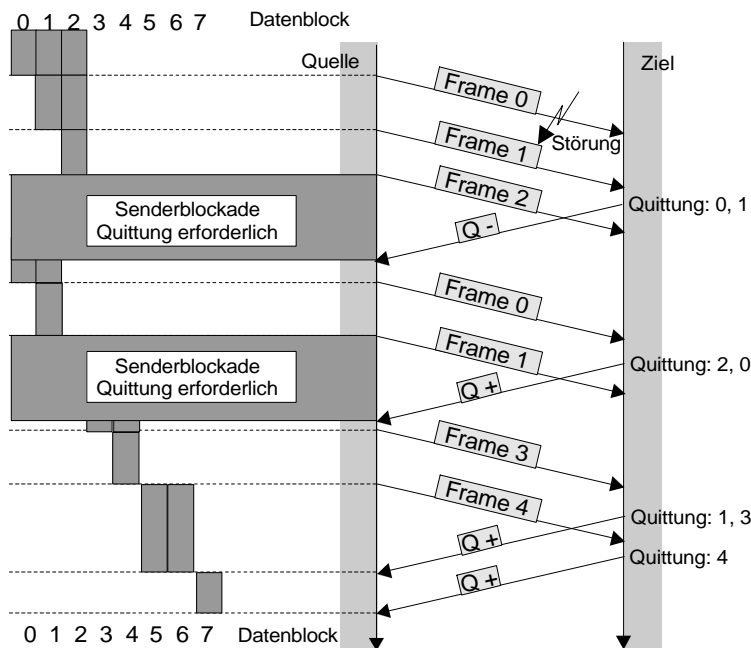


Abbildung 2.7-4 Flusskontrolle mit Störung

Bei dem Beispiel in Bild 3.7-4 wird das Modulo-8-Verfahren angewendet und die Fenstergröße ist $W=3$. Bei $W=3$ darf die Quelle 3 Datenblöcke senden ohne eine Quittung zu erhalten. Die Nummer des Datenblocks ist die Sequenznummer, die verwendet werden darf. Die Quelle wartet nach dem Senden von Datenblock 2 auf die Quittung, es entsteht eine Senderblockade. Die Quittung erhält er auch, aber mit einer Fehlerangabe (negative Quittung), daraufhin werden die Blöcke

0 und 1 nochmals gesendet. Da jetzt wieder $W=3$ erreicht wurde, blockiert der Sender bis die Quittung 2, 0 eintrifft. Jetzt kann Frame 3 und 4 übertragen werden, da W um zwei Stellen heruntergezählt wurde. Nachdem der 7. Datenblock übertragen wurde, beginnt der Zähler mit der Numerierung wieder bei 0.

Die Überlastkontrolle

Die Datennetze LAN, MAN, WAN haben nur eine begrenzte Durchsatzkapazität. Bei einer Überlastung kommt es dazu, daß die Zwischenspeicherpuffer in den Knoten gefüllt sind und weiter Datenblöcke verworfen werden, zugleich erhöht sich die Verweilzeit, durch die Bildung von Warteschlangen, der Daten im Netz, was zu einem Abbruch der Übertragung und einem Zusammenbruch des Netzes führen kann. Um den Fall nicht eintreten zu lassen wurden bestimmte Vorkehrungen getroffen. Die beiden Kriterien für die Überlastkontrolle sind der Datendurchsatz und die Datenverweilzeit (Verzögerung). Der Datendurchsatz bezeichnet den Anteil des Datenaufkommens, der vom Netz akzeptiert wird. Je größer und umfangreicher das gesamte Netz wird und je mehr Netzübergänge bestehen, desto aufwendiger sind die Maßnahmen zur Vermeidung eines Netzzusammenbruchs. Dies kann in der Beschränkung von Datenmengen, die ins Netz gespeist werden dürfen, und in diesem Fall automatisch durchzuführender Ausweichroutings liegen. Diese sind allerdings sehr aufwendig und nur von Intelligenten Netzwerken (IN) zu erwarten. Die Maßnahmen gegen den Überlastfall hängen stark von der eingesetzten Flußkontrolle ab. Für ATM-Netze ist die Überlastkontrolle von großer Bedeutung (siehe Kapitel 5.1).

2.7.2. IPX / SPX - Protokoll (Netware / Novel)

Das Netware-Protokoll IPX / SPX (Internet Packet Exchange / Sequential Packet Exchange) ist ein firmenspezifisches Betriebssystem, was für PC-Netze optimiert ist. Es wird das Prinzip des Zentralen Servers verfolgt. Er erhält die gesamte Kontrolle über das Netz und greift direkt auf die Hardware durch, wohingegen die Arbeitsplatzstationen nur über die residente Shell auf den Server zu greifen. Dies entspricht einer Client-Server-Beziehung.

Das IPX ist ein verbindungsloses Datagramm-Protokoll und verdeutlicht die Schicht 3. Die Realisierung im Rechner erfolgt über einen Treiber (IPX.com), der auf die LAN-Adapterkarte direkt zugreift. Jeder LAN-Karten-Hersteller liefert deshalb schon einen vorkonfigurierten IPX-Treiber mit.

Das in der Schicht 4 angesiedelte SPX garantiert die Zustellung und die richtige Reihenfolge der Datenpakete (Datagramme) am Ziel. Es ist ein verbindungsorientiertes Transportprotokoll.

Über das NCP (Netware Core Protocol) kommuniziert die residente Shell der Arbeitsstation mit dem Server. NCP ist das eigentliche Kommunikationsprotokoll und sendet über den direkten Zugriff auf IPX seine Daten ins Netz. Die NCP-Datenblöcke werden in IPX-Pakete eingebettet und beim Empfang auch wieder quittiert.

Das Service Advertising Protocol (SAP) dient zur Bekanntgabe aller im Netz verfügbaren Dienste (Gateway, Printserver). Durch ein Broadcast-Paket über das SAP wird allen Routern im Netz mitgeteilt, welche Dienste zur Zeit verfügbar sind. Jede Arbeitsstation ist in der Lage die Netzadressen bestimmter Dienste zu erfragen.

Mittels des Routing Information Protocol (RIP) wird in Netware die schnellste Route durch das Netz von einem Teilnehmer zum anderen ermittelt.

Den Netware-Protokollen liegt der Gedanke der absoluten Arbeitsteilung zwischen den einzelnen Protokollen zu Grunde. Daraus resultiert auch die Reihenfolge zum Aufbau einer Übertragung von einer Arbeitsstation (AS) zu einem Server. Zuerst erfolgt die Anfrage mittels SAP, um den nächstgelegenen Server zu finden. Wenn dies erfolgreich war, wird über das RIP der kürzeste Weg gefunden. Sind diese Informationen in der AS vorrätig, baut das NCP eine Verbindung zu Server auf und fordert einen bestimmten Dienst an. Nimmt der Server die Ausführung des Dienstes an, wird die zu sendende Datenpaketgröße ausgehandelt und mit dem Übertragen der Daten begonnen.

Das IPX-Protokoll

IPX stellt ein ungesichertes Datagramm-Protokoll dar, das hauptsächlich für die Kommunikation zwischen Arbeitsstation und Server gedacht ist. Es transportiert die Datenpakete von der Quell- zur Zielstation ohne auf deren Reihenfolge zu achten oder eine Empfangsbestätigung zu erwarten. Die Sicherung der Reihenfolge und das Erkennen der Fehler wird von den in den höheren Schichten angesiedelten Protokollen (SPX, SAP, RIP, NCP) vorgenommen. Im Datenbereich des IPX-Paketes befinden sich die Protokollinformationen der höheren Protokolle und die eigentlichen Nutzdaten, die eine typische Blockgröße von 512 Byte aufweisen. Der IPX-Header enthält Angaben zur Steuerung, die Ziel- und Quelladresse und ist je nach eingesetzter Technologie (Ethernet V2.0/IEEE 802.3, IEEE 802.3(4 Mbit/s) 1526 Byte bis 4096 Byte groß, mindestens aber 30 Byte.



Abbildung 2.7-5 IPX-Paket

- Prüfsumme (Checksum): Prüfsumme des IPX-Headers; Ist innerhalb der LLC-Schicht eine Prüfsumme realisiert, dann wird dieser Algorithmus auf Grund der Redundanz abgeschaltet und auf FFFF(hex) gesetzt.
- Paket-Länge (Length): Gesamtlänge des IPX-Pakets (Header + Datenfeld)
- Transport-Kontrolle (Transport Control): Dieses Feld wird nur von Netware-LAN-Systemen benutzt. Server mit Routingfunktionen oder IPX-Router tragen hier die Anzahl der Übertragungsabschnitte (Hops) zur Zielstation ein. Da nur die letzten vier Bits zur Verfügung stehen, können maximal 16 Sprünge eingetragen werden. Soll ein 17. Sprung eingetragen werden, wird das Paket verworfen. Es muß innerhalb von 16 Sprüngen von der Quell- zur Zielstation gelangt sein.
- Paket-Typ (Paket Type): Informationskennzeichnung für den Datenbereich
- Ziel-Netz (Destination Network): Adresse des Ziel-Netzes, die vom Administrator bei der Einrichtung des Servers vergeben wurde. Es sind nur hex-Werte zugelassen. Handelt es sich um das gleiche Netz wird das Feld auf 0 gesetzt.
- Ziel-Knoten (Destination Node): MAC-Adresse der Zielstation
- Ziel-Port (Destination Socket): Adressierung eines bestimmten Prozesses (Dienstes) in der Zielstation. Diese Information ist besonders für Server mit mehreren Aufgaben nötig, damit die Pakete nicht fehlgeleitet werden.
- Quell-Netz (Source Network): Adresse des Quell-Netzes; Ist der Wert 0, dann ist der Sendestation diese Adresse nicht bekannt.
- Quell-Knoten (Source Node): MAC-Adresse der Quellstation
- Quell-Port (Source Socket): siehe Ziel-Port

Die MAC-Adresse im IPX-Header stellt eine Redundanz im Paket dar, sie ist im MAC-Frame noch einmal enthalten, dies vergrößert den Protokoll-Overhead unnötig.

Das SPX-Protokoll

Das in der Schicht 4 angesiedelte verbindungsorientierte SPX-Protokoll garantiert die Zustellung von Datensegmenten und ihre richtige Reihenfolge beim Empfänger. Jedes Datenpaket muß innerhalb der vorgegebenen Antwortzeit bestätigt werden und bei Fehlererkennung gegebenenfalls neu übertragen werden. Dieses Protokoll dient hauptsächlich zur Kommunikation zwischen Arbeitsstation und einem festgelegten Dienst oder in der Peer-to-Peer-Kommunikation. Für die Datenübertragung zwischen Arbeitsstation und Fileserver erfolgt grundsätzlich ein verbindungsloser Zugriff.

Die eindeutige Identifikation der Datenblöcke erfolgt über die Kombination von Verbindungs-ID und Sequenznummer.

| | | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------|------------------------------|----------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------|-----------|------|
| Verbindungs-Kontrolle 1 | Datenstrom-Typ 1 | Verbindungs-ID (Quelle) 2 | Verbindungs-ID (Ziel) 2 | Sequenz-nummer 2 | Quittungs-nummer 2 | Allokations-Nummer 2 | Datenfeld | Byte |
|----------------------------|---------------------|------------------------------|----------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------|-----------|------|

Abbildung 2.7-6 SPX-Paket

- Verbindungs-Kontrolle (Connection Control): Kontrolle des Datenflusses über die ersten 4 Bit (Bit 7-4), Bit 3-0 haben keine Bedeutung;
 - Bit 7 System Packet: Unterscheidung von System- oder Nutzdaten
 - Bit 6 Acknowledge Required: erzwungene Quittungsabgabe bei gesetztem Bit
 - Bit 5 Attention: keine Bedeutung
 - Bit 4 End of Message: Markierung des letzten Dateipaketes

- Datenstrom Typ (Data Stream Type): Verweis auf entsprechenden Datentyp im Datenbereich
- Verbindungs-ID (Quelle) (Source Connection Identifier): Identifizierung der logischen Quell-Verbindung
- Verbindungs-ID (Ziel) (Destination Connection Identifier): Identifizierung der logischen Ziel-Verbindung
- Sequenznummer (Sequence Number): Identifizierung der Reihenfolge der Datenpakete
- Quittungsnummer (Acknowledgement Number): Sequenznummer des letzten korrekt empfangenen Datenpakets
- Allokations-Nummer (Allocation Number): Anzahl der Kredite für die Flußkontrolle; kennzeichnet, wieviel Datenblöcke gesendet werden können, bis die nächste Quittung eintrifft.

Weitere Informationen zu Netware

Das RIP wird benötigt, um den kürzesten Weg von der Quelle zum Ziel zu ermitteln. Durch die Begrenzung auf 16 Hops (Übertragungssprünge) ist dies in größeren Netzverbunden besonders wichtig. Ein Server sendet in bestimmten Zeitintervallen seine Routingtabelle als Broadcast über das Netz, zudem können zusätzliche Broadcasts bei einer Topologie Änderung (Router tot oder neu, Leitung tot oder neu) notwendig werden. Zur Einbindung neuer Print-, Fax- und File-Server oder Gateway-Dienste wurde das SAP entwickelt. Zur Aktualisierung der Informationen über angeschlossene Stationen wird ein Broadcast ins Netz geschickt, dies erkennen die Server sofort und antworten dementsprechend, so daß die Informationen in die Routingtabellen eingetragen werden können. Um die Server zu entlasten, sind grundsätzlich nur die Arbeitsstationen für die Fehlerbehebung zuständig.

Über das ODI-Konzept (Open Datalink Interface) wird eine Arbeitsstation befähigt mehrere Kommunikationsprotokolle zu benutzen, dadurch ist die gleichzeitige Verbindung zum Beispiel mit einem Netware-Server und einem TCP/IP basiertem UNIX-Server möglich.

2.7.3. TCP/IP - Protokollfamilie

Das TCP/IP-Protokoll hat weltweit eine große Verbreitung. Der erste Einsatz erfolgte im Vorgänger des heutigen Internets, dem ARPANET (Advanced Research Projekt Agency Network), in den USA. Es dient hauptsächlich zur Vernetzung von UNIX-Systemen. Durch den frei verfügbaren Quellcode des Protokolls wird es zunehmend aber auch in anderen Rechnernetzen eingesetzt. Die Weiterentwicklung und Pflege aller Protokolle bündelt das IAB (Internet Activities Board). Auch beim TCP/IP ist die verbindungsorientierte und verbindungslose Kommunikation möglich. Für verbindungsorientierte Anwendungen sind virtuelle Verbindungen notwendig, dazu wird TCP-Protokoll benötigt. Für die verbindungslosen Anwendungen benutzt man das UDP-Protokoll.

- IP (Internet Protocol): Es übernimmt die Aufgaben der 3. Schicht und besteht aus einer Sammlung von ProgrammROUTINEN, auf die die anderen Protokolle aufsetzen. Die Datenpakete der höheren Protokolle werden vom IP als Datagramme übertragen.
- TCP (Transmission Control Protocol): Beinhaltet ProgrammROUTINEN, auf die UNIX-Anwendungen zurückgreifen, die eine verbindungsorientierte Kommunikation benötigen.
- UDP (User Datagram Protocol): verbindungslose Kommunikation ohne Garantie der korrekten Übertragung

- ARP (Address Resolution Protocol): Unterstützung der Adressierung und Zuordnung von logischen Internetadressen und MAC-Adressen
- RARP (Reverse ARP): Ermittlung von Internetadressen zu bestimmten MAC-Adressen
- ICMP (Internet Control Message Protocol): Übertragung von Fehler und Steuerinformationen

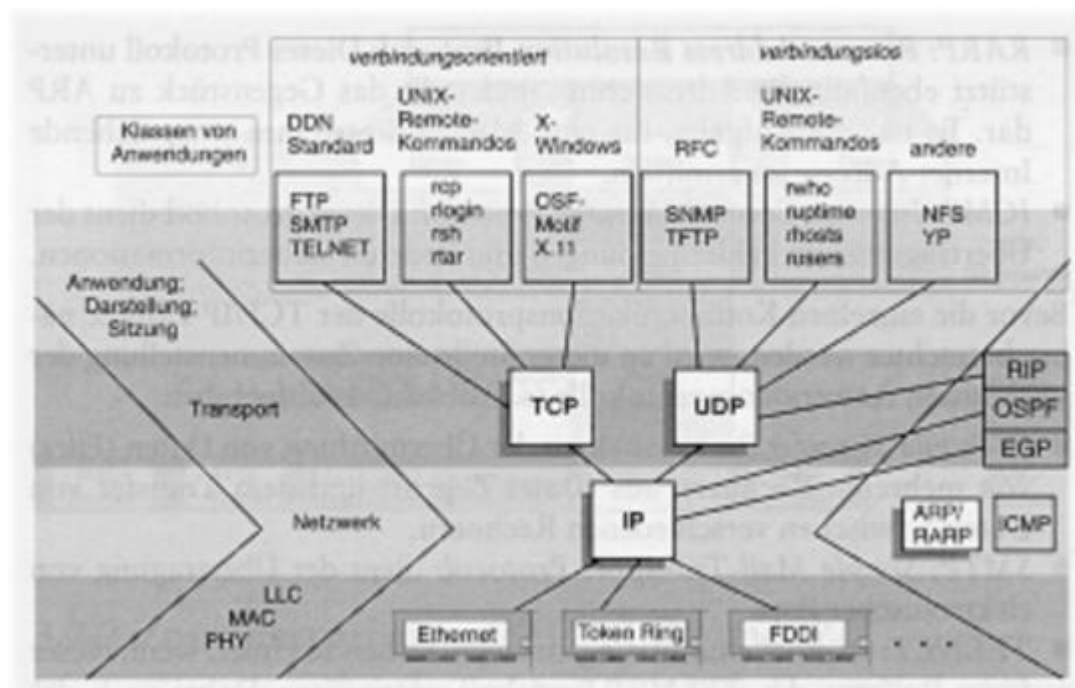


Abbildung 2.7-7 TCP/IP im Schichtenmodell, [8, S. 155]

In den Ebenen 5 bis 7 werden verschiedene Anwendungen realisiert. Zu diesen Anwendungen zählen u.a. das HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) (bekannt als WWW - World Wide Web), FTP (File Transfer Protocol), SMTP (Simple Mail Transfer Protocol), SNMP (Simple Network Management Protocol) und NFS (Network File System).

IP-Protokoll

Die Datagramme werden vom IP-Protokoll verbindungslos zur Partnerstation gesandt, ohne zu wissen, ob der Empfänger bereit ist. Es findet keine Fehlerkontrolle statt und die Versendung der einzelnen Pakete erfolgt unabhängig voneinander, wodurch beim Empfänger nicht automatisch die Reihenfolge gewährleistet wird. Für die Bereitstellung der Funktionen sind die höheren Protokolle verantwortlich. Die wichtigste Aufgabe ist das Hinzufügen der Quell- und Ziel-IP-Adresse. Jedes Datenpaket ist eindeutig gekennzeichnet und kann seinen eigenen Weg durch das Netz nehmen. Die maximale Größe des IP-Pakets ist vom Übertragungsmedium abhängig und wird in der MTU (Maximum Transfer Unit) festgelegt. Die IP-Schicht ist in der Lage, die ankommenden Datenpakete zur Anpassung an die unterschiedlichen Netze (X.25 - 128 Byte, Ethernet - 1526 Byte) zu fragmentieren, dies bedeutet die Unterteilung des Paketes in kleinere Untereinheiten, so daß eine Übertragung zum nächsten Netzknoten oder zum Zielrechner möglich wird. Jedes Paketfragment erhält dabei den gesamten IP-Header und findet seinen eigenen Weg durchs Netz. Kommt das erste Fragment am Empfänger (Knoten oder Zielrechner) an, wird ein Zeitintervall gestartet (meist 30 Sekunden), in dem auf die weiteren Fragmente gewartet wird. Fehlt am Ende ein Fragment, werden alle Teile verworfen. Durch diesen Mechanismus wird der Empfangspuffer nicht unnötig belegt. Die Größe eines IP-Pakets

liegt zwischen 576 und 65536 Byte, die maximale Größe verringert sich um die Größe des IP-Headers, die mindestens 20 Byte beträgt.

Zur Überwachung des Datenflusses wird eine ICMP-Sendeunterdrückungsnachricht von der IP-Schicht ausgesandt.

| | | | | | | |
|---------------------|---------------|----------|--------------|-----------------|----|--|
| 1 | 8 | | 16 | | 32 | |
| Version | Header Length | TOS | Total Length | | | |
| Identifikation | | | Flags | Fragment Offset | | |
| Time to Live | | Protocol | Checksum | | | |
| Source Address | | | | | | |
| Destination Address | | | | | | |
| Option | | | | Padding | | |

Abbildung 2.7-8 IP-Header (IPv4)

- Version: Versionsnummer des IP-Protokolls, aktuell Version 4
- Header Length (Länge des IP-Kopfes): Länge besteht aus 32 Bit-Worten, der kleinste IP-Header besteht aus den ersten fünf 32 Bit-Worten
- TOS (Type of Service, Service-Typ-Angaben): Angaben über die Kriterien eines IP-Paketes (Routing-Dienst, Paket mit Priorität)
- Total Length: Gesamtlänge des IP-Paketes in Byte
- Identification: Bei der Segmentierung wird eine eindeutige Identifikationsnummer vergeben, die es dem Zielrechner erlaubt, die IP-Pakete den entsprechenden Dateien zuzuordnen.
- Flags: Steuerung des IP-Protokolls, DF=1 (don't fragment) - Paket darf nicht fragmentiert werden; MF=1 (more fragments) - weitere IP-Pakete aus einer Datei folgen, mit MF=0 wird das letzte IP-Paket markiert
- Fragment Offset (Fragmentabstand): bei MF=1; gibt die relative Position des Dateifragmentes in Bezug auf den Dateianfang an und ermöglicht das richtige zusammensetzen der Datei
- Time to live (Lebenszeit): gibt Verweilzeit der Pakete im Netz vor, da diese zirkulieren können und wird vom Quellrechner gesetzt. In jedem Netzknoten verringert sie sich um 1 und gibt somit die maximale Anzahl der Netzknoten an, die das Paket durchlaufen darf. Bei TTL=0 wird vom Netzknoten eine ICMP-Nachricht an die Quelle gesandt.
- Protocol: enthält die Nummer des höheren Protokolls (ICMP - 1, TCP - 6, UDP - 17) an das das Paket weitergereicht werden muß.
- Checksum (Prüfsumme): Prüfsumme des IP-Headers zum Erkennen von Übertragungsfehlern; Prüfung der Nutzdaten im TCP-Protokoll
- Source IP-Address: IP-Adresse des Quellrechners
- Destination IP-Address: IP-Adresse des Zielrechners
- Option: Angaben für besondere Nutzung, meistens nicht benutzt
- Padding (Füllzeichen): auffüllen des Optionsfeldes auf 32 Bit

TCP-Protokoll

Im TCP-Protokoll werden virtuelle und duplexfähige End-to-End-Verbindungen aufgebaut. Die Übertragung erfolgt in festen Datenblöcken (TCP-Pakete). Aufgaben des TCP sind:

- Abstimmung der Länge von TCP-Paketen,
- Segmentierung der zu sendenden Dateien und Wiederherstellung im Zielrechner,
- einbinden einer Sequenznummer für die Reihenfolge der Segmente und
- Aufforderung des Quellrechners zur wiederholten Übertragung bei Fehlern.

Vor dem Beginn einer Übertragung muß zwischen den TCP-Schichten des Quell- und Zielrechners die maximale Länge des TCP-Paketes vereinbart werden. Nur eine Station kann die Verbindung zwischen zwei Stationen aufbauen. Ein mehrfacher Aufbau einer Verbindung nach Abbruch ist erst nach dem Timeout (Geduldzeit) möglich. Der Datenaustausch kann erst nach dem Aufbau der Verbindung erfolgen. Die Übertragung fehlerhafter Pakete kann nach dem Ablauf des Timeouts erfolgen. Durch die Sequenznummer ist eine doppelte Übertragung leicht erkennbar. Durch die maximale Größe der Sequenznummer können bis zu 8 Gigabyte pro Verbindung übertragen werden. Es wird die Flußkontrolle nach dem Fenster-Mechanismus angewandt, wodurch der Empfänger dem Sender die Größe des Empfangspuffers bekanntgeben kann. Tritt während der Übertragung beim Empfänger eine größere Belastung auf, kann dies über das Window-Feld reguliert werden. Jedes Paket unterliegt auch wieder einer Zeitüberwachung, nach der eine Quittierung erfolgen muß. Je nach Belastung des Netzes ist die Zeitdauer sehr unterschiedlich und wird für jedes Paket neu berechnet und eingestellt.

| | | | | |
|------------------------|----------|---------------|------------------|---------|
| 1 | 4 | 8 | 16 | 32 |
| Source Port | | | Destination Port | |
| Sequence Number | | | | |
| Acknowledgement Number | | | | |
| Data Offset | Reserved | Control Flags | | Window |
| Checksum | | | Urgent Pointer | |
| Option | | | | Padding |

Abbildung 2.7-9 TCP-Header

- Source-Port (Quell-Port): Portnummer des Anwenderprozesses im Quellrechner
- Destination Port (Ziel-Port): Portnummer des Anwenderprozesses im Zielrechner
- Sequence Number: Die Sequenznummer dient zur Nummerierung der Datensegmente und gilt nur in Senderichtung. Die TCP-Schichten bilden Anfangssequenznummern, tauschen diese aus und bestätigen sie. Jede Nummer ist eindeutig und existiert während der Lebenszeit der Pakete nur einmal. Die Quelle erhöht die Nummer immer um die Anzahl der gesendeten Bytes.
- Acknowledgement Number (Quittungsnummer): gilt nur in Empfangsrichtung und kennzeichnet, wieviel Byte korrekt empfangen wurden.
- Data Offset (Datenabstand): Länge des TCP-Headers in 32 Bit-Worten; Die Stelle des Datenbeginns ist eindeutig gekennzeichnet.
- Control-Flags: Die Flags legen fest, welche Header-Felder gültig sind. Es sind 6 Bits, die bei Status 1 folgende Funktion haben:
 - URG: Urgent-Pointer ist gültig
 - ACK: Quittungsnummer ist gültig
 - PSH (Push-Funktion): sofortige Datenweitergabe an die nächst höhere Schicht
 - RST (Reset): Rücksetzen der Verbindung
 - SYN: Verbindungsaufbauwunsch, Quittierung erforderlich
 - FIN: einseitiger Verbindungsaufbau, Ende des Datenstroms aus der Richtung, Quittierung erforderlich
- Window (Fenstergröße): Steuerung des Datenstroms im Quellrechner durch den Zielrechner, empfängt der Sender ein TCP-Paket mit Window gleich 0, dann wird die Verbindung gestoppt.
- Checksum (Prüfsumme): prüft den TCP-Header, die Daten und die Quell- und Ziel-IP (aus IP-Header) auf Bitfehler

- Urgent Pointer (Urgent-Zeiger): Zeigt das Ende der Urgent-Daten an, diese befinden sich direkt hinter dem TCP-Header. Urgent-Daten signalisieren meist außergewöhnliche Zustände und bestehen aus wichtigen Kurznachrichten.
- Option: Angabe von Service-Optionen möglich
- Padding (Füllzeichen): Auffüllen des Optionsfeldes auf 32 Bit

UDP-Protokoll

Mittels UDP könne Anwendungen Datenpakete (eigenständige Datenblöcke) senden und empfangen. UDP wird meist für das NFS (Network File System), die Broadcast-Nachrichten oder im Netzmanagement eingesetzt. Der Header enthält nur jeweils ein Feld für den Quell-Port, den Ziel-Port, die Länge und die Prüfsumme.

Beispiel einer TCP/IP - Übertragung (Abbildung 2.7-10)

Die Datei wird im Quellrechner (Tln A) in einzelne Segmente unterteilt und jedem Segment wird ein IP-Header (Nr. 1-14) und ein TCP-Header (Nr. 15-26) vorangestellt. Jedes so entstandene Datenpaket kann auf verschiedenen Wegen durch das gesamte Netz gelangen. Die Entschlüsselung, zu welchem Rechner das Datenpaket geleitet werden soll, erfolgt über das Feld 12, in dem die Zieladresse steht. Jeder Knoten K wertet unter anderem dieses Feld aus und bestimmt danach den schnellsten Weg zum nächsten Knoten, jedes Datenpaket erhält somit seinen eigenen Weg zum Ziel. In den einzelnen Knoten kann

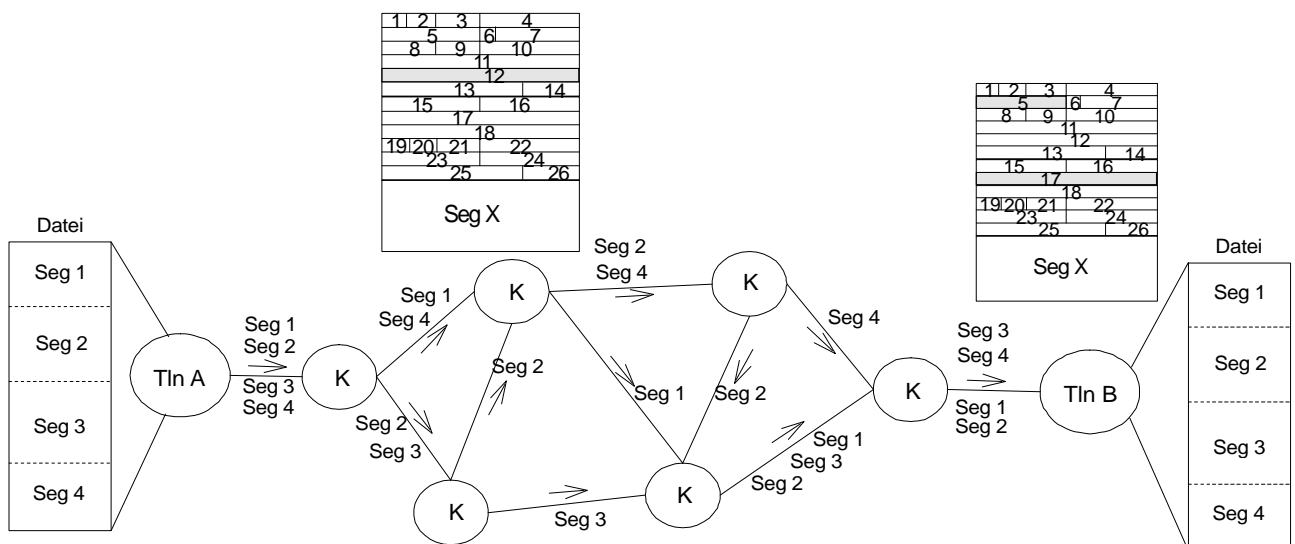


Abbildung 2.7-10 TCP/IP - Übertragung

es auf Grund erhöhter Verkehrslast zu Verzögerungen kommen. Erhöhte Verkehrslast bedeutet, dass mehrere Daten zur gleichen Zeit im Vermittlungsknoten eintreffen, diese müssen nun der Reihenfolge nach verarbeitet und weitergeleitet werden. Ist der Empfangspuffer in einem Knoten voll, dann werden alle weiterhin ankommenden Pakete verworfen. Und müssen vom Quellrechner erneut gesendet werden. Die Datensegmente treffen nach dem Passieren aller Knoten im Zielrechner auf Grund der Knotenverzögerungen und der unterschiedlichen Laufzeiten im Zielrechner (Tln-B) ein. Die ankommenden Datenpakete werden über das Feld 5 (Identifikation) der richtigen Datei zugeordnet. Nachdem alle Felder des IP-Headers ausgewertet wurden, wird im TCP-Header über das Feld 17 die richtige Reihenfolge der Datensegmente erkannt und diese dann nach Bereinigung von allen Kopfdaten wieder zusammengesetzt. Die Datei kann im Rechner von Tln-B weiter verarbeitet werden.

2.7.4. Aufbau von Internet-Adressen

Internetadressen sind zur weltweit eindeutigen Kennzeichnung von Rechnern gedacht oder Rechnersystemen geeignet und werden in der IP-Schicht dem Datenpaket hinzugefügt. Die IP-Adressen haben eine Länge von 32 Bit und werden zur besseren Beschreibung in 4 Byte unterteilt. Eine dezimale Darstellung erfolgt in der Form 127.12.15.1 und enthält die Struktur einer Netz- und Host-ID. IP-Adressen dürfen weltweit nur einmal vergeben werden und innerhalb eines Netzwerkes sich nur in dem Teil unterscheiden, der die Stationen kennzeichnet (Node-Teil). Soll die Adresse weltweit eindeutig sein, muß man bei der NIC (Network Information Center) in Kalifornien ein mehr oder weniger großen Adreß-Pool beantragen. Für die eindeutige Zuweisung innerhalb des eigenen Netzwerkes ist der Administrator verantwortlich. Wenn kein Adressbereich beantragt wird, muß beim Übergang vom internen Netz zum Internet eine eindeutige Trennung erfolgen und es darf keine dieser frei vergebenen Adressen nach außen sichtbar sein.

Es werden fünf Klassen von IP-Adressen unterschieden, dies wird durch die ersten 3 Bit der Netz-ID festgelegt. Es wurden Klassen A-E festgelegt, wobei die Bereiche der Adressen für A-C festgelegt sind und in der Klasse D die Aufteilung beliebig ist. Das Klasse E Netz wird noch nicht verwendet.

| Klasse / Bits | Adreß-Bereich | Bemerkung |
|---------------|-------------------------------|--|
| A / 0xx | 1.0.0.0 -127.255.255.255 | 7 Bit für Netzadressierung (max. 126 Netze) 24 Bit für Adressierung von Unternetzen und Stationen (2^{24} Stationen) |
| B / 10x | 128.0.0.0 -191.255.255.255 | 14 Bit für Netzadressierung (max. 4095 Netze) 16 Bit für Unternetze und Stationen (2^{16} Stationen) |
| C / 110 | 192.0.0.0 -223.255.255.255 | 21 Bit für Netzadressierung (max. 262143 Netze) 8 Bit für Unternetze und Stationen (255 Stationen) |
| D / 111 | Multicast | Aufteilung der Bits beliebig |
| E / 1111 | reserviert | für neue Adressierungsform freigehalten |

Subnetze dienen der Unterteilung von größeren Unternehmensnetzen oder dem Usammenfassen von Etagen oder großen Arbeitsgruppen. Subnetze sind eigenständige Netze, die die gleiche Netz-ID verwenden. Die Festlegung erfolgt über die Subnetmask. Verdeutlicht wird dies an folgendem Beispiel eines Klasse C Netzes:

11010110 . 00010101 . 11010010 . 00000000 (214.21.210.0)

Zur besseren Unterteilung benötigen wir 8 Subnetze, dazu muß folgende Subnetmask eingestellt werden:

11111111 . 11111111 . 11111111 . 11100000 (255.255.255.224)

Damit haben wir 3 Bit für die Adressierung von Subnetzen (2^3 - 8 Subnetze). Zur Stationsadressierung haben wir nur noch 5 Bit zur Verfügung, d.h. es können in jedem Subnetz 32 Stationen adressiert werden.

Da die IP-Adressen bald völlig ausgeschöpft sein werden, der Bedarf aber weiterhin gedeckt werden muß, wird momentan ein neuer Standard entwickelt. In der neuen Version 6 des IP-Protokolls (IPv6, IPng - Next Generation) werden die beiden Hauptprobleme von IPv4, Adressenknappheit und Routingsystem, beseitigt. Da die Standardisierung noch nicht vollkommen abgeschlossen ist können noch nicht alle Neuerungen aufgelistet werden. Wesentliche Verbesserungen sind:

- Verbesserte Routing-Funktionen,

- größerer Adressraum durch Erweiterung von 32 auf 128 Bit,
- hierarchische Adressierung als Grundlage zum Routing,
- automatische Konfiguration von IP-Adressen einzelner Netzwerkkomponenten,
- weltweite IP-Adressen auf Lebenszeit,
- Vereinfachung der IP-Header-Informationen,
- integrierte Funktionen für Authentisierung und Sicherheit, auch Verschlüsselung und Firewalls sowie
- definierte Güteklassen zur Leistungssteigerung bei Echtzeit Anwendungen (Sprache, Video).

Durch die Erweiterung der Adressen von 32 auf 128 Bit würden 2^{128} Knoten (Router, Hosts) möglich sein. Um ein reibungsloses Routing auch weiterhin zu ermöglichen, müssen jedoch genügend Reserven an Adressen gehalten werden. Erst dadurch wird ein einfaches Auffinden der Adressen möglich. Durch die rasante Ausbreitung des Internets und der enormen Datenmengen muß der Overhead verkleinert werden. Ein Ansatz dazu wäre ein hierarchisches Routing, dies läßt sich erst mit IPv6 verwirklichen.

In den neuen Routern wird eine automatische Adressvergabe eingebunden, so daß beim Verschieben von Rechnern oder dem Wechsel zu anderen Service-Providern keine lange andauernden Änderungsprozeduren an den PC's und Servern erfolgen müssen. In den IPv6 fähigen Hosts können mehrere IPv6 Adressen für eine gewisse Zeit parallel gefahren werden. Ein wichtiger Faktor wird auch die Kompatibilität zu IPv4 sein. In einer Übergangszeit werden beide Protokollversionen nebeneinander existieren, wodurch in den Routern die Möglichkeit gegeben werden muß, beide Routings auszuführen. Die Softwareentwickler müssen ihre Programme anpassen oder gar ganz neu strukturieren. Das IPv6-Protokoll wird dabei in einem IPv4-Tunnel transportiert, dieser kann automatisch oder manuell konfiguriert sein. Neuere Überlegungen sehen auch ein eigenständiges IPv6-Netz vor, was über einen IPv4-Multicast-Netzwerk als lokaler Link zu erreichen sein wird. Um das neue Protokoll in der Praxis zu testen, wurde ein Testbackbone im Juni 1996 zunächst mit drei Teilnehmern errichtet. Die Beteiligung wächst rasant, so daß im Januar 1997 schon 90 Interessenten die Tests unterstützen. Die wichtigste Aufgabe für die nächste Zeit ist die Aufteilung der neuen Adressen, ob diese nun dynamisch oder statisch vergeben sind.

| Version | Priority | Flow Label | | |
|---------------------|----------|-------------|--|-----------|
| Payload Length | | Next Header | | Hop Limit |
| Source Address | | | | |
| Destination Address | | | | |
| 32 Bits | | | | |

Abbildung 2.7-11 IPv6 Header

Das Aussehen der einzelnen Felder ist noch nicht näher bestimmt, dies wird erst in den nächsten RFC's (Request for Comments) zu finden sein, die von der IETF (Internet Engineering Task Force) und deren Arbeitsgruppen festgelegt werden.

3. Spezifikationen zur drahtlosen Datenübertragung

Durch den Beweis der elektromagnetischen Welle von Heinrich Hertz 1887 und der ersten Funkübertragung über den Ärmelkanal wurden die Grundlagen für die drahtlose Kommunikation geschaffen. In Deutschland wurden die ersten funktechnischen Versuche zur Nachrichtenübertragung Ende 1897 von Adolf Slaby durchgeführt. Er übertrug Funksignale vom TU-Hauptgebäude zum einige hundert Meter entfernten Salzufer.

Nach dem ersten und besonders nach dem zweiten Weltkrieg wurden die meisten Aufträge zur Forschung im Funkübertragungsbereich durch das Militär erteilt, bzw. von ihm durchgeführt.

Für Betreiber von Funknetzen stellten sich damals wie heute Probleme und Hürden dar, die schon vor dem eigentlichen Betreiben des Dienstes auftreten. Zum einen müssen die entsprechenden Frequenzen bei den jeweiligen Behörden in den Länder beantragt, Normierungsverfahren zur besseren weltweiten Nutzung der Frequenzen und zur Kompatibilität abgeschlossen und Bedenken in der Bevölkerung ausgeräumt oder minimiert werden. Die Betrachtung von gesundheitlichen Aspekten spielt dabei eine immer größere Rolle und kann ein nicht zu unterschätzendes Problem darstellen, darauf möchte

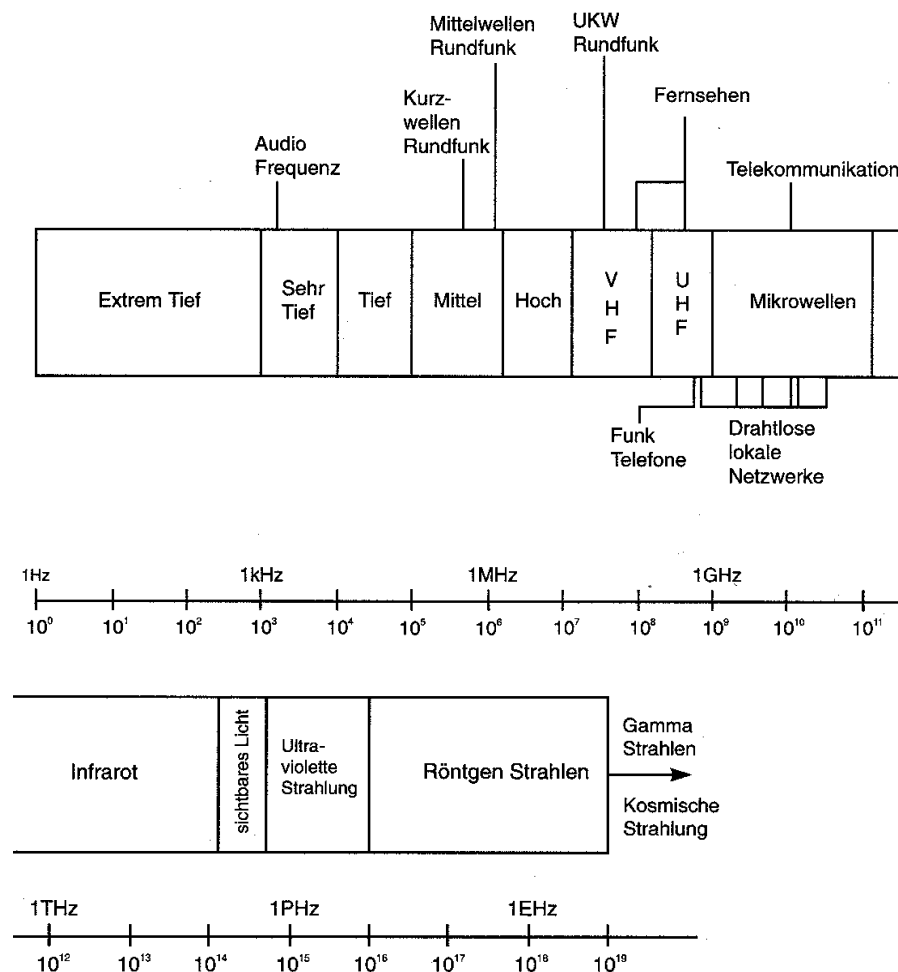


Abbildung 2.7-12 Elektromagnetisches Frequenzspektrum [4, S.60]

ich aber in Kapitel 7 genauer eingehen. Frequenzen stellen ein knappes Gut dar, die nicht unnötig verbraucht oder belegt werden dürfen. Es müssen Verfahren geschaffen werden, die eine effiziente Nutzung ermöglichen, einen möglichst großen Spielraum (Bandbreite) in

der Konfiguration und im Management bieten und mit allen Bedürfnissen der Bevölkerung in Einklang zu bringen sind. Auch unter Betrachtung der physikalischen Gesetzmäßigkeiten wurden internationale Vereinbarungen getroffen, um weltweit eine relativ einheitliche Nutzung des Frequenzbandes zu ermöglichen. Eine Wesentliche davon ist, die Aufteilung der Frequenzen in verschiedene Abschnitte, daß die Abbildung 2.7-12 darstellt.

Die Koordination für die Bereitstellung von Frequenzen wird in den einzelnen Ländern von staatlichen Behörden vorgenommen. In Europa gibt es eine übergeordnete Koordinierungsstelle, die CEPT und in den USA die FCC.

Für drahtlose lokale Netzwerke wurden verschiedene Frequenzen im ISM-Band (Instrumental, Scientific and Medical Band) bereitgestellt. Dieses Band ist für diverse Aufgaben im industriellen, wissenschaftlichen und medizinischen Bereich reserviert.

| Behörde | Frequenz | Bandbreite |
|-----------|-------------------|------------|
| FCC | 902 - 928 MHz | 26 MHz |
| | 2,4 - 2,4835 GHz | 83,5 MHz |
| | 5,725 - 5,85 GHz | 125 MHz |
| | 24 - 24,25 GHz | 250 MHz |
| CEPT/ETSI | 2,445 - 2,475 GHz | 30 MHz |
| | 5,785 - 5,815 GHz | 30 MHz |
| | 17,1 - 17,3 GHz | 200 MHz |
| | 24,11 - 24,14 GHz | 30 MHz |
| | 61 - 61,5 GHz | 500 MHz |

Zur Gewährleistung einer guten Funkverbindung müssen verschiedene Faktoren beachtet werden. Erstens die richtige Wahl der Übertragungsfrequenz, zweitens die der Sendeleistung und drittens die Reflexion der Wellen in der Umgebung entscheidet über Akzeptanz beim Verbraucher. Eine grobe Unterteilung kann zwischen Punkt-zu-Punkt-Verbindungen (Bodenwellen) und Reflexionsverbindungen (Raumwellen), meist an der Stratosphäre, erfolgen. Die Reflexion von Bodenwellen an Gebäuden und in Räumen ist eine Eigenschaft, die eine Nutzung für drahtlose Netzwerke erst ermöglicht. Jedes Material reflektiert die Funkwellen anders. Es kann zu Streuung, Brechung, Dämpfung, Reflexion und Depolarisierung kommen. Beim Empfänger kann dadurch eine teilweise Auslöschung, Verzerrung oder Verstärkung entstehen. Um Störsignale herauszufiltern, muß am Empfänger eine frequenzselektive Auswahl erfolgen. In benachbarten Zellen dürfen sich die Frequenzen nicht überlagern und es muß ein genügend großer Störabstand gewährleistet werden.

In Gebäuden können auch Infrarot-Systeme zum Einsatz kommen, bei denen auch bestimmte Rahmenbedingungen geschaffen werden müssen. Es kann zu Störungen durch Kunstlicht (Leuchtstoffröhren) und Tageslicht (je nach eingesetztem Fensterglas) kommen.

3.1. Modulationsverfahren

Signale müssen für den Transport an das jeweilige Übertragungsmedium angepaßt werden. Die Notwendigkeit der Modulation kann man schon anhand der Sprachübertragung erkennen. Wenn alle Telefongespräche in ihrer Originalfrequenz übertragen werden würden, könnte man kein Wort mehr verstehen und die Störungen wären so groß, daß kein Signal entschlüsselbar beim anderen Teilnehmer ankommen würde. Um dies zu verhindern, kommen verschiedenen Modulationsverfahren zum Einsatz, die die Original-

Frequenzen in ein anderes Frequenzband umsetzen. Es wird grundsätzlich zwischen analogen und digitalen Verfahren unterschieden. Analoge Verfahren erzeugen immer einen kontinuierlichen Verlauf des zu übertragenden Signals, wohingegen im digitalen Bereich nur diskrete Werte übertragen werden.

3.1.1. Analoge Modulation

Analoge Modulationsverfahren sind die Amplituden- und die Winkelmodulation (Frequenz, Phase), in ihren verschiedenen Variationen. Die analogen Verfahren haben eine große Verbreitung und sind in all ihren Eigenschaften weitgehendst erforscht. Ein analoges Signal besteht aus drei Komponenten: Amplitude, Frequenz und Phasenlage.

Amplitudenmodulation (AM)

Bei der Amplitudenmodulation wird die Amplitude der hochfrequenten Trägerschwingung moduliert. Durch die Amplitude und Frequenz der Modulationsschwingung wird die Amplitude der Trägerschwingung variiert und so das Nutzsignal aufmoduliert. Die Amplitudenmodulation erfolgt in drei Teilschritten: Überlagerung von Informationsspannung und Trägerspannung, Aussteuern einer nichtlinearen Kennlinie und Entfernen unerwünschter Modulationsanteile. Die AM läßt sich mit verschiedenen Verfahren übertragen: AM mit unterdrücktem Träger, Einseitenbandmodulation (ESB), ESB mit abgesenktem Träger und Restseitenband AM.

Frequenzmodulation (FM)

Zur Erzeugung einer FM muß die Frequenz einer hochfrequenten Trägerschwingung im Rhythmus des niederfrequenten Signals geändert werden. Die Amplitude und Phase des Trägersignals werden dabei nicht beeinflußt. Die Trägerfrequenz ist proportional zur Amplitude des Modulationssignals. Die Abweichung wird als Frequenzhub bezeichnet.

Phasenmodulation

Die Übertragung des Nutzsignals erfolgt über die zeitliche Veränderung der Phasenlage des Trägers. Die Amplitude und Frequenz der Trägerschwingung bleiben dabei konstant. Amplitude des Modulationssignals und die Abweichung der Phasenlage des Trägersignals sind proportional und wird als Phasenhub bezeichnet. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, eine Phasenmodulation zu erzeugen: Überlagerung 90° verschobener AM-Schwingungen, Überlagerung 90° verschobener Seitenschwingungen, mittels nachgeschaltetem Phasenschieber und als FM mit frequenzabhängiger Modulationsspannung.

3.1.2. Digitale Modulation

Die digitale Modulation ist eigentlich eine Tastung. Die einfachste Art der digitalen Modulation ist das Übertragen des Morsealphabets. An diesem Beispiel sieht man auch, daß die Nachricht vorher in einen digitalen Code gebracht werden muß. Anders als beim Morsealphabet ist heute die Dauer (Schrittgeschwindigkeit) der einzelnen Zeichen immer konstant und wird als Bit bezeichnet. Die maximale Übertragungsrate gibt man in bit/s (Bit pro Sekunde, bit/s) an, es ist die maximale Rate, bei der die Zeichen noch für den Empfänger erkennbar übertragen werden können ohne zerstört zu werden. Die Qualität wird dabei in der BER (Bit Error Rate - Bitfehlerhäufigkeit) angegeben. Eine BER von 10^{-2} zeigt 1 Fehler auf 100 Bit an.

Die Tastung kann im Nieder- oder Hochfrequenzbereich erfolgen. Je nachdem, welcher Parameter bei der Wechselstromtastung beeinflußt wird, spricht man von Amplituden-, Frequenz- oder Phasenumtastung. Im Englischen wird dies als „Shiftung“ benannt, dann

unterscheidet man ASK (Amplitude Shift Keying), FSK (Frequency Shift Keying), PSK (Phase Shift Keying).

Amplitudenumtastung

Bei der ASK wird die Trägerfrequenz im Takt der digitalisierten Information zwischen zwei oder mehreren diskreten Stufen umgeschaltet. Beim Sonderfall der binären ASK (On-Off-Keying, OOK) ist die Amplitude der Trägerschwingung entweder 1 oder 0. Dabei treten neben der eigentlichen Trägerfrequenz noch ganzzahlige Vielfache der Modulationsfrequenz auf, deren Amplitude mit zunehmendem Abstand von der Trägerschwingung abnimmt. Durch die Seitenschwingungen werden die für die Übertragung vorhandenen Frequenzen sehr stark reduziert, was für ein effizientes System nicht sinnvoll ist. Mit Hilfe eines nachgeschalteten Bandpasses kann man dieses Problem etwas beseitigen. Eine Unterbrechung der Leitung oder ein Senderausfall kann durch dieses Verfahren nicht erkannt werden.

Frequenzumtastung

Die Frequenzumtastung kann in einem harten oder weichem Modus ausgeführt werden. Im harten Modus wird bei einem Wechsel von 1 und 0 die Frequenz einfach umgeschaltet. Dies kann durch die Auswahl von einzelnen Oszillatoren für die Wertestufen erfolgen, dies führt allerdings zu relativ großen spektralen Nebenseitenbändern, was eine hohe Bandbreite des Sendesignals bedingt. Die Methode der weichen Tastung (CPFSK - Continuous Phase FSK) bringt ein langsames Umschalten der Frequenz und weniger Spektralanteile mit sich und es muß kein Sendefilter eingesetzt werden. Dies wird durch den Einsatz nur eines Oszillators erreicht, der dann sehr schnell von einer Frequenz zur anderen umgestimmt wird. Diese Methode bringt einen kontinuierlichen Phasenverlauf bei Frequenzänderung. Durch die Einführung der weichen Tastung wurde ein Nachbarkanalbetrieb (Frequenzmultiplex) erst möglich, da die Bandbreite sehr klein ist und Spektralanteile sich mehr um die Mittenfrequenz konzentrieren.

Phasenumtastung

Die Empfindlichkeit gegenüber Störspannungen ist hier am kleinsten. Hier wird die Phase sprunghaft geändert, dies muß nicht im Nulldurchgang der Schwingung passieren. Das PSK gewinnt in heutiger Zeit immer mehr an Bedeutung, da die technischen Voraussetzungen erst mit der Einführung integrierter Schaltkreise sinnvoll zu verwirklichen war. Mit zunehmenden Maße wird in der Übertragungstechnik die mehrwertige Kodierung mittels Phasenumtastung eingesetzt. Mit einer logischen Schaltung wird das binäre Signal in ein ternäres, quaternäres oder oktonäres Signal umgewandelt. Jeder Bitkombination wird dann eine bestimmte Phase der Trägerschwingung zugeordnet. Durch die Übersetzung des Binärcodes in mehrwertigere Codes ist eine höhere Übertragungsrate möglich, was allerdings die Anforderungen an die Fehlerkorrektur in den Endsystemen erhöht.

Für heutige Anforderungen kommt oft die QPSK (4-PSK) zum Einsatz. Die Eingangsdaten liegen als bipolare Impulse vor, wobei die log. „1“ als +1 und die log. „0“ als -1 dargestellt wird. Bei einer Phasendrehung von 180° wird der Koordinatenursprung durchquert, dabei treten Einbrüche in der Hüllkurve auf. Bei Verstärkern mit hohem Wirkungsgrad (Klasse-C-Verstärker) treten durch die Nichtlinearitäten Intermodulationsprodukte auf, die zu Nachbarkanalstörungen führen können. Man setzt modifizierte Modulationsverfahren mit relativ konstante Hüllkurven ein: OQPSK (Offset-QPSK) und MSK (Minimum Shift Keying). Es ist auch der Einsatz von differentiellen Verfahren (BPSK - Binary PSK)

möglich, bei denen nur bei Änderungen in den Datenbits Phasensprünge auftreten. Diese Verfahren sind jedoch störanfälliger als nicht differentielle Verfahren.

Das MSK wird auch als FFSK (Fast FSK) bezeichnet, weil das Drehen der Trägerphase um einen Betrag $h\pi$ während der Zeit T genau einer Frequenzumtastung mit dem Hub $D\omega$ entspricht (h -Modulationsindex, T -Bitdauer). Die Ausdehnung (Drehung) der Phase entspricht der Bitdauer (Full Response), was zu einer kontrollierten Interferenz führt. Kontrolliert deshalb, weil die Art der Beeinflussung der Bits bekannt ist und im Empfänger korrigiert werden kann. Frequenz- und Phasenverlauf weisen Knickstellen auf, was das Spektrum erhöhen würde. Durch eine Basisbandfilter mit Glättungsfunktion, z.B. Gaußscher Tiefpaß, kann das Signal geglättet werden. Dadurch wird aus der MSK eine GMSK (Gaußsches MSK).

3.2. Spread-Spectrum Transmission-Verfahren

Das eigentlich für militärische Zwecke entwickelte Spread Spectrum Transmission-Verfahren (Spreizband-Verfahren) ist bei entsprechender Auslegung abhörsicher und nicht störbar. Für die Datenübertragung wird das Signal in einem viel breiteren Frequenzband als notwendig übertragen. Durch dieses Verfahren sinkt die Sendeleistung weit unter die konventioneller Systeme. Das Signal wird dadurch abhörsicher und schwer zu orten. Besonders die niedrige Ausgangsleistung macht es für Portable (quasistationärer Rechner) besonders interessant und die sich multiplizierende Strahlenbelastung auf die Organismen werden verringert oder zumindest nicht unnötig in die Höhe getrieben.

Eine Übertragung eines Sprachsignals mittels normaler Amplitudenmodulation benötigt

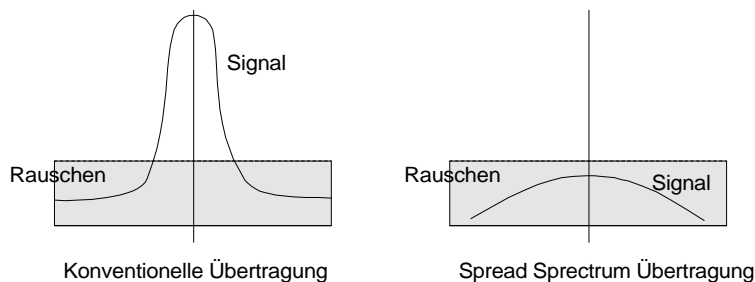


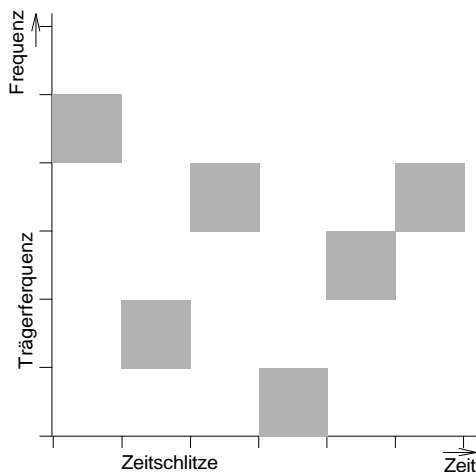
Abbildung 3.2-1 Signalvergleich [4, S. 74]

nur die doppelte Bandbreite des Ursprungsignals. Im Spread Spectrum-System benötigt man dazu einige Megahertz Bandbreite. Durch diese Aufweitung können Daten in einem nicht störungsfreien Signalisierungsband sicher und fehlerfrei übertragen

werden. Durch die Weiterentwicklung auch im zivilen Bereich und dem drastischen Preisverfall in der Mikroelektronik ist es auch für nichtmilitärische Anwendungen einsetzbar. Für drahtlose LAN`s kommen das FH- (Frequency Hopping) und das DS- (Direct Sequence) Verfahren zum Einsatz. Weitere Informationen zum Spreiz-Spektrum-Verfahren findet man auch unter dem Thema CDMA / Codemultiplex.

FHSS - Frequency Hopping Spread Spectrum Transmission

Beim FHSS-Verfahren (Frequency Hopping Spread Spectrum) wird das Nutzsignal auf ein permanent die Frequenz wechselndes Trägersignal aufmoduliert. Die Frequenzwechsel können pseudo-zufällig oder nach einer vorher festgelegtem Reihenfolge erfolgen. Sender und Empfänger müssen allerdings aufeinander synchronisiert sein, was eine komplexe Schaltung und dadurch höhere Kosten bedingt. Auf der anderen Seite ist dieses Verfahren sehr sicher und gegenüber Interferenzen weniger anfällig als das DSSS-Verfahren. Eine Störfrequenz (z.B. Kopierer, Drucker, PC, Funktelefon) stört die Signalübertragung nur so lange, wie die Trägerfrequenz sich in diesem Bereich befindet.

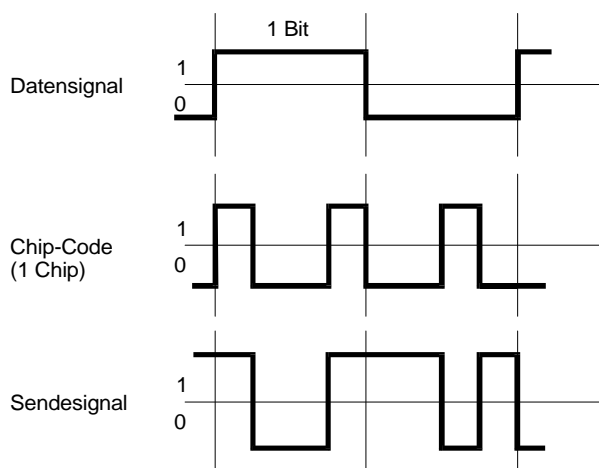


Über einen Sequenz-Generator wird eine pseudo-zufällige oder vorher festgelegte Bit-Reihenfolge erzeugt und im Frequenzsynthesizer die dauernd wechselnde Trägerschwingung erzeugt. In der Modulationsstufe werden die beiden Signale wie gewohnt moduliert und dann gesendet.

Abbildung 3.2-2 FHSS-Verfahren [4, S. 75]

DSSS - Direct Sequence Spread Spectrum Transmission

Im DSSS-Verfahren ersetzt man jedes einzelne Nutzbit durch einen binären Code (Chip-Code). Die 0 und 1 der Nutzbits werden mittels einem n-Bit langen Code umgesetzt, wobei die Datenmenge zunimmt und für einen effektiven Einsatz die Übertragungsleistung



gesteigert werden muß. Wie auch beim FHSS-Verfahren müssen Sender und Empfänger den gleichen Code besitzen. Jedes Bit wird mit diesem Code umgesetzt, es kommen Codes mit einer Länge von 11 bis 1024 Bit zum Einsatz. Je nach Codelänge erhält man einen Spreizfaktor (Prozeßgewinn), der sich aus dem Verhältnis von Code-Bitrate (Chip-Bitrate) zur Nutz-Bitrate zusammensetzt.

Abbildung 3.2-3 DSSS-Verfahren [4, S. 76]

In diesem Beispiel wurde ein 4-Bit-Code mit einem 1-wertigen Chip verwendet. Das bedeutet, daß das

Nutzsignal mit 4 Bit codiert wird und bei einer Original „1“ wird der Chip-Code so übernommen, bei einer Original „0“ invertiert man den Chip-Code.

Das Nutzsignal wird im Sender mit dem Chip-Code in einer EXOR-Funktion verknüpft und dann wie bekannt auf das Trägersignal aufmoduliert. Im Empfänger entfernt man erst den Chip-Code. Aus diesem Signal wird der Takt für den nächsten Chipcode zurückgewonnen. Anschließend wird das Signal demoduliert und kann weiter verarbeitet werden. Durch dieses Verfahren ist eine sehr gute Fehlererkennung möglich und der Schutz der Daten ist so lange gewährleistet, wie der Chip-Code gesichert ist. Der Chip-Code ist ähnlich zu behandeln, wie die PIN (Personal Identifier Number) eines Funktelefons.

3.3. Infrarotsysteme

Infrarot- und Funksysteme sind sich von ihrem netzwerktechnischen Aufbau her sehr ähnlich, so daß beide für drahtlose LAN's in Frage kommen. Der Frequenzbereich von Infrarotsystemen liegt um 300 THz. Unterschiede zwischen Funk- und Infrarotsystemen

liegen in der Abstrahlcharakteristik und der Reichweite. Für die Infrarotübertragung ist immer eine Sichtverbindung notwendig, diese kann als Punkt-zu-Punkt, gerichtet oder diffus ausgelegt werden. Die drei genannten Möglichkeiten unterscheiden sich sehr stark in ihrer Anwendbarkeit bezüglich Reichweite, Datenübertragungsrate, Ausrichtung und Ausbreitungsverhalten.

In Lasersystemen findet immer eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung statt, dabei sind die Achsen von Sender und Empfänger starr aufeinander ausgerichtet. Es können Reichweiten bis zu 2 km bei einer Übertragungsrate von 10 Mbit/s erreicht werden. Bei gerichteten Systemen muß sich der Empfänger innerhalb der Sendekeule des Systems befinden, bei gleicher Übertragungsrate verringert sich die Reichweite auf 20 m. Bei diffusen Systemen besteht die Möglichkeit einer indirekten Sichtverbindung, wobei die Reichweite hier am geringsten ist (9 m bei 1 Mbit/s). Infrarotsysteme eignen sich besonders für den Einsatz in Gebäuden, da sie sehr stark witterungsabhängig (Nebel, Dunst, Regen) sind.

Eingesetzte Sender und Empfänger entsprechen denen in der LWL-Technik. Als Sender kommen meistens GaAs-Leuchtdioden (Gallium Arsenid, $\lambda = 950 \text{ nm}$) und GaAlAs-Leuchtdioden (Gallium Aluminium Arsenid, $\lambda = 875 \text{ nm}$) zum Einsatz, deren Wirkungsgrad ca 6 % beträgt, zum Einsatz. Die Abstrahlcharakteristik kann diffus oder punktförmig sein. Auf Empfängerseite werden Si-Photodioden mit Tageslichtsperrfilter eingesetzt. Die Infrarotsignale werden mittels einer Konvexlinse oder eines Parabolspiegels gebündelt und in der Photodiode wieder in elektrische Signale umgewandelt. Es könne die bisher bekannten Modulationsverfahren ohne Einschränkungen eingesetzt werden.

3.4. Spezifikationen zum Funk-LAN

Drahtlose lokale Netzwerke existieren seit einiger Zeit in den verschiedensten Formen. Drahtlose LAN's kann man als Erweiterung seines Inhouse-LAN's betrachten, bei dem vor allem im professionellen Bereich ein optimierteres Arbeiten möglich ist. Diese Netzwerke können zum Beispiel zur Verwaltung von großen Lagerbeständen oder in Verbindung mit dem GPS (Global Positioning System, Satellitenortung) zur Flottensteuerung und Routenplanung eingesetzt werden. Drahtlose Netzwerke sind im Aufbau wesentlich flexibler und die Installationszeit beträgt nur einen Bruchteil der von fester Verkabelung. In der Zukunft werden sich sicherlich noch viele weitere Anwendungsmöglichkeiten ergeben. Ein großer Unterschied von Datenfunk- und Sprachfunk-Systemen ist die Zeit- und Fehlertoleranz. Bei Sprachanwendungen ist das Wichtigste die Ende-zu-Ende-Verzögerung, diese sollte möglichst klein sein. Die Redundanz bei Sprache ist so groß, so daß die Bitfehler eher nebensächlich sind. Bei Datenanwendungen verhält es sich genau umgekehrt. Hier sind selten zeitkritische Anwendungen im Einsatz, so daß ein automatisches Wiederholen (Automatic Repeat Request) zur Bitfehler-Minimierung einsetzen kann. Systeme zum Datenfunk können optimierte Mobilfunknetze oder Bündelfunksysteme sein. Optimierte Mobilfunknetze gibt es derzeit von Motorola (RD-LAP - Radio Data Link Access Protokoll) und Ericsson (Mobitex), ein für Europa spezifiziertes Bündelfunksystem ist TETRA. Alle diese Systeme arbeiten auf digitaler Basis.

Seit 1993 betreibt die DeTeMobil das MODACOM (Mobile Data Communication), das auf der Technik von Motorola basiert und folgende Leistungsmerkmale unterstützt:

- Paketorientierte Datenübertragung bis 9,6 kbit/s; Quittierung möglich,
- Gruppenverbindung,
- Verschlüsselung, Authentikation, Paßwort,
- geschlossene Benutzergruppen,

- Mailbox.

Die Netzstruktur ist der des GSM sehr ähnlich. Die BS (Basisstationen) versorgen die Funkzellen. Eine mehr oder weniger große Anzahl von BS werden durch eine ACC (Area Communication Controller) gesteuert. Über das darin enthaltene RNG (Radio Network Gateway) besteht die Verbindung zum Festnetz (Datex-P) über das X.25-Protokoll, wo auch das HLR und VLR (Kapitel 4) angebunden ist. Das RNC (Radio Network Controller) übernimmt die Aufgaben der Protokoll-Konvertierung von X.25 zu RD-LAP und zurück, Routingfunktionen, Fehlermeldung und Roamingunterstützung. Die gesamte Steuerung des Netzes erfolgt über das NMC (Network Management Controller). Es gibt verschiedene Möglichkeiten Daten auszutauschen. Die einfachste ist das Messaging, womit ein sehr schneller und flexibler Datenaustausch möglich ist. Weitere Möglichkeiten sind die Verbindung von einem X.25-Rechner zum Portable oder umgekehrt und der Gruppenruf von einem X.25-Terminal an mehrere Portables. Bei Nichterreichbarkeit schaltet sich automatisch die Mailbox ein.

Von der GFD (Gesellschaft für Datenfunk (RWE, Mannesmann, Deutsche Bank)) wird seit 1995 die von Ericsson entwickelte Mobitex-Technik eingesetzt. Der Aufbau ist dem von MODACOM sehr ähnlich. Das MOX (Mobitex Exchange Area) übernimmt die Aufgaben des RNG und das MHX (Mobitex Main Exchange) die des RNC. Die Daten lassen sich auch hier in einer Mailbox zwischenspeichern. Darüber hinaus kann das Mobitex-System auch zur Sprachübertragung eingesetzt werden. Der Leistungsbereich ist ähnlich dem GSM dynamisch geregelt.

| | MODACOM | Mobitex |
|-------------------|---|--|
| Frequenzbereich | Up-Link: 416-417 MHz Down-Link: 426-427 MHz | 450 und 900 MHz-Bereich |
| Kanalabstand | 12,5 kHz mit 30 Kanälen, einige hundert Terminals pro Kanal | |
| Luftschnittstelle | Motorola-Standard RD-LAP | Ericson-Standard ROSI (Radio Signaling) |
| Modulation | FDMA/FSK | GMSK mit BT = 0,3 |
| Sendeleistung | BS: 6-25 W MS: max. 6 W | MS: 100 mW bis 10 W |
| Kanalzugriff | Slotted DSMA (Digital Sens Multiple Access) | R-ALOHA |
| Datenübertragung | paketorientiert bis 9,6 kbit/s, Quittierung der fehlerfreien Übertragung, Trellis Code, CRC Checksumme, $BER \leq 10^{-8}$, max. Paketgröße 512 Byte | paketorientiert bis 8 kbit/s (Bruttorate), Quittierung mit selektivem ARQ, Hamming Code, 16 Bit CRC, Paketgröße 512 Byte |
| Zellradius | 5-10 km | |

Mit dem Bündelfunksystem TETRA werden nach und nach die alten Betriebsfunksysteme abgelöst. Das besondere an diesem System ist das direkte Sprechen zwischen zwei Handgeräten und der Einsatz eines Handgerätes als Repeater zur nächsten Basisstation. Über TETRA lassen sich sowohl Sprache als auch Daten in relativ guter Qualität übertragen, Gruppenrufe und geschlossenen Benutzergruppen realisieren. Es ist das erste Bündelfunknetz, das über Länder- und Staatsgrenzen hinweg ohne große Anpassungsprobleme einsetzbar ist.

3.4.1. Spezifikationen IEEE 802.11

Der IEEE 802.11-Standard für drahtlose LAN's wird trotz der Festlegung im Juni 1996 immer weiterentwickelt. Die ersten Versuche einen Standard festzulegen gehen auf das Jahr 1990 zurück, wo eine bei der IEEE eine Arbeitsgruppe gebildet wurde, die sich mit der mobilen Vernetzung von PC's beschäftigen sollte. Von der ETSI in Europa und der FCC in den USA wurden verschiedene Frequenzen mit unterschiedlichen Bandbreiten dafür freigegeben. Die heute eingesetzten Geräte arbeiten im 900 MHz und 2,4 GHz Frequenzband, wobei das lizenzfreie 2,4 GHz Band mit Datenraten von 1 und 2 Mbit/s, von der IEEE spezifiziert wurde. Im Standard wird nicht die Technologie oder Implementierung festgelegt, sondern vielmehr der PHY-Layer und der MAC-Layer beschrieben.

Im 802.11-Standard werden zwei Netzwerktypen definiert: Ad-Hoc-Netzwerk und Client/Server-Netzwerk. Das Ad-Hoc-Netzwerk ist ein einfacher Verbund von MS (Mobile Station) in einem kleineren Umkreis ohne die Benutzung eines Servers oder Access-Points. Jede MS muß dabei die Verbindung beobachten, so daß alle den gleichen Zugriff auf das Medium haben. Im Protokoll sind Entscheidungsmöglichkeiten implementiert, die jeder MS eine maximale Verfügbarkeit garantieren. Die Leistungswerte wurden so definiert, daß die EMV-Vorschriften (Elektro magnetische Verträglichkeit) eingehalten werden. In Europa ist ETSI zuständig und hat dies in den Dokumenten ETS 300-328 und ETS 300-339 festgehalten.

In einem Client/Server-Netzwerk kontrolliert ein Access-Point die Übertragungszeit aller MS und ermöglicht ihnen das Bewegen von einer Zelle zur nächsten. Im Access-Point wird der Datenverkehr zwischen MS und dem Backbone des Netzwerkes verwaltet. Der Access-Point entspricht der MSC (Mobile Switching Center) im GSM. Dieses Arrangement ermöglicht eine Punktkoordination aller MS in einem Gebiet und sichert die richtige Handhabung des Datenverkehrs.

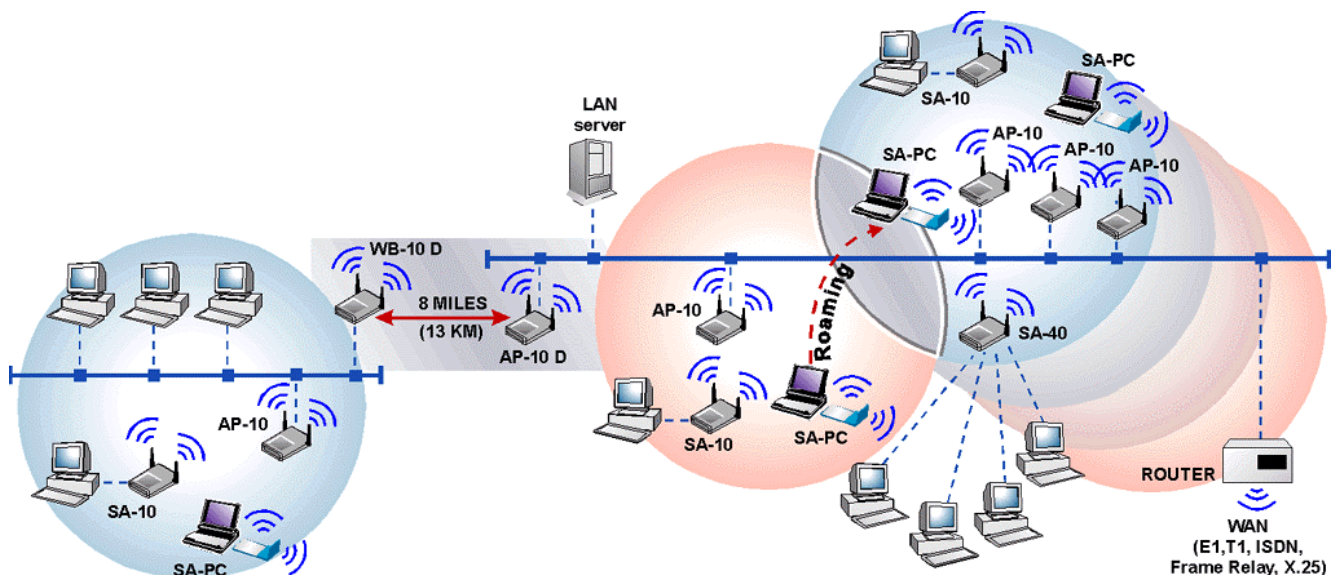


Abbildung 3.4-1 Prinzip eines Wireless LAN [Fa. Breezecom Inc.]

AP-XX - Access Point
 SA-XX - Station Adapter
 WB-XX - Ethernet Bridge

Im Bild ist ein komplettes drahtloses Netzwerk dargestellt, mit allen Möglichkeiten die der Standard bis heute bietet. Man kann sich mit dem Laptop von Zelle zu Zelle bewegen, ohne daß die Datenübertragung unterbrochen wird, beim Wechsel des Access Points findet dabei auch noch ein Roaming statt. Mit großen Außenantennen können zwischen speziellen Access Points bis zu 30 km erreicht werden.

Physical Layer

Im Physical-Layer wird die Modulation und Signalcharakteristik für die Übertragung definiert. Es werden zwei Radio-Frequenz- und eine Infrarot-Methode unterstützt. Übertragungen im RF-Band erfolgen im Spread Spektrum-Verfahren, wobei die für das 2,4 GHz Band standardisierten DSSS- oder FHSS-Verfahren eingesetzt werden. Beide benutzen eine Bandbreite von 83 MHz von 2,4 GHz bis 2,483 GHz. Im Direct Sequence-Verfahren wird die Modulation mittels DBPSK (Differential Binary Shift Keying) oder DQPSK (Differential Quadrature Shift Keying) vorgenommen, die Datenrate beträgt 1 und 2 Mbit/s. Das Frequency Hopping-Verfahren benutzt das 2-4 fache GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying) mit einer Datenrate von 1 Mbit/s. Die maximale Leistung ist in den Ländern unterschiedlich definiert: USA - 1W, Europa - 100mW, Japan - 10mW/MHz. Dies resultiert aus den unterschiedlichen Frequenzen, die in den Ländern benutzt werden. Die Wahl des Übertragungsstandards nach FHSS oder DSSS hängt von einer Vielzahl von Faktoren der Anwendungen des Benutzers und der Umgebung des Einsatzes des Systems ab.

| Untere Grenze | Obere Grenze | Regulärer Bereich | Geographie |
|---------------|--------------|---------------------|--------------|
| 2,402 GHz | 2,480 GHz | 2,400 - 2,4835 GHz | Nord America |
| 2,402 GHz | 2,480 GHz | 2,400 - 2,4835 GHz | Europa |
| 2,473 GHz | 2,495 GHz | 2,471 - 2,497 GHz | Japan |
| 2,447 GHz | 2,473 GHz | 2,445 - 2,475 GHz | Spanien |
| 2,448 GHz | 2,482 GHz | 2,4465 - 2,4835 GHz | Frankreich |

Der Infrarotsysteme sind spezifiziert von 850 bis 950 nm Band mit einer maximalen Leistung von 2 W. Die Modulation erfolgt im 4 oder 16 fach Pulse-Positions-Verfahren. Der Physical-Layer unterstützt Datenraten von 1 und 2 Mbit/s.

Der DSSS-Physical-Layer benutzt die 11-Bit Barker Sequenz zum Modulieren der Daten, d.h. jedes Bit wird in einen 11-Bit-Code umgewandelt. Alle IEEE 802.11 konformen Produkte benutzen den selben Code.

Im FHSS-Physical-Layer stehen 22 Hop Pattern (Sprungmuster) zur Auswahl. Im vorgegebenen ISM-Band von 2,4 GHz stehen 79 Kanäle mit je 1 MHz zur Verfügung. Der Rest zur definierten 83 MHz Bandbreite wird als Sicherheit auf die einzelnen Kanäle aufgeteilt. Die minimale Sprungrate (Hop Rate) muß von den Regulierungsbehörden der einzelnen Länder festgelegt werden. In den USA gilt eine Mindestsprungrate von 2,5 Hops/s.

Jeder Physical-Layer benutzt seinen eigenen Header zum Synchronisieren des Empfängers und zum Bestimmen, welche Signalmodulation und Datenpacketlänge vorliegt. Die Physical-Layer-Header werden immer mit 1 Mbit/s übertragen. Vordefinierte Felder im Header könne als Option die Datenrate auf 2 Mbit/s für die aktuellen Datenpakete anheben.

MAC-Layer

Die MAC-Layer-Spezifikation ist ähnlich der des drahtgebunden Ethernet's (IEEE 802.3). Es wird das CSMA/CA-Zugriffsverfahren (Kapitel 2.6.4) verwendet, um in drahtlosen

Systemen eine Kollisionserkennung durchführen zu können. MAC-Layer und Physical-Layer arbeiten bei der Energieverteilung für die Übertragung eng zusammen. Der Physical-Layer benutzt ein Clear Channel Assessment (CCA) Algorithmus zum Detektieren eines freien Kanals. Dieser ist in der Lage, die Energie an der Antenne zu messen und die Stärke des Signals zu detektieren, dieses Signal wird häufig als RSSI bezeichnet. Unterschreitet die gemessene Signalspannung einen bestimmten Schwellwert, dann wird der Kanal als frei erkannt und der MAC-Layer setzt den Kanal-Status als frei. Liegt die Signalspannung über dem Schwellwert, so wird der Datentransfer in Übereinstimmung mit den Protokollregeln aufgeschoben. Nach dem Detektieren eines freien Kanals beginnt die Übertragung nach dem CSMA/CA-Verfahren.

Die Datensicherheit ist durch eine komplexe Verschlüsselungstechnik, bekannt als WEP (Wired Equivalent Privacy Algorithm), ermöglicht. WEP basiert auf der Sicherung der zu übertragenen Daten unter Verwendung eines 64-Bit-Schlüssels und dem RC4 Verschlüsselungsalgorithmus. WEP verschlüsselt nur das Datenpaket und nicht die Header-Informationen des Physical-Layer, so daß die anderen Stationen die Kontrolldaten mithören können und das Netzwerk verwaltet werden kann. Weitere Sicherheitsfunktionen sind im Standard als Option mit vorgesehen.

Für Anwendungen in Laptops oder anderen Mobilgeräten, die auf Batteriebasis arbeiten, verfügt der MAC-Layer über ein Powermanagement. Im Protokoll sind außerdem Vorkehrungen getroffen, daß die Station für eine bestimmte Zeit, die von der BS bestimmt wird, in den Sleep-Mode geht.

3.4.2. Beispiele für drahtlose LAN's

Der Standard bildet eine Grundlage die jeder Zeit erweitert werden kann und soll. Es werden Definitionen folgen, die eine höhere Datenrate und höhere Frequenzbänder festlegen.

DECT - Digital European Cordless Telephone

Eine der bekanntesten ist in Europa DECT-Standard, der von der ETSI entwickelt wurde. Dieser Standard ist für die Kommunikation mit tragbaren Geräten in Gebäuden gedacht, die Reichweite beträgt ca. 100 Meter. Das im 1,9 GHz-Bereich betriebene System ist hauptsächlich auf die Übertragung von Sprache ausgerichtet, was auf die beteiligten Firmen und Behörden der einzelnen Länder zurückzuführen ist.

Das DECT-System hat eine Kapazität von 10 Kanälen mit je 12 gleichzeitig aktive Terminals. Jede DECT-Zelle erhält eine Frequenz zugeteilt, der Durchmesser beträgt 25 Meter. Die Kontrolle übernimmt ein Fixed-Part, der über ein Kabel mit einem Backbone verbunden ist. Er teilt den Portables die Ressourcen zu. Diese können sich von Zelle zu Zelle bewegen und werden dabei transparent weitergereicht.

Ein LAN-System auf DECT-Basis wurde von Olivetti entwickelt. Die Übertragungsrate beträgt unverschlüsselt 768 kbit/s, bei Verschlüsselung sind maximal 614 kbit/s übertragbar. Bei gleichzeitiger Sprachübertragung sinkt die Datenrate ab.

Arlan - Funknetz

Arlan-Funknetze benutzen das DSSS oder das FHSS mit einer Leistungsrate von 2 Mbit/s pro Kanal. Beim DSSS sind 5 Funkkanäle und beim FHSS 79 Hop-Kanäle verfügbar. Die Sendeleistung beträgt 100mW bei einer Reichweite innerhalb von Gebäuden von 150 Metern mit einer typischen Zellgröße von 4500 m². In Außenanlagen sind 300 m und bei Sichtverbindung der Antennen bis zu 4 km erreichbar. Im Frequenzband von 2,4 GHz bis 2,4835 GHz können maximal 2048 Client-Stationen verwaltet werden. Die Funkkapazität

ist je nach eingesetztem Übertragungsverfahren auch unterschiedlich. Im DSSS beträgt die maximale Funkkapazität 6 Mbit/s (3 Kanäle mit je 2 Mbit/s). Mit dem FHSS-Verfahren können maximal 10 Mbit/s übertragen werden. Der Betrieb nach ETS 300 328 (Europäisches Standardsystem) ist Lizenz-, Anmelde- und Gebührenfrei. Durch die geringe Sendeleistung werden auch alle bisher gültigen Richtlinien für Personenschutz bei Funkausbreitung (EMVU) eingehalten. Die Feldstärke- und Leistungsflußwerte liegen noch weit unterhalb der DIN VDE 0848 Grenzwerte.

Installationsbeispiel von Breezcom auf dem Wiener Flughafen

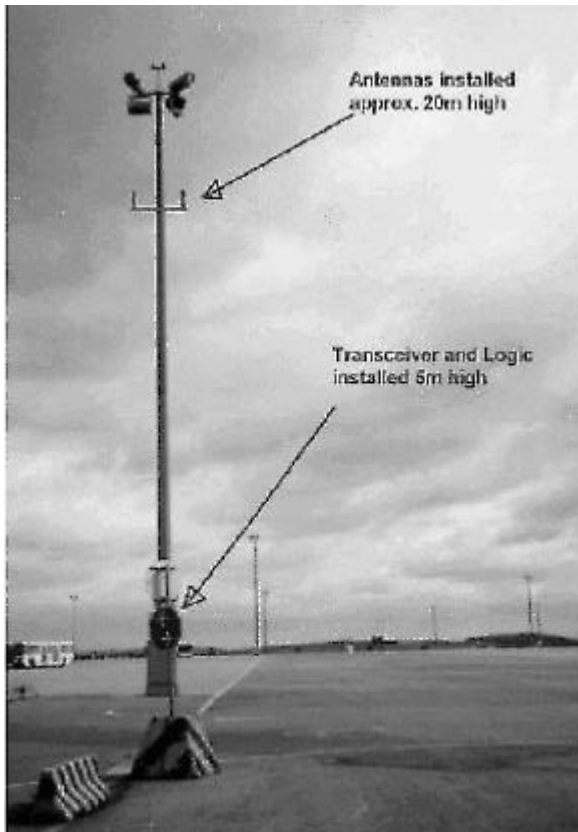


Abbildung 3.4-2 Antenne Wiener Flughafen

Auf dem Wiener Flughafen wurde ein drahtloses Netzwerk installiert, das auf dem IEEE 802.11-Standard beruht. Es wurden verschiedene Access Points installiert, einige auf den Dächern, andere an 20 m hohen Masten und in einigen Fahrzeugen der Flugwacht und Rettungsmannschaften. Unter idealen Bedingungen ist eine Verbindung über 3 km möglich. Die Übertragungsrate liegt bei maximal 3 Mbit/s und stuft sich bei schlechtem Signal auf 2 oder 1 Mbit/s selbsttätig herunter. Die Fahrzeuge wurden mit IBM-ThinkPads und PCMCIA-Karten ausgestattet, so dass eine direkte Kommunikation vom Flugfeld via PC mit den Leitstellen möglich ist. Da nicht das gesamte Flugfeld abgedeckt werden konnte und es Funkschatten gab, mußte am Laptop eine Feldstärkeanzeige installiert werden. Quelle: <http://www.breezcom.com/>

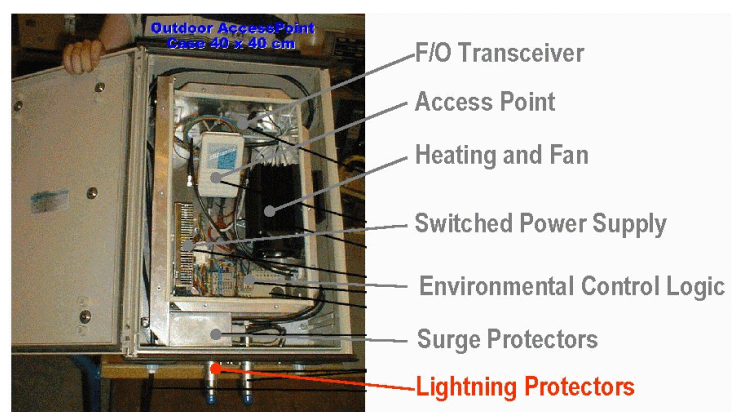


Abbildung 3.4-3 Steuerungseinheit an Außenantenne

4. GSM - Netz

GSM (Global System for Mobile Communications) ist im Wesentlichen nur eine Spezifikation (quasi Standard) von Funktionsentscheidungen eines kompletten Mobilfunksystems und dessen Schnittstellen nach außen. Das System wurde seit Anfang

der 80er Jahre von der CEPT (Conferenz European des Administrations des Postes et des Telecommunications), später ETSI, entwickelt, und sollte folgende Aufgaben umfassen:

- Beweglichkeit über Landesgrenzen
- Ökonomisches ausnutzen der Frequenzressourcen
- Kompatibilität mit ISDN
- Informationssicherheit
- Zusätzliche Daten- und Servicedienste.

Durch die gute Ausarbeitung des Standards fand es nach dem offiziellen Start 1992 in Europa und der ganzen Welt große Anerkennung.

Durch die sehr gute Standardisierung können die Komponenten der verschiedenen Hersteller ohne Probleme miteinander kombiniert werden, wobei dennoch genug Spielraum für eigenen Ideen und Verbesserungen bleibt. Die MS (Mobil Stationen), die in einem GSM-Netz zugelassen wurden, sind überall auf der Welt einsetzbar. Im GSM-Netz werden vier Hauptarten von Diensten angeboten:

Bearer Service (Trägerdienste): sind reine Transportdienste und sind in den Schichten 1-3 des OSI-Modells angesiedelt. Folgende Dienste sind enthalten:

- Leitungsvermittelte Datenübertragung, duplex, asynchron, bis 9600 bit/s,
- Zugang zu PAD (Paketier-/Depaketierung) eines paketvermittelten Datennetzes (Datex-P); bis 9600 bit/s,
- Leitungsvermittelte Datenübertragung, duplex, synchron, bis 9600 bit/s,
- Sprache auch gefolgt von Daten,
- 12 kbit/s digitale Datenübertragung.

Teleservices üben Einfluß auf die Benutzerschnittstelle aus und umfassen die Schichten 4-7 des OSI-Modells und basieren auf den Bearer Service. Die Dienste werden noch in essential (E1, E2, E3), additional (A), und further study (FS) unterteilt. Es sind:

- Telefondienste (E1),
- Telefondienst mit Notruf (E1) (europaweit 112), funktioniert ohne SIM-Karte, Verbindungsaufbau erfolgt automatisch und mit sehr hoher Priorität,
- Kurznachrichtendienste (E1, A, FS) (SMS - Short Message Service), max. 160 alphanumerische Zeichen,
- Telefax Gruppe 3 (E2), etc.

verfügbar.

Supplementary Services oder Zusatzdienste setzen auf den beiden vorherigen Diensten auf. Es sind viele ISDN-Merkmale eingebunden, die folgenden Umfang haben: Anrufanzeige, Rufumleitung/Rufweiterleitung, Makeln (Hin- und Herschalten zwischen 2 Verbindungen) / Konferenzschaltung, geschlossene Benutzergruppe, gebührenbezogene Zusatzdienste, Sperren von abgehenden und ankommenden Verbindungen, Signalanzeige u.a.

Als letztes können die Betreiber noch eine Reihe von Value Added Services (Mehrwertdiensten) anbieten: kostenlose Hotline, Verkehrsinformationen, Mailbox, Infoservice u.a.

Die GSM-Betreiber bieten auf Grund der Kompatibilität ein internationales Roaming ihrer Teilnehmer an, d.h. jeder Teilnehmer ist mit seiner Landes-, Netz- und Teilnehmerkennzahl (Rufnummer) überall auf der Welt erreichbar.

4.1. Allgemeiner Aufbau

Die Kommunikation im GSM-Netz erfolgt über Funkkanäle in bestimmten Frequenzbändern. Durch die eng begrenzten Frequenzressourcen, werden die Frequenzbereiche in bestimmten räumlichen Abständen wiederholt. Die Bereiche werden Zellen genannt, deren Form im idealisierten Fall hexagonal ist. Jede Zelle bekommt eine bestimmte Anzahl von Frequenzen zugeordnet, benachbarte Zellen erhalten andere Frequenzen, damit es nicht zu Interferenzen kommen kann. Die räumliche Wiederholung von Frequenzen führt zu einer Clusterbildung, wobei eine Gruppe von Zellen, die den ganzen Frequenzbereich abdecken, einen Cluster bilden. Die Größe des Clusters hängt von der Systemkonfiguration ab. Bei GSM-Netzen bilden sieben Zellen einen Cluster (Clustergöße 7). In der Realität ist die Form der Zellen nicht hexagonal. Durch die Bevölkerungsdichte, Bebauung, Landschaftsbeschaffenheit und technische Parameter ergibt sich eine sehr unregelmäßige Form, die eine von der Idealverteilung abweichende Aufteilung der Sendestationen erfordert.

Zwischen der MS (Endgerät des Teilnehmers) und der BS (Base Station), die sich aus BTS (Base Transiver Station) und BSC (Base Station Contoler) zusammensetzt, besteht eine Funkverbindung. Mehrere BS werden in einer oder mehreren MSC (Mobile Switching Centre) zusammengefaßt, die auch die Vermittlungsfunktionen übernehmen. Den MSC's sind mehrere Register zugeordnet (HLR, VLR, AC, EIR). Die MSC steht mit dem Festnetz und dem Betriebs- und Wartungszentrum (OMC - Operatin Maintenance Centre) in Verbindung. Die drei definierten Luftschnittstellen sind das A-Interface, das A_{bis}-Interface und das U_m-Interface. Das auf einer 2 Mbit/s basierte A-Interface zwischen MSC und BSC besteht in der Regel aus 30 mal 64 kbit/s Kanälen, einem 64 kbit/s Signalisierungskanal und einem 64 kbit/s Synchronisationskanal. Das A_{bis}-Interface zwischen BSC und BTS benutzt 64 kbit/s Verbindungen und stellt 16 kbit/s Submultiplexkanäle zur Verfügung. Für die Übertragung benutzt es das ISDN-LAPD-Protokoll. Die eigentliche Luftschnittstelle, das U_m-Interface zwischen BTS und MS wird Kapitel 4.2 näher beschrieben.

Die MSC führt für eine Gruppe von BS die Vermittlungsfunktionen aus, wobei nur 64 kbit/s Verbindungen geschaltet werden. Für den Aufbau und das Betreiben einer Telefonverbindung sind folgende Funktionen notwendig: Prozeduren zur Kommunikation mit anderen Netzen (z.B. PSTN, ISDN) (IWF - Inter Working Function), Prozeduren für das Management der MS (Paging, Registerverwaltung, Steuerung von Handover) und der Zugang über die GMSC (Gateway MSC).

Die MSC's können auf das HLR (Home Location Register) zugreifen, welches aus mehreren räumlich getrennten Registern bestehen kann. Das HLR enthält statische und temporäre Basisdaten zum Verwalten der MS's. Statische Parameter sind die International Mobile Subscriber Identity (IMSI) Nummer zum Ermitteln der Berechtigung über sein Authentication Centre (AC), die Rufnummer (MSISDN - Mobile Station ISDN Nummer), vereinbarte Dienste, Authentikationsschlüssel, Prioritäten, etc. Als temporäre Daten bezeichnet man u.a. die Parameter des VLR (Vistor Location Register). Jede Chipkarte eines Teilnehmers ist im HLR registriert und man kann mittels der ISMI oder die MSISDN auf die Daten zugreifen.

Im VLR werden die Daten der MS, die sich im Bereich aufhält, temporär gespeichert. Dadurch wird der nicht verbindungsgebundene Datenverkehr und die Zugriffszeit verringert. Gespeichert werden die MSRN (Mobile Station Roaming Number), die TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity), Daten bzgl. des Dienstprofils und das LA (Location Area) in dem sich die MS aufhält. Die Schnittstelle zwischen den Register wird als Mobile Application Part (MAP) bezeichnet.

Das AC enthält die Algorithmen (A3, A8) für die Zugangssicherung und den Abhörschutz, sowie den Authentifikationsschlüssel für jeden Teilnehmer.

Die Endgeräte sind anhand einer IMEI (International Mobile Equipment Identity) identifizierbar. Die Daten hierzu stehen im EIR (Equipment Identity Register) und können so zum Erkennen von gestohlenen und fehlerhaften Geräten benutzt werden. Alle Daten über die Endgeräte, werden für alle GSM-Betreiber zugänglich, in Dublin im CEIR (Central EIR) gespeichert.

Die BS, auch BSS (Base Station System), setzt sich aus der BTS und BSC zusammen. In der BTS befindet sich der Sender, der Empfänger und die Signalisierungstechnik der Funkschnittstelle. Wichtige Aufgaben der BTS sind die Berechnung des Timing-Advance zur Synchronisation, die Sprachcodierung/Dekodierung und die Ratenadaption für Datendienste. Die beiden letzteren Aufgaben befinden sich in der TRAU (Transcoder/Rate Adapter Unit), die auch für die Ratenumwandlung von 16 kbit/s nach 64 kbit/s zuständig ist.

Die BSC ist eine Minivermittlungsstelle, die die Kontrolle für eine oder mehrere BTS's, das Handover und das Funkverbindungsmanagement hat.

Die MS besteht aus dem Endgerät und der für den Betrieb notwendigen SIM-Karte (Subscriber Identity Module). Alle Daten für die Verschlüsselung, das Teilnehmermanagement und die Zugangskontrolle sind auf der SIM gespeichert.

Die Unterschiede zwischen OSI- und GSM-Schichtenmodell beschränken sich auf die untersten 3 Schichten.

| OSI-Schicht | GSM-Funktionen |
|-------------|--|
| 3 Network | Call Management, Mobilitäts-Management, Radio-Management |
| 2 Data Link | Verwaltung der Signalisierungsverbindungen |
| 1 Physical | Übertragung von Verkehrs- und Signalisierungsdaten, Kanalcodierung, Modulation, usw. |

4.1.1. Sicherheitsfunktionen

Die Sicherheitsmerkmale in einem Funknetz unterscheiden sich wesentlich von denen im Festnetz. Da keine feste, im voraus bekannte, Verbindung zum Teilnehmer besteht, ist eine Authentifikation zum Routing des Benutzers erforderlich (Gebührenerfassung, Rufsignalisierung). Eine Verschlüsselung der Aufenthaltsdaten, der Sprach-, Signalisierungs- und Datenverbindungen ist ebenfalls eine Voraussetzung für die Übertragung.

Die SIM-Karte ist nicht an ein bestimmtes Gerät gebunden, was die Flexibilität und den Austausch von Geräten unkomplizierter gestaltet. Zur Aktivierung ist eine PIN (Personal Identification Number) notwendig, mit der sich der Teilnehmer gegenüber der SIM-Karte identifiziert. Die Karte ist ein kleiner Mikrokontroller, der einen RAM, für die Schlüsselberechnung max. 256 Byte, einen ROM, max. 16 kByte und einen NVM (Non Volatile Memory), max. 8 kByte, enthält. Das NVM enthält alle wichtigen Daten des Teilnehmers: Ki (Identifizierungsschlüssel), IMSI, TMSI, LAI (Location Area Identification), PIN, persönliches Rufnummernverzeichnis, eine Liste ausländischer Mobilfunknetze und SMS-Nachrichten. Das Interface der Karte benutzt 5-6 Kontakte für die Übertragung von max. 9600 bit/s im Halbduplex-Betrieb. Die Übertragungsrate sinkt auf effektiv 3,2 kbit/s, weil zum Datenbyte noch 1 Startbit, 1 Paritätsbit und 2 Stopbits kommen.

Der für die Authentikation benutzte Algorithmus A3 wird vom Netzbetreiber bestimmt und basiert auf einem Challenge-Response-Verfahren. Das Netz generiert eine 128 Bit lange Zufallszahl RAND, die zur MS übertragen wird. Im Netz und in der MS wird mit ihrer Hilfe und dem Ki eine 32 Bit lange Antwort SRES (Signed Response) berechnet. Stimmen SRES vom Netz und Teilnehmer überein, dann ist der Teilnehmer identifiziert. Der Schlüssel Ki wird nie über die Luft übertragen und der A3-Algorithmus ist in der Hardware integriert, dadurch ist ein Knacken des Systems fast unmöglich.

4.2. Luftschnittstelle

Die Luftschnittstelle wird auch als RSS (Radio Sub System) bezeichnet und ist für die Übertragung über den Funkkanal zuständig. Folgende Aufgaben sind definiert: Verkehrs- und Signalisierungskanäle, Vielfachzugriff, Zeitschlitz-/Burstdefinition, Synchronisation, Multiplexen, Leistungsregelung, Handover (HO), Frequenzspringen (FH) und Kanalcodierung. Für das GSM-Netz wurde eine Kombination aus FDMA und TDMA mit 8 Zeitschlitz pro Träger verwendet. Up- und Down-Link sind zeitlich um 3 Zeitschlitz versetzt, was einfachere Endgeräte ermöglicht. Der Up-Link liegt wegen der geringeren Dämpfung auf dem tieferen Frequenzband. Der Kanalabstand hat einen großen Einfluß auf die Übertragungskapazität. Die Tabelle zeigt Parameter für die Luftschnittstelle.

| | |
|-----------------------|--|
| Frequenzbereich | Up-Link (MS->BS): 890-915 MHz Down-Link (BS->MS): 935-960 MHz -> 124 FDMA-Kanäle oder 992 Sprachkanäle |
| HF-Kanalabstand | 200 kHz |
| Duplexabstand | 45 MHz und 1,73 ms (3 Zeitschlitz) |
| TDMA-Rahmen | 8 Zeitschlitz pro Träger, ein Zeitschlitz = 0,577 ms = 156,25 Bitperioden bei Halfrate 16 Verbindungen pro Träger |
| Zugriffsverfahren | FDAM/TDMA |
| Übertragungsverfahren | GMSK-Modulation, Übertragungsrate 270,8 kbit/s, Bruttorate 22,8 kbit/s pro Zeitschlitz |
| Equalizer | bis 16 µs Delay Spread zu verarbeiten |
| Frequenzspringen | optional: SFH (Slow Frequency Hopping) mit 217 Sprüngen/s |

4.2.1. Bursts und logische Kanäle

Sprache oder Signalisierungen werden in Paketen mit einer fest vorgegebenen Struktur, sog. Bursts, während der Zeitschlitz übertragen. Die Länge ist immer gleich und beträgt 156,25 Bit. Es werden 5 Typen von Bursts unterschieden: normal Burst, frequency correction burst, synchronisation burst, dummy burst und access burst. Laufende Verbindungen werden im normal Burst abgewickelt. Die Sendeleistung wird dabei innerhalb von 28 µs in einer genau festgelegten Zeitmaske um bis zu 70 dB geregelt. Dies gilt in allen Bursts mit Ausnahme vom Access Burst. Die Zeitmaske muß eingehalten werden, da sonst die Nachbarkanäle gestört werden.

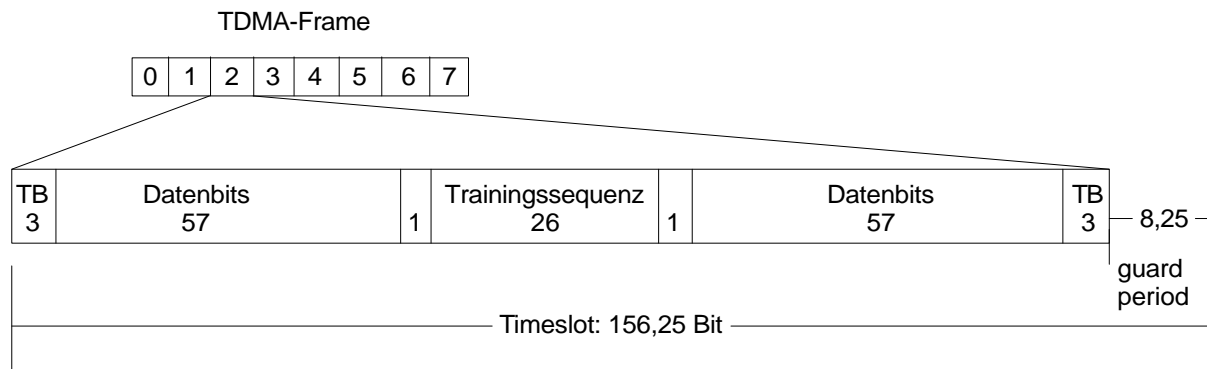


Abbildung 4.2-1 Normal Burst mit TDMA-Frame

Durch Codierung, Schutzabstände und Trainingssequenzen stehen nur rund 37% (57 Bit) der 156,25 Bit für Nutzdaten zur Verfügung. Die Trainingssequenz (TS) und die beiden Tail Bits (TB) dienen zur bitgenauen Synchronisation der Bursts und zum Abschätzen der Kanalimpulsantwort. Das Flag Bit vor und hinter der TS gibt an ob es sich um Nutz- oder Signalisierungsbits handelt. Die guard period wird für den Ausgleich bei einem ungenauen Burst-Sendezeitpunkt, der Laufzeitschwankungen von bewegten MS und das Einhalten der Zeitmasken benötigt.

Neben der Aufteilung in Verkehrskanäle TCH (Traffic Channel) und Signalisierungskanäle CCH (Control Channel), werden die CCH noch in BCCH (Broadcast Control Channel), CCCH (Common Control Channel) und DCCH (Dedicated Control Channel) aufgeteilt.

Der BCCH vermittelt der MS folgende Informationen: Konfiguration der CCH, Frequenzzuweisungen an der BS, Lage des BCCH in Nachbarzellen, Funkkriterien zur Zellenauswahl und optionale Informationen über Frequenzspringen, Sprachaktivitätsauswertung und Leistungsregelung. Der BCCH besteht aus 51 TDMA-Rahmen (Multirahmen) und wird in dem nullten Zeitschlitz eines Trägers ohne Leistungsregelung und Frequenzspringen übertragen, dadurch haben die MS die Möglichkeit, den Träger in Nachbar BS abzuhören und z.B. bei zu kleinem Empfangspegel ein HO zu veranlassen. Der CCCH wird für den Verbindungsaufbau benötigt und der DCCH erfüllt Funktionen der Signalisierung und der Übertragung von Meßwerten.

Die Übertragung der vielen logischen Kanäle (TCH, CCH) erfolgt über die Burst im Zeitschlitz alle 4,615 ms. Die logischen Kanäle werden in einer von 5 Varianten auf die Zeitschlitz gemultiplext.

Die Bursts werden zur logischen Strukturierung der Übertragung in Frames organisiert. Zur Sprach- und Datenübertragung werden 26 TDMA-Frames zu einem „26 Multiframe“ von 120 ms Länge zusammengefaßt. Der TDMA-Frame beinhaltet keine Nutzdaten sondern den SACCH (Slow Associated Control Channel). Der „51 Multiframe“ bestehend aus 51 TDMA-Frames (235 ms Länge) und dient ausschließlich der Signalisierung. Er besteht nur aus CCH-Kanälen. Ein Superframe besteht aus 51 „26 Multiframes“ oder 26 „51 Multiframes“ von einer Länge von 6,12s. Die gebildeten Superframes werden zu Hyperframes zusammengefaßt, wobei 2048 Superframes 1 Hyperframe bilden, der eine Länge von 3h28min53,76s hat. Im Laufe einer Verbindung kann zwischen TCH und CCH hin und her geschaltet werden.

4.2.2. Handover

Handover (HO) nennt man die Übergabe der Verbindung, wenn sich eine MS in eine Nachbarzelle bewegt, die Interferenzen minimiert werden, die Teilnehmerkapazität besser gesteuert oder die Verbindungsqualität erhöht werden kann. Ein HO kann von einer MS

angefordert oder von einer BSC angeordnet werden. Man kann grundsätzlich zwei HO unterscheiden. Ein Intrazell-HO, z.B. zur Minimierung der Interferenzen in Nachbarzellen, unterscheidet sich nur auf der Luftschnittstelle innerhalb einer Zelle.

Muß ein Interzell-HO eingeleitet werden, dann wird nochmals zwischen drei Fällen unterscheiden:

- Die neue Zelle gehört zur gleichen BSC. (Interzell-HO).
- Die neue Zelle befindet sich an einer anderen BSC (Inter-BSC-HO), dann muß die MSC eingebunden und von ihr aus ein neuer Verbindungsweg aufgebaut werden.
- Die neue Zelle gehört zu einer neuen MSC (Inter-MSC-HO). Dies ist der aufwendigste Fall, der auftreten kann, denn jetzt muß eine Festnetzverbindung, über ein möglicherweise nicht dem Netz-Betreiber gehörendes Netz, aufgebaut werden.

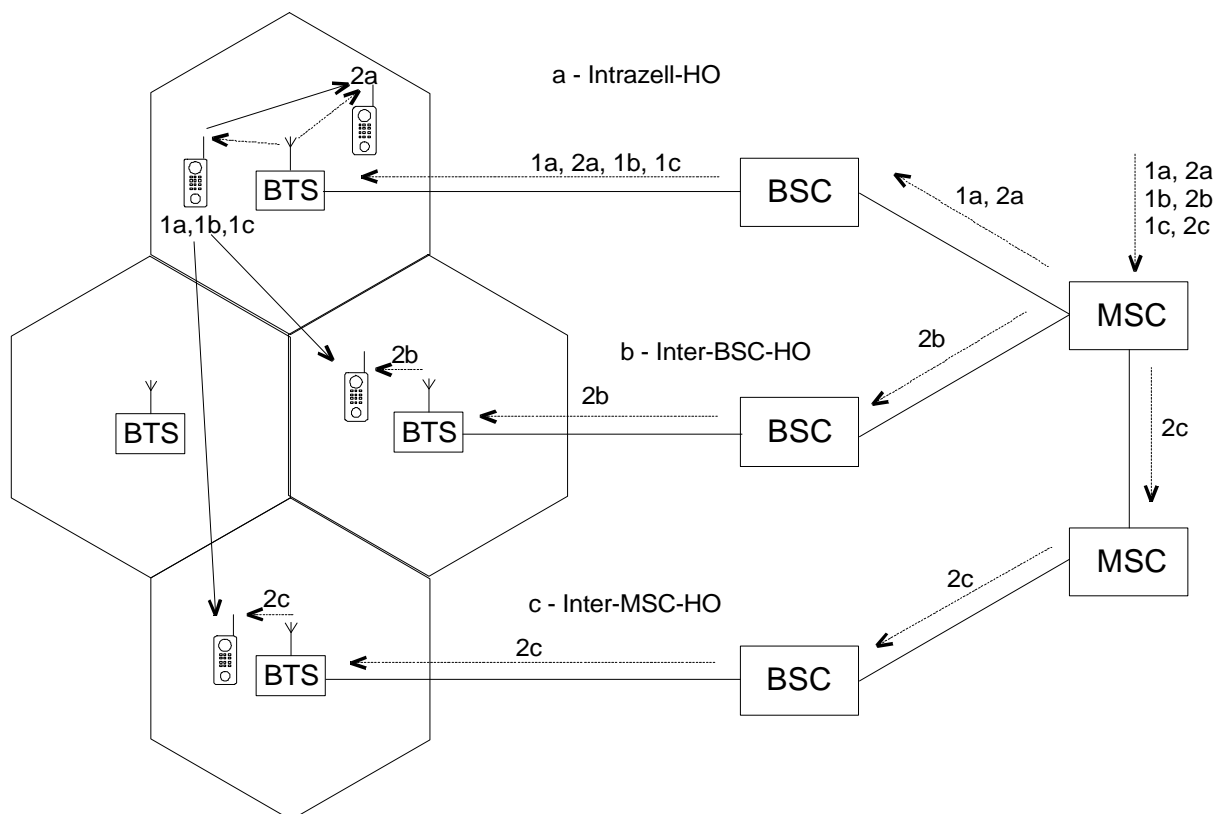


Abbildung 4.2-2 Verbindungswege beim Handover

In allen Fällen bleibt aber der alte Weg so lange bestehen, bis der Neue richtig aufgebaut ist und die Verbindung übernommen hat.

Um eine Handoverentscheidung zu fällen, benötigen die beteiligten Geräte verschiedene Meßwerte (Uplink: RXLEV_U, RXQUAL_U; Downlink: RXLEV_D, RXQUAL_D). Beim GSM erhält man auch Auskunft über die Entfernung (DISTANCE). Die MS mißt ständig die Empfangsfeldstärke der BCCH's und überträgt die Meßwerte alle 480 ms mittels des SACCH an die BS. Dazu erfolgen von der BTS Interferenzmessungen freier Zeitschlitze innerhalb der Zelle und in den zukünftigen Zellen. Über das Q&M (Quality & Management) Center liegen Angaben über die Verkehrsdichte vor. Ein HO-Prozeß kann von der MS oder dem Netz initiiert werden. Für das HO sind nur grundlegende Anforderungen spezifiziert:

- HO muß innerhalb einer Sekunde abgeschlossen sein
- bei einem Fehler erfolgt ein HO zurück zur alten BS oder in der BS mit dem stärksten BCCH wird innerhalb von 4-8 Sekunden eine Verbindungsreaktivierung durchgeführt.

Die Empfangsschwellen (RXLEV_MIN) können verschoben und so die Zellengröße variiert werden, z.B. um Verkehrslasten besser abzufangen. Die Empfangsschwellen zum Abgeben oder Übernehmen einer Verbindung in den benachbarten Zellen müssen eine Hysterese aufweisen, da es ansonsten zu einem Ping-Pong-Effekt kommen kann. Dabei wird ständig ein HO durchgeführt, was zu einer hohen Verkehrslast und einer Verschlechterung der Verbindung führen würde. Die Synchronisation hat einen wesentlichen Einfluß auf die Geschwindigkeit des HO. Daher ist es günstig, wenn das Timing Advance der nächsten BS schon vor dem HO bekannt ist. In diesem Fall muß nicht erst wieder die Synchronisation durch einen Access Burst wieder hergestellt werden.

4.3. Beispiel einer GSM-Einbindung

Die Entwicklung in der Datenübertragungstechnik ist so rasant, daß viele Anwender mittels GSM-Handy oder Mobilmodem plus Laptop Zugriff auf die Firmendaten haben möchten.

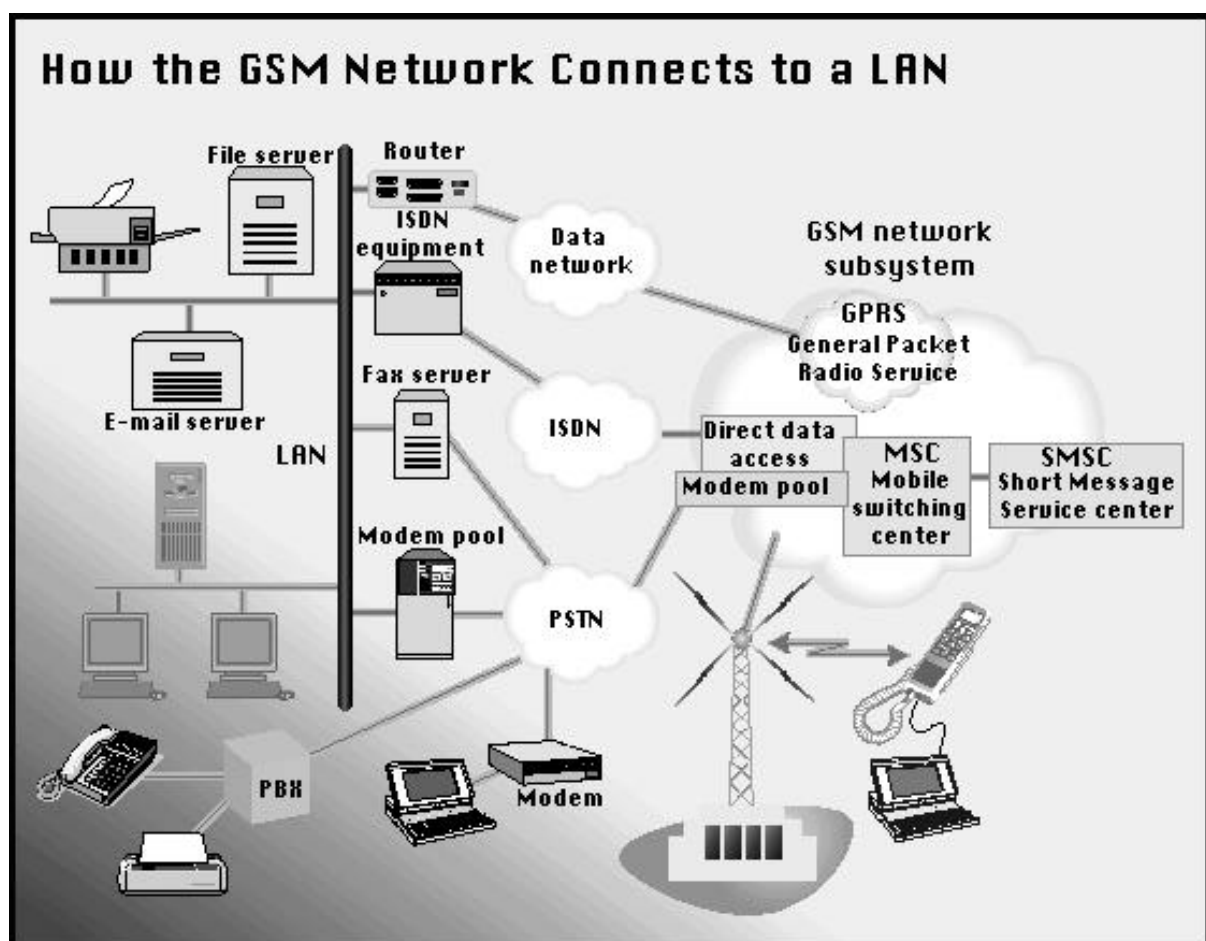


Abbildung 4.3-1 GSM-Einbindung

Die MSC eines GSM-Netzes ist direkt an die PSTN (Public Switch Telephone Network) angeschlossen und der Modempool des GSM-Netzes überträgt die Daten über das Telephone-Netz zum Modempool des Daten-Netzes der Firma. Diese Art der Verbindung ist allgegenwärtig, aber die Modulation/Demodulation ist nicht die beste Methode. Um die Modulation zu umgehen, nutzen alle digitalen Entwicklungen die GSM/ISDN-Schnittstelle. In näherer Zukunft werden einige Internet-Service-Provider mit GSM-Providern kooperieren, um den Kunden einen direkten Internetzugang mit ISDN-Raten über das GSM-Netz anzubieten.

Die GPRS (General Packet Radio Service) Daten-Paket-Technologie, die sehr geeignet ist den explodierenden Datenmengen zu bewältigen, benötigt noch ca. zwei Jahre für ihre Einsatzreife. In der Zwischenzeit werden GSM-Kunden mit PCA (Personal Communication Application) ähnlicher Funktionalität über das SMS vorlieb nehmen müssen. SMS ermöglicht das maximale Übertragen von 160 Zeichen pro Sendung in einer sehr niedrigen Datenrate und mit sehr niedriger Priorität im Netz. Die niedrige Priorität kann zu größeren Verzögerungen bei einer hohen Verkehrslast führen. Die Abbildung 4.3-1 zeigt, wie heutzutage das GSM-Netz in das firmeninterne Telefon- und Datennetz einbezogen werden kann.

4.4. GSM-Anwendung in der Schienenverkehrssicherung

Zugbeeinflussungssysteme (ZBS) sind heutzutage in der Eisenbahnsicherungstechnik fest eingebunden und besonders für Hochgeschwindigkeitsverkehr eine unabdingbare Voraussetzung. Es werden bisher zwei Arten von ZBS. Bei der punktförmigen Zugbeeinflussung (PZB) können Daten an bestimmten Punkten (Signalmaße, Weichen, usw.) dem Fahrzeug übermittelt werden. Mit der linienförmigen Zugbeeinflussung (LZB) besteht die Möglichkeit einer kontinuierlichen Übertragung zwischen Strecke und Fahrzeug. Diese Technik wird meist nur auf den Strecken für Hochgeschwindigkeitszüge eingesetzt, da sie wesentlich teurer und aufwendiger ist. Einen Nachteil haben die bisherigen ZBS, sie wurden von den einzelnen europäischen Ländern eigenständig entwickelt und sind deshalb nicht kompatibel zueinander. In Zügen für den grenzüberschreitenden Verkehr müssen meistens alle Systeme der durchfahrenen Länder integriert sein. Für die Vereinfachung des grenzüberschreitenden Verkehrs wurden von der Industrie (Eurosig) und der Users group der Bahnen verschiedene Standardisierungen durchgeführt. In den Spezifikationen wird das künftige europaweit einsetzbare ZBS beschrieben, das auch einen einheitlichen Standard zur Funkzugbeeinflussung (FZB), auf Basis eines GSM-Netzes, bietet. Dadurch können Signale und Verkabellungen weitgehend eingespart werden. Derzeit arbeitet ein Konsortium aus der Siemens Verkehrstechnik und der Fa. Alcatel am Projekt ETCS 2000. Die Entwicklung begann Mitte 1997 auf der Basis der Systemanforderungen SRS 4a und ist die erste Version eines europäischen ZBS. Als erstes sollen zwei Versuchsstrecken (Jüterborg-Halle/Leipzig und Köln-Rhein/Main) mit dem FZB ausgerüstet. Dazu wird jetzt an einem Pflichtenheft gearbeitet, daß die erforderlichen Aufgaben festlegt.

Besondere Aufgaben der Zugsicherung sind das Überwachen der Höchstgeschwindigkeit in jedem Abschnitt, die Regelung der Signale und Schranken. Wird die Höchstgeschwindigkeit überschritten, ein Signal übersehen oder funktioniert eine Schranke nicht, wird eine Zwangsbremse eingeleitet und die entsprechenden Streckeneinrichtungen verständigt.

Funktionsweise

Die FZB arbeitet als Overlay über dem Stellwerk, d.h. das Stellwerk sichert die Schienenstrecke und stellt der FZB diese Informationen zur Verfügung. Die streckenseitigen Komponenten bestehen aus den Funksicherungszentralen (FSZ) und den Balisen im Gleisbett, die als Ortungsreferenzpunkte dienen. Die Fahrzeugeinrichtungen führen auf der Grundlage der Daten der FSZ und der Zugeigenschaftsdaten die Zugüberwachung durch und übermitteln die erfolgten Berechnungen zur FSZ, wo sie wiederum ausgewertet werden. Der Lokführer wird über optische und akustische Elemente

informiert, die von der LZB übernommen wurden und er hat seinerseits Möglichkeiten Informationen in das System einzugeben.

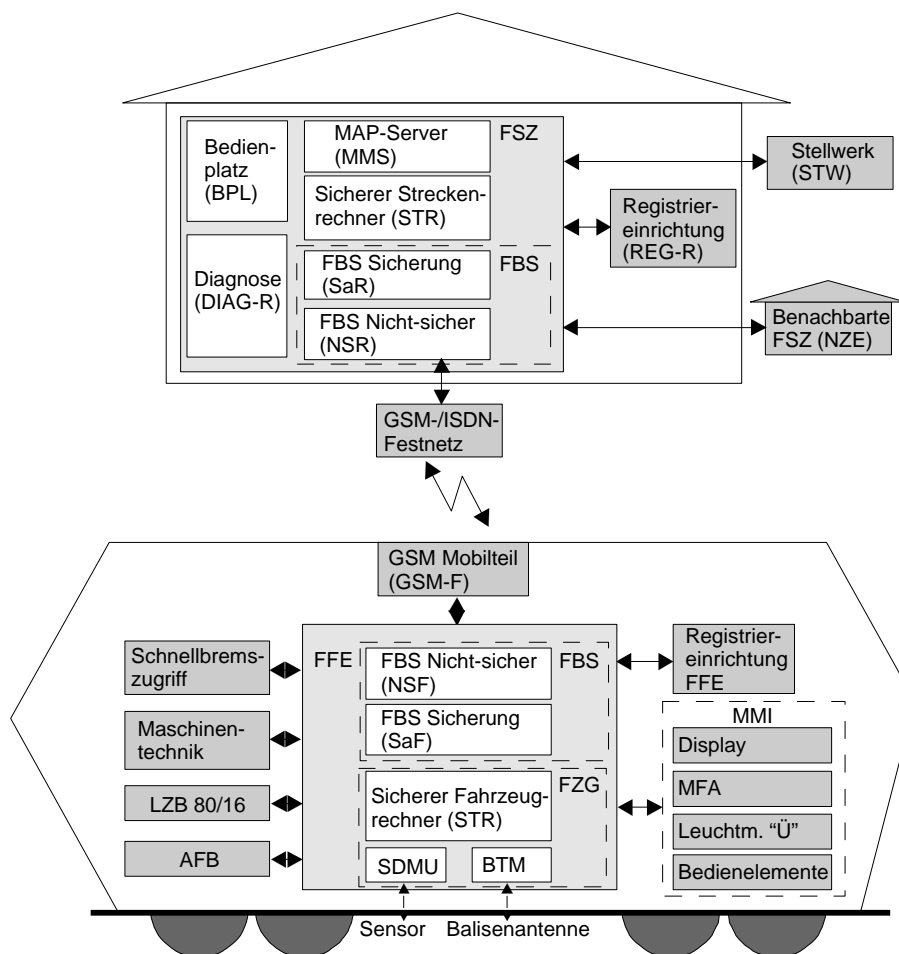


Abbildung 4.4-1 Prinzip der Funkzugbeeinflussung

Die Streckeneigenschaften (Signale, Neigungen, Geschwindigkeiten, usw.) sind im Zentralrechner der FSZ in einer Route-Map hinterlegt und können ständig ergänzt werden (Streckenbauarbeiten, Signalwartungen, usw.). Für jeden Zug wird ein aus vielen Einzelinformationen das individuelle Fahrwegprofil erarbeitet und an Fahrzeugeinrichtungen übertragen. Im Fahrzeug werden dann diese Daten mit den Zugeigenschaften verrechnet und das Fahrprofil inform von Überwachungskurven erstellt. Während der Fahrt werden die Kurven ständig mit dem tatsächlichen Zustand des Zuges verglichen und wenn nötig müssen Sicherheitsfunktionen ausgelöst werden.

Die Verbindung zwischen Streckenzentrale und Fahrzeugeinrichtung wird über das GSM-F-Element im Zug und den Sendeantennen des GSM-Netzes. Als Übertragungsmedium wird ein mit einer besonderen Sicherungsschicht ausgestattetes GSM-R-Netz genutzt. Dadurch ist die Integrität und Authentifizierung der übertragenen Daten ständig gewährleistet, zusätzlich werden vor der Übertragung noch kryptologische Verschlüsselungen eingesetzt, damit keine unbefugte Datenübertragung erfolgen kann und die Fehlersicherung noch exakter ist. Die Mobilteile des Zuges authentifizieren sich genauso wie eine normales Handy im Netz. Dabei werden u.a. Informationen über die zuständige FSZ ausgetauscht. Verläßt ein Zug einen FSZ-Bereich, dann erfolgt ein Handover. Die Art, der Zeitpunkt, die Führungsverantwortung während des HO und der Verbindungsabbau zur alten Zentrale wird zwischen den beiden FZSs ausgehandelt. Wie

die ganzen Funktionen sicher ausgeführt werden können und wie groß das Gebiet einer FSZ sein darf wird in den Pilotprojekten momentan erarbeitet.

5. ATM - Spezifikationen

ATM (Asynchroner Transfer Mode) ist ein paketorientierter Übertragungsmodus, der auf synchronen Zeitvielfach-Multiplexverfahren und dem Einsatz von Zellen fester Länge beruht. Bei dieser Verbindungsart ist keine Quittung erforderlich. Die Informationen werden in Blöcken fester Länge unterteilt und jedem Block wird eine Steuerinformation vorangestellt. Diese Übertragungseinheit wird ATM-Zelle genannt. Beim ATM-Konzept werden ständig ununterbrochene Zellen übertragen. Wenn keine Nutzinformationen vorhanden sind, dann werden speziell gekennzeichnete Leerzellen gesendet. Die Zellen werden zeitlich unabhängig voneinander übertragen und haben so nicht die gleichen

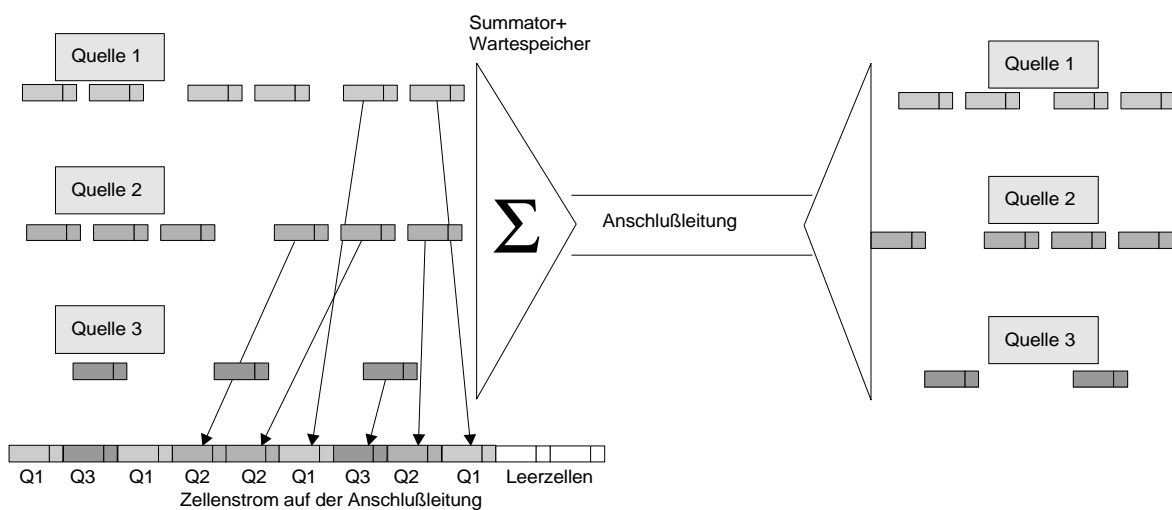


Abbildung 5-1 Multiplexen mehrere Quellen auf einen ATM-Anschluß

zeitlichen Abstände auf der Übertragungsstrecke, dies nennt man asynchron. Durch das Multiplexen ist es möglich, verschiedene Bitströme (64kbit/s, 2Mbit/s, usw.) auf die gleiche Art und Weise zu übertragen. Aus den ankommenden Bitströmen werden ATM-Zellen gebildet, die dann nach Bedarf freie Zeitschlitze auf dem Übertragungskanal belegen, dadurch entsteht eine asynchrone Übertragung. Jede Zelle wird auf die gleiche Art und Weise verarbeitet und ist deshalb für die Verarbeitung aller jetzt bekannten Anwendungen und auch zukünftiger Entwicklungen bestens geeignet.

5.1. Allgemein

Die Übertragung im ATM-Netzwerk wird in virtuellen Kanälen organisiert, wobei mehrere Kanäle einen virtuellen Pfad bilden. In einem physikalisch vorhandenen Breitbandkanal können mehrere virtuelle Pfade enthalten sein. Die Verkehrslenkung entspricht einer Eisenbahnstrecke mit vielen parallel geführten Gleisen. Jedes Gleis entspricht einem Kanal und mehrere Gleise bilden einen Pfad, der zu einem bestimmten Ziel führt. In unregelmäßigen Abständen gibt es Kreuzungspunkte (ATM-VSt), an denen die Kanäle und Pfade, genau wie im Eisenbahnverkehr neu aufgeteilt werden können und auch andere Wege zum gleichen Ziel nehmen. Jeder virtuelle Kanal erhält eine VCI (Virtual Channel Identifier) und jeder virtuelle Pfad eine VPI (Virtual Path Identifier).

Um Endsysteme und Knoten miteinander und untereinander verbinden zu können, wurden zwei verschiedenen Schnittstellen definiert. Die UNI (User Network Interface) dient als Netzzugangs-Schnittstelle und die NNI (Network Network Interface) als Knoten-Knoten-Verbindung. Durch die Unterteilung der ATM-Netze in Private und Öffentliche wurde ein unterteilen in eine private und öffentliche UNI notwendig. Das öffentliche ATM-Netz wird als Breitband-ISDN bezeichnet. Private ATM-Netze können durch öffentliche ATM-Netze miteinander verbunden werden, so als ob es ein einziges Netz ist. Das öffentliche UNI wird bei der Kopplung von privatem und öffentlichem Netz eingesetzt, wohingegen das private UNI zur Verbindung von privatem Netz und Endsistem benutzt wird.

Im ATM-Netz wird keine abschnittsweise Fehlersicherung mehr durchgeführt, dies läßt sich auf die gute Übertragungsqualität der Glasfaser zurückführen. Wenn ein Teilstück einer Übertragungsstrecke ausfällt, dann meldet kein beteiligtes Element diese zurück, um den Fehler zu umgehen. Die Bitfehlerrate liegt bei 10^{-8} bis 10^{-12} . In den Endsysteimen kann eine Fehlerprüfung eingebaut werden. Eine abschnittsweise Flußsteuerung ist auf Grund der hohen Übertragungs- und Paketverarbeitungsgeschwindigkeit nicht möglich. Es findet keine Rückmeldung an die Sendeseite statt. ATM ist eine verbindungsbezogene Übertragungsart. Für die Übermittlung der Pakete wird vorher eine virtuelle Verbindung aufgebaut, die einen oder mehrere virtuelle Pfade und mehrere virtuelle (logische) Kanäle enthält. Die Betriebsmittel bleiben während der ganzen Übertragung erhalten, und werden nach Beendigung der Übertragung wieder freigegeben. Alle Pakete nehmen den selben Übertragungsweg durch diesen Pfad. Zwischen den Stationen werden QoS (Quality of Service) ausgetauscht. QoS enthalten verschiedene Parameter, z.B. die durchschnittliche Zellübertragungsrate, die Spitzenzellrate und die Zellverlustpriorität. Im Netz stehen genug Ressourcen bereit, um Überlastsituationen zu vermeiden und die Daten zwischen zu speichern.

5.2. Das ATM-Schichtenmodell

Das ATM-Referenzmodell ist ähnlich dem OSI-Referenzmodell. Es enthält verschiedenen Säulen (Planes) von Kommunikationsprotokollen.

- U-Plane (Benutzersäule): für die Übertragung der Benutzerinformation, sie entspricht dem ISDN-B-Kanal
- C-Plane (Signalisierungssäule): für die Übertragung der Signalisierungs- und Steuerinformationen, sie entspricht dem ISDN-D-Kanal
- M-Plane (Managementsäule): dient der Übertragung der Managementinformationen.

Die ATM- und AAL-Schicht (ATM-Adaption-Layer) sind speziell für den asynchronen Transfermodus entwickelt worden und nicht im OSI-Referenz-Model enthalten.

Die physikalische Schicht steht in enger Verbindung zum Übertragungsmedium und hat folgende Aufgaben:

- Bitübertragung,
- Erzeugung von Leerzellen, wenn keine Daten zum Übertragen vorliegen; dient zur Erzeugung eines kontinuierlichen Zellenstromes,
- Synchronisation: Erkennung des Zellkopfes und Zellendes, auch wenn eine Zelle z.B. durch zwei SDH-Rahmen übertragen wird,
- HEC-Erzeugung und -Auswertung: Erzeugung von Prüfzeichen im Sender und Behebung von Fehlern im Empfänger und
- Zellengrenzerzeugung.

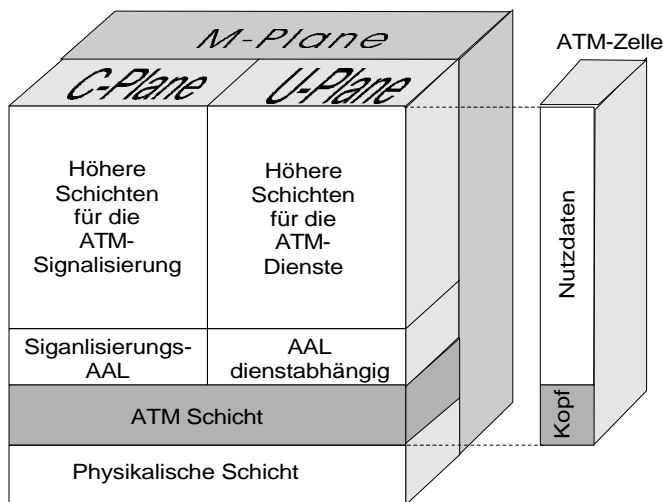


Abbildung 5.2-1 ATM-Schichtenmodell

Man kann die Schicht in zwei Unterschichten (Sublayer) unterteilen, das Physische Medium (PM) und die Übertragungskonvergenz (TC). Der PM-Sublayer ist tatsächlich abhängig vom Übertragungsmedium (optisch, elektrisch, Funk). Diese Unterschicht sicher eine Wiederherstellung des Bit-Timing auf der Empfängerseite. Die TC-Unterschicht beinhaltet im wesentlichen fünf Funktionen. Die erste nach dem Wiederherstellen der Bits ist die Anpassung an das

verwendete Übertragungssystem (SDH-Synchrone Digitale Hierarchie, PDH-Plasynchrone Digitale Hierarchie, FDDI-(Fiber Distributed Data Interface) oder Zellen. Wurden die Zellengrenzen erkannt, kann die HEC-Auswertung beginnen und wenn möglich die Fehler korrigiert werden. Schließlich werden noch OAM (Operation and Maintenance)-Daten mit der Verwaltungsschicht ausgetauscht, die zur Dienstgütesicherung dienen.

In der ATM-Schicht wird die Zelle zur Übertragung erzeugt. Diese Zelle besteht aus einem 5 Byte großen Kopf und dem 48 Byte großen Datenfeld. Eine ATM-Zelle ist immer 53 Byte lang. Sind nicht genügend Daten vorhanden, dann wird der Rest mit Füllzeichen aufgefüllt. Die ATM-Schicht hat folgende Funktionen:

- Fluß- und Zugangskontrolle im Teilnehmerbereich,
- Dienstunabhängiger Transport von ATM-Zellen,
- Adressierung von virtuellen ATM-Verbindungen,
- Multiplex- und Demultiplexfunktionen und
- Fehlerkontrolle im Zellkopf.

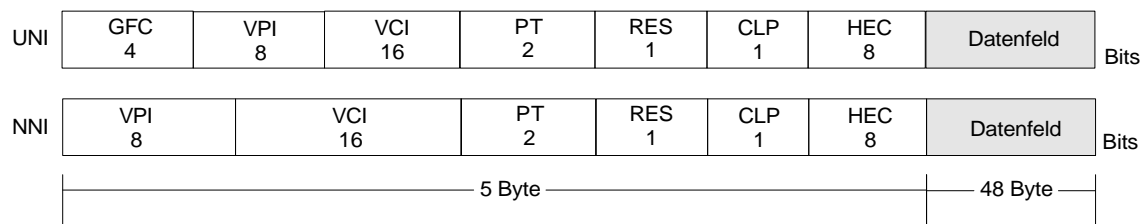


Abbildung 5.2-2 ATM-Zelle

- GFC: Gewährleistung eines geregelten Zuganges verschiedener Endsysteme zum Übertragungsmedium. Sie übernimmt die Verkehrsgestaltung an der UNI und verhindert durch Zugangsbegrenzung, daß das Netz überlastet wird. Endsysteme werden an die in einem Netzlastvertrag geregelten Parameter angepaßt.
- VPI / VCI: Zuordnung der Zellen zu einem virtuellen Kanal und virtuellen Pfad. Es lassen sich bis zu 2^{16} virtuelle (logische) Kanäle definieren und 2^8 oder 2^{12} virtuelle Pfade theoretisch adressieren.

- PT (Nutzlast-Angabe): dient zur Unterscheidung ob die Zellen Nutzdaten oder Managementinformationen enthalten.
- CLP (Verlustprioritäts-Angabe): ermöglicht die Kennzeichnung besonders kritischer Zellen in einer Verbindung. Zellen mit niedriger Priorität (CLP=1) werden in Überlastsituationen zuerst verworfen.
- HEC (Bitfehler-Kontrolle im Zellenkopf): erforderlich zur Verringerung des Zellenverlustes durch Übertragungsfehler. Mittels des HEC-Feldes kann ein Bitfehler entdeckt und korrigiert, mehrere Bitfehler können nur entdeckt werden, diese Zellen werden verworfen.

Die Adressierung über VCI und VPI bringt die Zelle von der Quelle zum Ziel, die Daten von VCI und VPI können sich während der Übertragung in den VSt (Vermittlungsstellen) ändern. Die Fehlerberechnung des durch eine 8-bit-Kombination gebildeten HEC-Feldes entsteht durch die Division des Kopfes (ohne HEC) durch das Generalpolynom x^8+x^2+x+1 .

Die AAL-Schicht (Adaptionsschicht) ist das Bindeglied zwischen der zellorientierten Übertragung der ATM-Schicht und den Nutzdaten. Diese Schicht ist dienstabhängig, wobei die Bitrate der Dienste fest oder variabel sein kann. Es werden Signalisierungs- oder Nutzdaten übertragen. Da das ATM-Netz in der Lage ist verschiedenste Kommunikationsarten (Echtzeitanwendungen bis asynchrone Datenübertragung) zu unterstützen, wurden vier Dienstklassen installiert, die eine Beschreibung vereinfachen.

| Dienstklasse | Klasse A | Klasse B | Klasse C | Klasse D |
|-------------------------------------|-----------------------|----------|--------------------|----------------|
| Synchronisation (zw. Endgeräten) | erforderlich | | nicht erforderlich | |
| Bitrate | konstant | variabel | | |
| Kommunikationsart | verbindungsorientiert | | | verbindungslos |
| Diensttyp | Typ 1 | Typ 2 | Typ 3 / 4 | |
| | | | Typ 5 | |

- Klasse A: PCM-Codierte-Sprachkommunikation, Videokonferenzen
- Klasse B: Videokommunikation mit variabler Bitrate (Multimedia, Abruf bewegter Bilder, Bilddatenbanken)
- Klasse C: verbindungsorientierter Datentransfer
- Klasse D: verbindungsloser Datentransfer, LAN-Verbund, Abruf von Datenbanken

Die AAL-Schicht kann grob in zwei wesentliche Teilschichten getrennt werden. Der SAR (Segmentation and Reassembly Sublayer) hat die Aufgabe, die Nutzdaten auf die Zell-Länge aufzuteilen (Sender) oder die Nutzdaten aus der Zelle wieder zu rekonstruieren (Empfänger). Die CS (Convergence Sublayer) ist dienstabhängig, und kann z.B. die eigene Sicherungsmaßnahmen durch Protokollelemente vornehmen. Für die verschiedenen Diensttypen wird das 48 Byte große Nutzdatenfeld der ATM-Zelle unterteilt (SAR-Segmente):

- Diensttyp 1: 1 bit Convergence Sublayer Inikation (CSI), 3 bit Sequence Number (SN), 4 bit Sequence Number Protection (SNP), 47 byte Datefield,
- Diensttyp 2: 4 bit SN, 4 bit Celltype (CT), 45 Byte Datefield, 6 bit Length Indicator (LI), 10 bit Cyclic Redundancy Check (CRC),

- Diensttyp 3 / 4: 2 bit Segmenttype (ST), 4 bit SN, 10 bit Message Identifier (MID), 44 byte Datefield, 6 bit LI, 10 bit CRC,
- Diensttyp 5: 48 Datefield.

Die unterschiedlichen Diensttypen können parallel auf die AAL-Schicht zugreifen, dazu werden verschiedenen SAP's (Service Access Point) benutzt. Sie haben die gleiche Funktion wie im LAN, wo sie in der LLC-Schicht die Zwischenspeicherung der einzelnen Daten übernehmen, bis diese weiterverarbeitet werden können.

Diensttyp 1

Dienste mit konstanter Übertragungsrate (CBR) erfordern zwischen Sender und Empfänger eine konstante Bitrate auf einer virtuellen Verbindung. Die Nutzdaten müssen vollständig und in der richtigen Reihenfolge empfangen werden, dazu wird eine Zellsequenznummer eingefügt. Wenn mehrere Fehleranzeigen (Timingverlust, Pufferüberlauf, etc.) auftreten, können diese an die Verwaltungsschicht übergeben werden und dann eine Entscheidung zur Übertragungswiederholung erfolgen.

Diensttyp 2

Dieser Diensttyp ist von der ITU-T noch nicht abschließend definiert, da die SAR funktionen enthalten muß, mit der unvollständig gefüllt Zellen trotzdem richtig ausgewerte werden. Unvollständig gefüllt Zellen können durch die variablen Bitraten vom Ursprung entstehen. Die erste und bisher am weitesten geführte Idee ist oben gezeigt. Im Zelltyp-Feld wird der Beginn (BOM), die Fortdauer (COM) oder das Ende (EOM) der Nachricht angezeigt. Das Längen-Feld gibt die Anzahl der zu verwendenden Bytes in teilweise gefüllten Zellen an.

Diensttyp 3 / 4

Für die Übertragung von Daten, die keinen zeitlichen Bezug, aber eine gute Fehlerkorrektur bei Verlust oder Beschädigung benötigen, ist dieser Diensttyp am besten geeignet. Dieser Dienst kann verbindungslos oder verbindungsorientiert erfolgen, wobei nicht alle Funktionen für einen verbindungslosen Dienst erfüllt werden. Für die weitem Funktionen ist die Netzwerkschicht verantwortlich. Es könne zwei Betriebsarten unterschieden werden, der Nachrichtenmodus und der Streamingmodus. Beide Betriebsarten können im gesicherten oder ungesicherten Modus ausgeführt werden. Die SAR-Unterschicht beinhaltet folgende Funktionen:

- Segmentierung und Entsegmentierung von CS-Felder mit variabler Länge,
- Fehlererkennung und
- Multiplexen von mehreren CS-Felder auf den Träger in der ATM-Schicht (VCI/VPI).

Die CS-Teilschicht wird in zwei Teile aufgeteilt: den CPCS (Common Part Convergence Sublayer) als gemeinsame Anpassungsschicht und den SSCS (Service Specific Part Sublayer) als dienstspezifische Anpassungsschicht. Die CPCS Dateneinheit besteht aus einem 4 Byte Header, einem Informationsfeld variabler Länge (max. 65 kbyte) und einem 4 byte Trailer. Die Nutzdaten werden in die CPCS-Dateneinheit verpackt und dann in der SAR-Teilschicht in Segmente zu 44 Byte aufgeteilt.

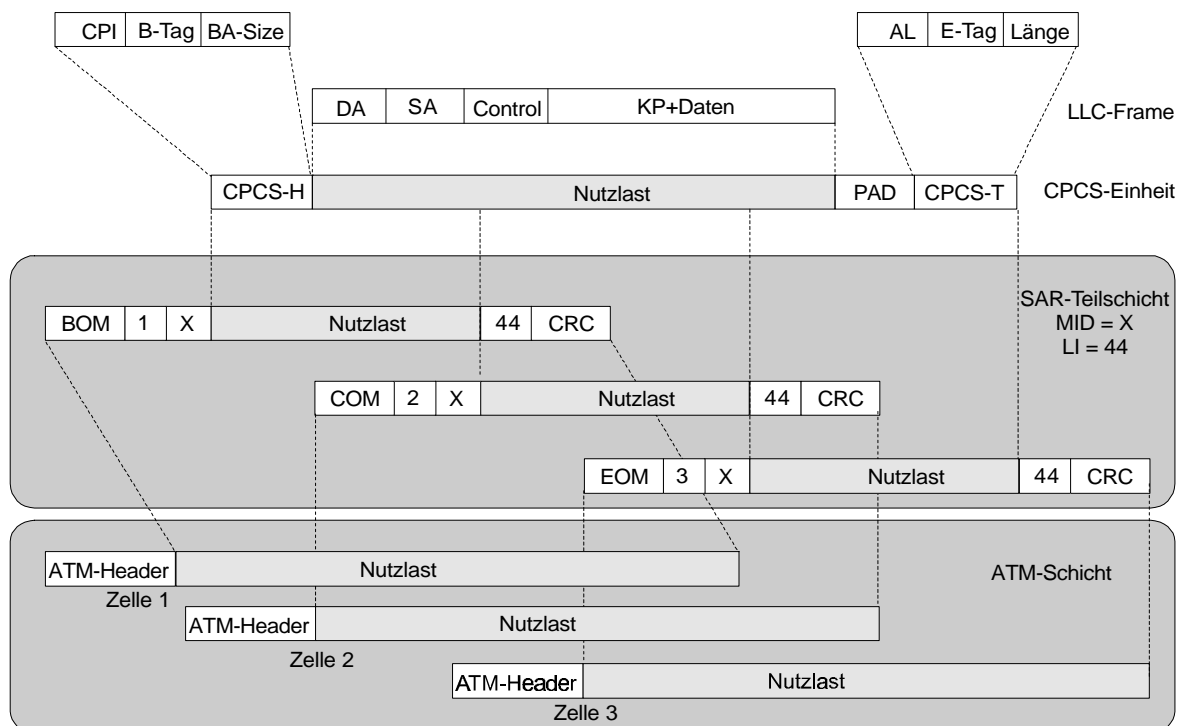


Abbildung 5.2-3 ATM-Übertragung eines LLC-Frames

CPI - Common Part Identifier

B-Tag - Beginning Tag

BA-Size - Buffer Allocation Size Indication

PAD - Padding (Füllzeichen)

AL - Aligment (Ausgleichsbit)

E-Tag - Ending Tag

Länge - Länge der CPCS-Einheit

BOM - Beginn of Message

COM - Continuation of Message

EOM - End of Message

Als Beispiel möchte ich die Übertragung eines LLC-Frames (Kapitel 2.4.3) mittels ATM in Abbildung 5.2-3 darstellen. Der LLC-Frame wird mit den CPCS-Angaben versehen und dann in der SAR-Teilschicht segmentiert. In der ATM-Schicht wird dem 48 Byte-Datenfeld der ATM-Head hinzugefügt und dann gegebenenfalls im Multiplexverfahren übertragen.

Dienstyp 5

Dieser Dienstyp ist eine Vereinfachung von Diensttyp 3 / 4. Es können durch den geringeren Overhead mehr Daten schneller übertragen werden.

OAM - Operation and Maintance

OAM bezeichnet die Betriebs- und Wartungsfunktionen für ein ATM-Netzwerk. Das Hauptprinzip beruht auf einer gesteuerten Wartung, bestehend aus Beaufsichtigung, Prüfung und Leistungsüberwachung. Für eine optimale Funktionalität sind folgende Abschnitte eingerichtet worden:

- Leistungsüberwachung: regelmäßige Prüfung der Funktionen für die Wartungsdatenversorgung. Die daraus gewonnenen Leistungsdaten werden zu den

OAM-Einheiten Kurzzeitsteuerung der Dienstqualität, Langzeitauswertung oder zu Vorbeugemaßnahmen verwendet.

- Schadens- und Fehlererkennung: durch die regelmäßige Prüfung können Fehler erkannt und Wartungsdaten oder Alarmsignale erzeugt werden.
- Systemschutz: bei Fehlererkennung wird die Einheit außer Betrieb genommen. Erhält eine Schicht eine Fehleranzeige, wartet sie auf die Schutzfunktionen der unteren Schicht. Besteht weiterhin die Fehleranzeige, sendet sie eine Alarbenachrichtigung in beide Flußrichtungen.
- Fehler- und Leistungsdaten: Beim Ausfall einer Einheit werden die anderen Verwaltungseinheiten informiert. Nachbareinheiten nehmen diese Nachricht auf und verbreiten sie im Netz
- Fehlerlokalisierung: Testsysteme lokalisieren die ausgefallene Einheit und sichert den Systemschutzabschnitt.

Die Funktionen und Aufgaben werden von einer Zentrale aus überwacht und ausgeführt.

5.3. Protokollablauf bei einer ATM-Verbindung

Auch beim Protokollaufbau einer modernen ATM-Verbindung finden sich die gleichen Merkmale wie im Protokoll einer analogen Telefonverbindung (Kapitel 2.7.1), wenn auch ungleich komplexer.

Tln A sendet eine SETUP-Nachricht zur VSt im festgelegten Signalisierungskanal, die eine Belegung anzeigt. Diese Nachricht enthält alle weiteren Information zu den Eigenschaften der Verbindung (Bandbreite, Wahlziffern, etc.) Bei einer Belegung kann vom Tln ein VPI/VCI angefordert werden. Mit der Call-PROCeeding-Information sendet die ATM-VSt-A die Angaben für den VPI/VCI. Können keine ausreichenden Ressourcen bereitgestellt werden, dann erhält Tln A die RELease COMplete-Nachricht. Das Endgerät von Tln B wird durch die ATM-VSt-B belegt mit einer SETUP-Nachricht belegt. In der SETUP-Nachricht sind Informationen über den zu verwendenden VPI/VCI und die geforderten

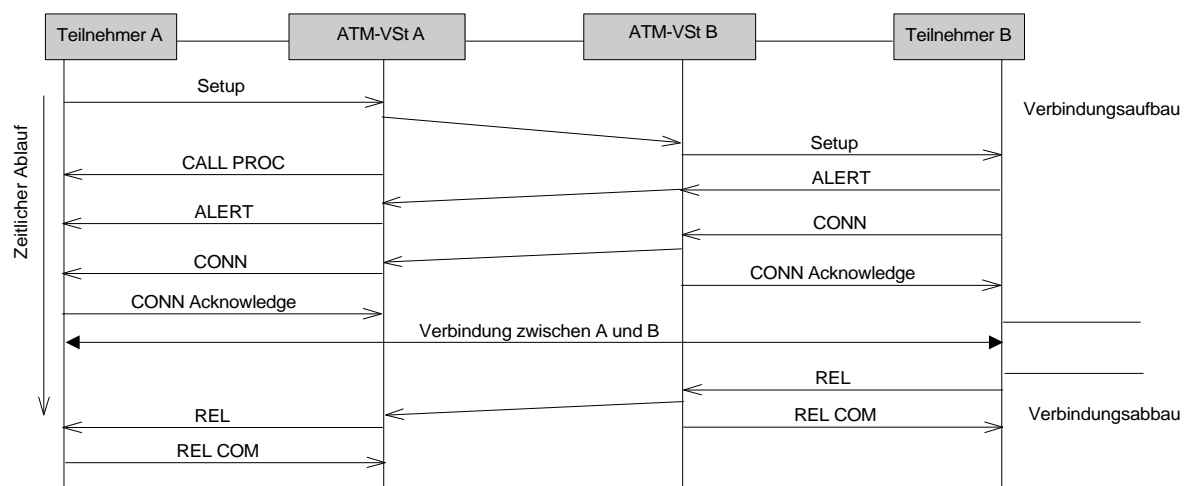


Abbildung 5.3-1 Protokollablauf einer ATM (B-ISDN) -Verbindung

Eigenschaften (Datenrate, Bandbreite, etc.) enthalten. Sind alle Bedingungen bei Tln B erfüllt, dann sendet er eine ALERting-Nachricht ins Netz, die an Tln A weitergeleitet wird. Nimmt Tln B die Verbindung an, dann sendet die Station eine CONNect-Nachricht an die VSt, die zu Tln A weitergeleitet wird. Die Verbindung ist nun aufgebaut und die Gebührenpflicht beginnt. Tln B erhält eine CONNect Acknowledge-Nachricht zur

Bestätigung. Die Gebührenerfassung kann auf Entfernungsebene, Zeitebene, Mengenebene oder einer Kombination aus diesen erfolgen.

Der Verbindungsabbau wird von einer der beiden Seiten durch das Senden einer RELease-Nachricht eingeleitet. Die Rel-Nachricht von Tln B wird zum Tln A weitergeleitet. Die VSt-B sendet eine RELease COMplete-Nachricht an Tln B und hebt die VPI/VCI-Verbindung auf. Der Tln A sendet nach Erhalt der REL-Nachricht ebenfalls eine RELease COMplete-Nachricht an die VSt A und die Gebührenpflicht endet. Die belegten Ressourcen stehen jetzt wieder zur Verfügung.

6. Wireless ATM

Da viele Protokolle, Verfahren, Anwendungen und Normen noch nicht spezifiziert sind, behandelt dieses Kapitel eine Sammlung von Vorschlägen, Anregungen und Ideen. Viele Institutionen und Foren (ETSI, ATM-Forum, Wireless LAN Association, FCC) befassen sich zur Zeit mit Spezifizierung einiger Grundkomponenten und Anwendungsbereiche. Alle Entwicklungen und Erkenntnisse werden zur ETSI BRAN (Broadband Radio Access Network) und zum ATM-Forum (WATM-Gruppe) weitergeleitet und dort gebündelt. Wenn hinreichend genaue Informationen zur Verfügung stehen soll ein erster Standard verabschiedet werden. Die ersten Spezifikationen sollen im Juli / August 1998 veröffentlicht werden.

6.1. Grundgedanken

Was ist Wireless ATM?

Drahtloses ATM soll die Funktionen des ATM/B-ISDN-Netzwerkes für den mobilen Umgang bereitstellen. Die Flexibilität der Teilnehmer muß gewährleistet sein und die garantierten Dienstgüten dürfen sich nicht von denen im Festnetz unterscheiden. Ein Benutzer soll beim Umgang damit nicht sofort merken, ob er nun drahtgebunden oder drahtlos versorgt wird. Welche Probleme gibt es heute? Drahtlose ATM-Systeme müssen die Eigenschaften der ATM-Technik transparent unterstützen. Es müssen eine Reihe von zusätzlichen Mechanismen eingeführt werden, damit die Mobilität und Unabhängigkeit der Endgeräte von Netzanschlüssen gewährleistet werden kann. Die Datenübertragung über den störanfälligeren Funkkanal muß für alle Teilnehmer unter Beachtung der Bandbreite möglichst störungsfrei gewährleistet sein. Zusätzliche Funktionserweiterungen für die Mobilitätsunterstützung im ATM-Standard sind:

- die Handover-Steuerung: Weiterschalten von virtuellen Verbindungen bei einem Zellwechsel und die Neuverhandlung von Dienstgüteparametern,
- Verwaltungsmechanismen: Verwalten von mobilen Endgeräten und Teilnehmern, sowie des Aufenthaltsortes bzw. der Erreichbarkeit,
- die Übertragungssicherheit: Authentifizierung von Nutzern und Systemen und die Verschlüsselung der Datenübertragung,
- die Verkehrs- und Dienstgütesteuerung: Steuern des Zugriffs auf den Funkkanal in Abhängigkeit des Verkehrsaufkommens (Vielfachzugriffsverfahren); Erkennen und Beheben von Übertragungsfehlern,
- das Netzmanagement.

Für die zu erwartenden Spezifikationen stehen in Europa Funkfrequenzen von 5,15 GHz bis 5,25 GHz (bzw. 5,3 GHz) und von 17,1 GHz bis 17,3 GHz zur Verfügung. Es werden Projekte durchgeführt, in denen Frequenzen bis 60GHz erprobt werden. In diesen Frequenzbereichen sind die Kosten für Komponenten allerdings noch sehr hoch und die

Gesundheits- und Material-Aspekte bedürfen noch einer genaueren Untersuchung. Übertragungsraten für drahtlose ATM-Netze sollen von anfänglich 20 Mbit/s bis auf 155 Mbit/s gesteigert werden. Bei diesen hohen Bitraten sind allerdings neue Effekte auf den Funkstrecken zu erwarten (Mehrwegeeffekte, Symbolinterferenzen), mit denen man erst einmal umgehen lernen muß. Die Bitfehlerraten liegen in extremen Fällen bei 10^{-3} bis 10^{-5} , im Vergleich dazu liegen die leitungsgebundene BER bei 10^{-9} bis 10^{-12} . Eine Möglichkeit zur Umgehung dieser negativen Auswirkungen sind COFDM-Verfahren. Der breitbandige Funkkanal wird dabei in viele schmalbandige Kanäle unterteilt, in denen mit niedriger Bandbreite und somit zeitlich längeren Symbolen übertragen wird. Bandspreiztechniken werden eher weniger zum Einsatz kommen, da sie zu sehr hohen Bitraten führen können.

Die Verwaltung der Mobilität und das Roaming kann, ähnlich den in zellularen Mobilfunknetzen eingesetzten Verfahren, ermöglicht werden. Beim Handover allerdings müssen neue Mechanismen greifen, die eine Neuverhandlung von Dienstgütern ermöglichen. Weiterhin müssen die virtuellen Kanäle und Pfade gesteuert oder neu vergeben werden. Es kann vorkommen, daß in der neuen Zelle die Dienstgüte nicht mehr gewährleistet werden kann und somit eine dynamische Dienstgüteeinstellung erforderlich wird, die dem Nutzer signalisiert werden muß und in die er aber dennoch eingreifen kann.

Eine besondere Bedeutung kommt dem Kanalzugriffsverfahren zu, es dient der Garantie der Dienstgütern. Für den Kanalzugriff in drahtlosen ATM-Netzen ist ein erweitertes oder neues Protokoll notwendig. In drahtgebundenen Netzen werden die Daten in einem festen Kanal übertragen, ob nun vom oder zum Benutzer oder zwischen den Knoten. Es besteht für diesen Kanal immer eine feste Punkt-zu-Punkt-Verbindung. Bei der Funkanbindung besitzt aber nicht jeder eine solche Verbindung, sondern es teilen sich viele Benutzer den gleichen Funkkanal. Das zu entwickelnde Protokoll muß die ATM-Zellen aller Systeme, die Zugriff haben, geeignet multiplexen. Diese Funktionen sollen in der Vielfachzugriffsschicht Funk implementiert werden.

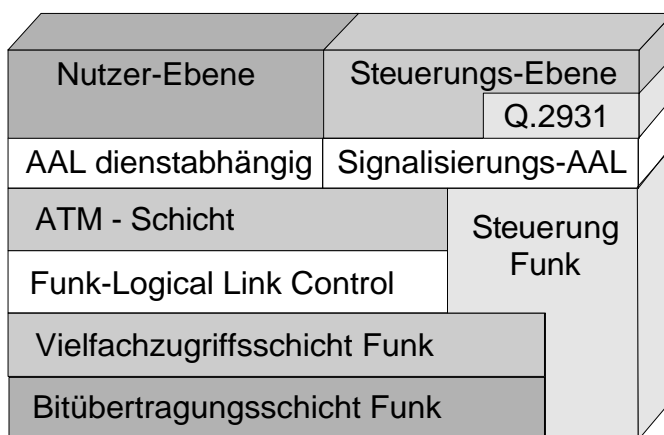


Abbildung 6.1-1 Wireless ATM-Referenzmodell [ntz 6/97]

Das Schichtenmodell in Abbildung 6.1-1 zeigt den prinzipiellen Schematischen Aufbau für die Abarbeitung der Verbindungsaufgaben. In der horizontalen Richtung bestehen nach bisheriger Definition keine Beziehungen. Alle Schichtübergänge verlaufen vertikal und somit auch alle Übertragungswege. Welche Aufgaben in den einzelnen Ebenen ausgeführt werden sollen, wird in Ansätzen nachfolgend

beschrieben. Die Dienstgütern werden auf Basis der virtuellen Verbindungen garantiert, deshalb muß das Zugriffsverfahren Kenntnisse über die Dienstparameter der Verbindung haben. In der bisherigen ATM-Spezifizierung ist dies in der AAL-Schicht verwirklicht. Die für die Verbindungssteuerung notwendige Signalisierung wird durch Protokolle der Steuerungsebene ausgeführt. ATM-Funknetze müssen so erweitert werden, daß auch im Kanalzugriffsprotokoll die Dienstgüteinformationen verfügbar sind. Nicht konfliktfreie Verfahren (CSMA-Basis) kommen hierfür nicht in Frage. Es sind Ansätze zum Einsatz

organisierter Verfahren und somit auch einer zellularen Netzstruktur vorhanden. Die Kommunikation wird in UP- und Downlink unterschieden. Die beiden Phasen sind entweder durch ein Zeit- oder Frequenzduplexverfahren voneinander getrennt. Wie bei der Signalisierung durch die Basisstation eine Anpassung an Dienstgüteanforderungen gewährleistet werden kann, ist noch offen. Ein großes Problem sind bei allen Verfahren die zeitkritischen Anwendungen wie Sprache und bewegte Bilder.

ATM im festen Leitungsverband ist ein zu größten Teilen fehlerfreies Übertragungsformat, weshalb Fehlererkennung und -korrektur in die Endsysteme verlagert wurde. Durch die wesentlich größere Störanfälligkeit des Funkkanals müssen in den BS Fehlerkorrekturverfahren installiert werden, die den schnellen Zellendurchsatz nicht behindern, aber dennoch eine ausreichende Fehlersicherheit gewährleisten.

6.2. Prinzip einer Luftschnittstelle für ein Funk-ATM-Netzwerk

Die hier eingebrachte Idee für eine Luftschnittstelle basiert auf directionalen Antennen an der MS und Sektorantennen an der BS. Dies entspricht einem Punkt-zu-Mehrpunkt-System und ist ähnlich der HYPER-LAN 2 Ansatzes. Das System ist für den Einsatz in kleinen und mittleren Geschäftsbereichen gedacht. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Systemparameter.

| | |
|------------------|--|
| Frequenzband | 3,5; 10; 24/26; 28 GHz und höher |
| Kanalbandbreite | 6x14 MHz duplex bei 3,5 GHz; 5x30 MHz duplex bei 10 GHz; 18x28 MHz duplex bei 24/26 GHz; block allocation bei 28 GHz |
| Senderadius | 10-15 km bei 3,5 GHz; 7-10 km bei 10 GHz; 3-5 km bei 24/26, 28 GHz |
| Multiplex | FDM - Frequenz Division Multiplex |
| Duplex | FDD - Frequenz Division Duplex |
| Bitrate | Down (BS → MS): 8-51 Mbit/s; Up (MS → BS): 2-25 Mbit/s |
| Zugriffverfahren | Asynchrones Multiplexen von ATM-Zellen |

Dieses Netzwerk benutzt verschiedene Basisstationen, mit mehreren getrennten Funktsektoren. Die Basisstationen werden über ein Gesamtnetz miteinander verbunden, wobei eine Terminierung erfolgt, die verhindert, daß zwischen benachbarten Sektoren keine Interferenzen entstehen. Aspekte des Physical Layers sind hier nicht mit eingeschlossen.

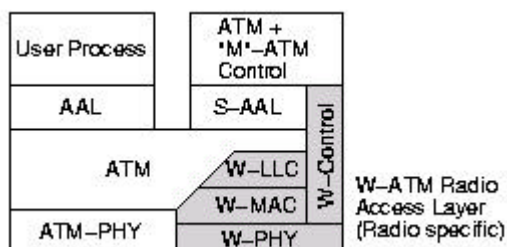


Abbildung 6.2-1 Protokoll Stack einer Luftschnittstelle

Ein Protokoll-Stack der Luftschnittstelle muß das Multiplexen der ATM-Zellen genauso wie ein fester ATM-Multiplexer erledigen. Das MAC-Protokoll soll die Konkurrenz zwischen den MS um den geteilten Funkkanal steuern. Die Herangehensweise das MAC-Protokoll wird stark von einer intelligenten Lösung des ATM-Zugriffsplaners (Funk-DLC) in den ATM-Netzwerkknoten beeinflusst.

Die Luftschnittstelle kann wie ein verteilter ATM-Zugriffsplaner interpretiert werden. Das MAC-Protokoll wird zentral von der BS kontrolliert und realisiert die ATM-Zellen-Übertragung.

Das Protokoll besteht aus einem Wireless-Physical-Layer (W-PHY-Layer) mit den Funkmodems unterhalb des ATM-Layers und einem Data-Link-Control-Layer (DLC-Layer), der den ATM-Multiplexer beinhaltet. Der DLC-Layer ist unterteilt in einen MAC-Sublayer (W-MAC) und einen LLC-Layer (Logical Link Control) (W-LLC). Das MAC-Protokoll hat die Aufgabe, ein gerechtes Multiplexen der geforderten QoS (Quality of Service) (ATM-Dienste) durchzuführen. Die maximale Zellrate ist besonders bei zeitkontinuierlichen Anwendungen (CBR-Constant Bit Rate, VBR-Variable Bit Rate) wichtig.

Die Abbildung 6.2-2 gibt einen Überblick, wie eine Verbindung zwischen MS, BS und ATM-Vermittlungsstelle nach dem Funk-ATM-Referenzmodell aussehen kann.

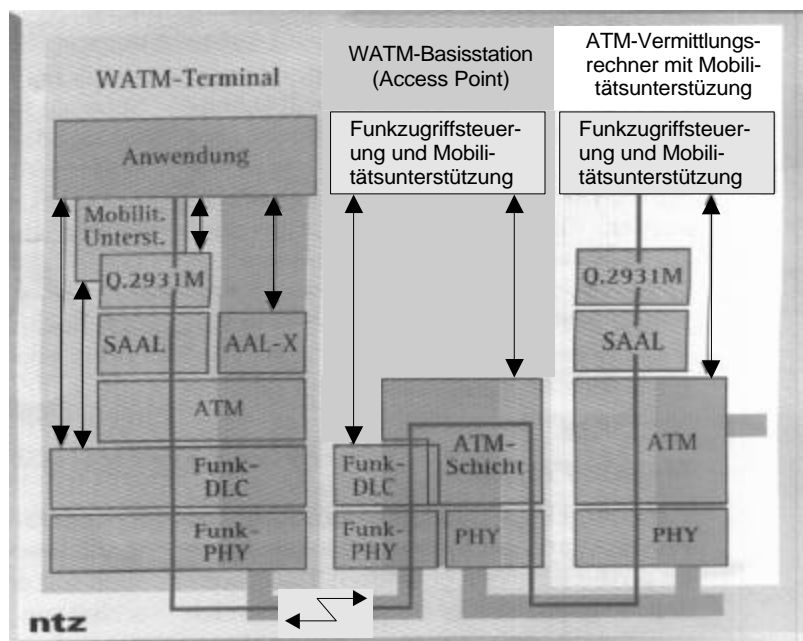


Abbildung 6.2-2 ATM MS-BS-VSt-Verbindung [nach ntz 7/97]

6.2.1. Kapazitätzuteilungsschema

Es wird ein TDMA-Kanal mit einem Zeitschlitzlänge τ_{slot} vorgesehen, der in der Lage ist eine ATM-Zelle mit den MAC- und LLC-Signalisierungsinformationen im Kopf und einem notwendigen Datenüberhang der physischen Schicht für Synchronisation, FEC (Forward Error Correction), Schutzzeit, u.a. Rotierend schaltende STDM (Synchronous Time Division Multiplexing) Schemen werden in konventionellen Systemen der zweiten Generation benutzt. Sie sind einfach aufgebaut, stabil und haben einen geringen Signalisierungsüberhang. Diese Schemen sind für CBR-Services sehr effektiv. Auf der anderen Seite aber, fordern VBR und ABR (Available Bit Rate) eine abrufbare Kapazität mit asynchronem Multiplexen. Dies ist sehr schwierig zu koordinieren und erfordert einen hohen Signalisierungsüberhang.

Um zwischen den beiden Methoden zu unterscheiden dient folgende Definition:

- **Vertikale Reservierung:** Die Zeitschlitze eines TDMA-Kanals werden in Frames mit einer Länge N organisiert. Mit der Bestimmung einer Schlitzposition des Frames für eine MS, ist eine diskrete und konstante Kapazität für die folgenden Frames ohne weitere Signalisierungen verfügbar. Dies entspricht den Festlegungen für einen Kanal in einem STDM-Schema.

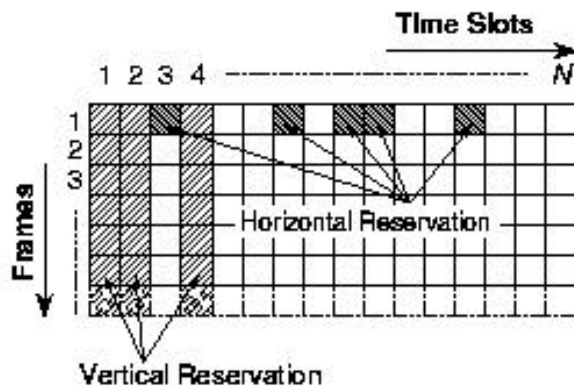


Abbildung 6.2-3 Vertikale und Horizontale Reservierung

- **Horizontale Reservierung:** Die Kapazität wird Schlitz für Schlitz über das asynchrone Multiplexen bestimmt. Mit der Festlegung eines Schlitzes kann eine MS eine ATM-Zelle übertragen. Diese Reservierungsnachricht ist für jeden Zeitschlitz notwendig.

Für die verschiedenen Dienstklassen im ATM-Modus ist eine Kombination von horizontaler und vertikaler Reservierung sinnvoll, wie sie in Abbildung 6.2-3 dargestellt ist.

Vertikale Reservierung

Eine der verschiedenen Zeitschlitz-Positionen für eine Frame ist genau einer MS, durch einmaliges austauschen der Signalisierungsinformationen, zugeordnet. Die Schlitze sind reserviert für alle folgenden Frames. Jede Änderung der Reservierungen ist durch eine Signalisierung anzuzeigen. Der Signalisierungs-Overhead verringert sich mit der Länge der Verbindung. Bei einer konstante Länge N des Frames, sind die Kanäle, mit einem ganzzahligen Vielfachen der Grundkapazität $c_b = c_c / N$, in der Lage, einen oder mehrere Schlitz-Positionen zu belegen.

Die vertikale Reservierung entspricht dem STDM-Schema und wird sehr profitabel in Netzwerken mit rotierend schaltenden CBR-Service (ISDN, GSM) eingesetzt. Für WATM-Netze scheint dies auch eine sehr gute Lösung für CBR-Services zu sein und es ist optimal für synchron mit der Zeitschlitzperiode arbeitende Datenquellen. Unvorteilhaft für ATM-Netze ist, daß zwischen Datenquelle und Zeit-Taktgeber keine Synchronisation stattfindet. Dies ist aber für ein Anpassen der erforderlichen Kapazität an ein Vielfaches der Grundkapazität notwendig und führt zu einer schlechten Kapazität, wenn die Datenrate, im Vergleich zur Kanalkapazität, niedrig ist. Es ist sinnvoll eine Grundkapazität entsprechend der Datenrate der meisten Schmalband-Services auszuwählen. Dies ist die 64 kbit/s PCM Sprachcodierung. Ein bedeutendes Problem liegt in der unvermeidbaren Asynchronität zwischen der Quelle und dem Taktgeber des Übertragungsmediums. Durch das Warten auf den nächsten Zeitschlitz entsteht eine variable Zeitverzögerung. Die Verzögerung hängt von der maximalen Framelänge $t_{dmax} = T_f$ in einer Periode ab. Die Frequenz f der Kurve setzt sich aus $f = 1 / T_f - 1 / T_c$ mit der ATM-Zell-Rate $1 / T_c$ und einer Frame-Frequenz $1 / T_f$. Die AAL im Empfänger stellt die Isochronität des empfangenen ATM-Zell-Stroms durch Zwischenspeicherung wieder her. Dieses t_{dmax} gibt die maximale Verzögerung der Luftschnittstelle und ist ein kritischer Parameter der Systemperformance. Die normale Verzögerung von 6 ms ist nicht akzeptabel. Eine Wiederholung von Übertragungen im Fehlerfall ist nicht erlaubt. Daraus folgt, daß die reine vertikale Reservierung nicht für CBR-Services nutzbar ist.

Horizontale Reservierung

Diese Art der Reservierung benötigt bei jeder Slot-Belegung die Signalisierung und produziert dadurch einen großen Overhead. Durch dieses Schema ist aber eine dynamische Anpassung an der Übertragungsrate an die Applikationsanforderungen möglich. Der Verlust der Signalisierungsnachricht ist nicht so kritisch wie bei der vertikalen Reservierung, da sie mit jedem Frame neu übertragen wird. Die Performance-Bewertung

kann anhand eines einfachen Modells erfolgen, sie ist beeinflusst von der Framelänge bei einer durchschnittlichen Verzögerung. Der erste Schlitz eines jeden Frames wird für die Signalisierung der Schlitz-Reservierungsnachricht benutzt. Die gleichbleibende Priorität zwischen den Dienstklassen (CBR>VBR>ABR>UBR) und die Strategie des frühest möglichen Zugriffs sind in jeder Dienstklasse implementiert. Eine Verzögerung von Framelänge $l_f = 1$ korrespondiert mit dem ATM-Multiplexer, wenn eine hohe Verkehrslast herrscht. Die Verzögerung steigt mit längeren Frames an, wenn die empfangenen ATM-Zellen nicht mehr nach ihrer Dringlichkeit behandelt werden können bis der nächste Frame beginnt. Danach werden sie nach ihrer exakten Dringlichkeit wie in normalen Multiplexern behandelt.

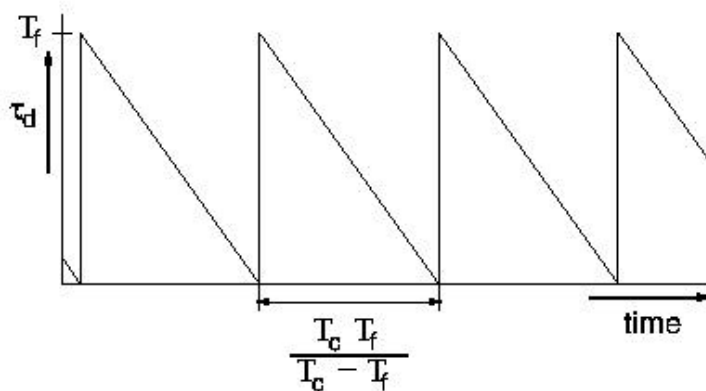


Abbildung 6.2-4 Verzögerung bei vertikaler Reservierung

Die Videocodierung von VBR-Quellen generieren ATM-Zellen für jedes Bild simultan zum Stackprozeß. Alle VBR-Zellen müssen eine halbe Framelänge warten, bis sie behandelt werden. Nach dieser Zeit steht genügend Kapazität zur Verfügung, um die VBR-Zellen unmittelbar zu übertragen.

Die Verzögerung von ABR-Quellen ist wesentlich schwieriger zu analysieren. Eine Beeinflussung geschieht nicht nur durch die Framelänge, sondern auch durch die Dienste mit höherer Priorität.

Kombination beider Reservierungsarten

Eine Kombination kann in der Benutzung der Vorteile beider Varianten bestehen. Ein Teil der garantierten Datenrate für die meisten Frames (z.B. 90 %) sollte vertikal reserviert sein. Der andere Teil kann horizontal reserviert werden. Die Anforderung der vertikalen Reservierung an feste Framelängen ist nicht länger notwendig, aber dennoch begründbar. Mit kürzeren Frames korrespondiert die vertikale Reservierung nicht länger mit dem STDM-Schema, aber es eröffnet eine variable Kapazität pro Kanal, die von der Anzahl der horizontalen Zeitschlitze in jedem Frame abhängt. Die Frames hängen von den Kapazitätsanforderungen des Systems ab.

Verglichen mit der horizontalen Reservierung wird es immer längere Verzögerungen erzeugen, weil der ATM-Zell-Planer nicht für alle eine optimale Service-Strategie aufstellen kann. Die Kombination beider ermöglicht ein effektiveres Übertragen in allen Anwendungsfällen. Zugleich entsteht ein komplizierteres und unzuverlässigeres Protokoll, so daß zwischen dem Gewinn an Effektivität und den Nachteilen einer komplexeren Luftschnittstelle abgewogen werden muß.

6.2.2. MAC-Protokoll für Luftschnittstelle

Aktive MS müssen sich in der BS registrieren und erhalten eine temporäre MAC-Identifizierung (MAC-ID, 8 bit). Die dient als Kurzadresse innerhalb des Sektors zur Adressierung der Uplink-Slot-Reservierung. Im Downlink werden die ATM-Zellen von allen MS aufgenommen. Über die VPI wird die richtige MS detektiert. MAC interne Signalisierungsnachrichten werden von ATM-Zellen transportiert und speziell markiert

(z.B. VPI=0). Im Uplink wird der VPI benutzt um die Zieladresse der ATM-Zellen. Aus Sicherheitsgründen wird jeder Uplink um einen MAC-Kopf erweitert. Der Kopf enthält die MAC-ID und eine Kurzidentifikation des Sektors, um ein Empfang von falschen Zellen aus Nachbarsektoren zu verhindern.

Das MAC-Protokoll wird als DSA++-Protokoll (Dynamic Slot Reservation) bezeichnet und wurde ursprünglich für HYPER-LAN 2 Systeme auf TDD-Basis entwickelt. Für den Einsatz in Breitband-Funk-Systemen wurde es für das FDD-Verfahren mit asymmetrischen Verbindungsraten modifiziert.

Uplink-Schlitze erlauben die Übertragung eines Bursts, der ein Informationsfeld variabler Länge mit dem notwendigen Daten-Überhang für die physische Schicht enthält. Das Informationsfeld enthält eine RQCH-PDU (Request Channel - Protocol Data Unit) und bis zu vier ATM-Zellen. Zeitschlitze, die nur eine Übertragung einer RQCH-PDU erlauben, nennt man RQCH-Slots oder Short-Slots.

Es werden verschiedenen Arten von MAC-Nachrichten übertragen, jede von ihnen hat eine bestimmte Länge. Sie können in vier Arten unterteilt werden:

- Signaling-PDU-Downlink (Signalisierungs-Einheit): Signalisierung von Reservierungsnachrichten für den nächsten Frame; Kontrollinformationen, z.B. für kontrollierten Direktzugriff oder Empfangsbestätigung (Länge ca. 55 Byte)
- ATM-Zell-PDU-Downlink: ATM-Zelle mit MAC/LLC-Header Ergänzungen (gesamt Länge ca. 55 Byte)
- Signaling-PDU-Uplink: MAC/LLC-Signalisierungsnachricht, z.B. Kapazitätsanfrage oder Rückmeldung (Länge ca. 3 Byte)
- ATM-Zell-PDU-Uplink: ATM-Zelle mit MAC/LLC-Header Ergänzung und Kapazitätsanfrage-Nachricht (gesamt Länge ca. 57 Byte)

Nach jedem übertragenen Burst ist ein Schutz-Intervall erforderlich, dessen Länge vom Radius der Funk-Zelle abhängt. Am Anfang und am Ende eines jeden Bursts werden zur Signaleistungskontrolle der Modems Intervalle eingeführt (Raise/Fall-Time).

Für die Koordinierung des Kanalzugriffs gruppiert das DSA++-MAC-Protokoll die Uplink-Schlitze in sogenannte Signalisierungsperioden. Diese Perioden umfassen eine

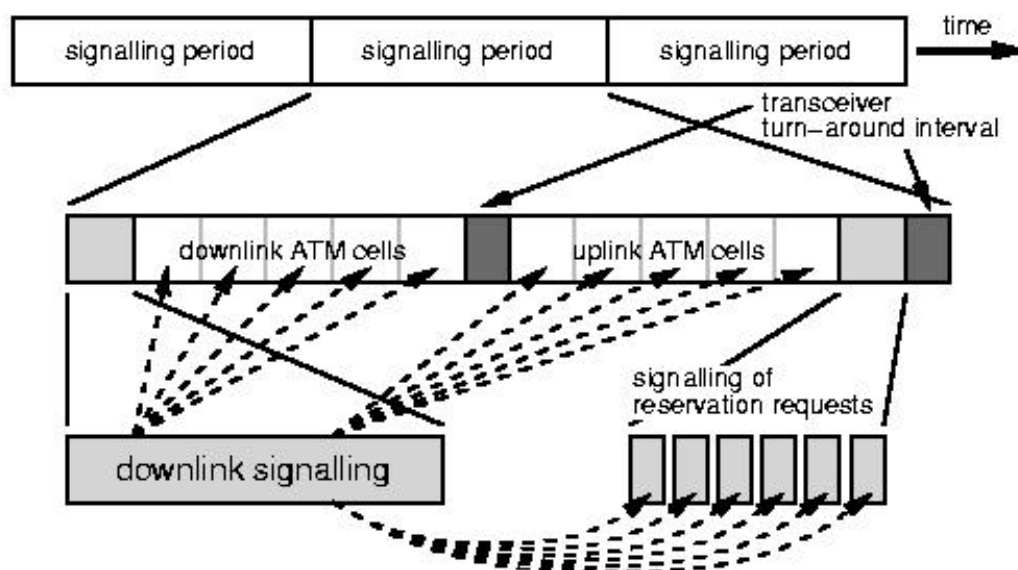


Abbildung 6.2-5 Signalisierungsperioden DSA++-Protokoll

variable Nummer solcher Schlitze, die Nummer und Reihenfolge wird vom MAC-Planer festgelegt. Während einer der Perioden werden neue Kapazitätsanfragen in der BS

aufgenommen und in Spiegeleinheiten gespeichert. Am Ende einer Periode wird die Schlitz-Reservierung der nächsten Periode berechnet und an die MS übertragen. Das geschieht mit einer Period-Control-Unit auf dem Downlink, die die Anzahl der Schllitze in der nächsten Signalisierungsperiode und ihre Länge (Anzahl der ATM-Zellen) enthält, sowie die zugehörige MAC-ID. Eine Signalisierungsperiode enthält mehrere kurze Schlitz für RQCH-Einheiten.

Die Signalisierungsperioden können in verschiedene Abschnitte eingeteilt werden. Die Zustands IDLE korrespondiert mit einem leeren Sendepuffer, so daß keine Kapazitätsanfrage gesendet wurde. Nach dem Empfang einer ATM-Zelle schaltet die MS in den Zustand REQUEST (1) und versucht eine Kapazitätsanfrage in einem Short-Slot zu übertragen. Nach einer erfolgreichen Übertragung geht die MS in den Zustand RESERVATION (2) und wird vom Planer angewiesen die Dringlichkeit der ATM-Zellen zu gewähren. Mit der Übertragung der ATM-Zellen in einem reservierten langen

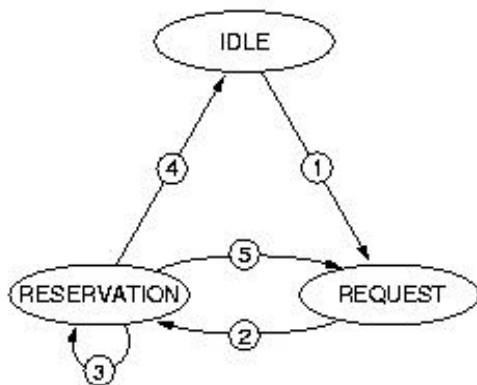


Abbildung 6.2-6 Reservierungszustand einer MS

Zeitschlitz wird der Planer über die neuen Kapazitätsanforderungen informiert (3). Wird keine weitere Kapazität mehr benötigt, veranlaßt die BS die MS in den Zustand IDLE zurückzukehren (4). Ein besonderer Fall ist das parallele existieren von virtuellen Kanälen in verschiedenen Diensten. Wenn eine MS eine Kapazitätsanfrage für einen niederprioren Dienst stellt und die befindet sich im Zustand RESERVATION, dann kann die

Ankunft einer höherprioren ATM-Zelle die Kapazitätsanfrage modifizieren, so daß die MS nicht in der Lage ist bis zur Kapazitätsanfrage zu warten. In diesem Fall geht sie in den Zustand REQUEST (5) zurück und fordert die Rückübertragung ihrer Kapazitätsanfrage über das RQCH-Protokoll.

Die Bestätigungen für Signalisierungsnachrichten können verschieden aussehen.

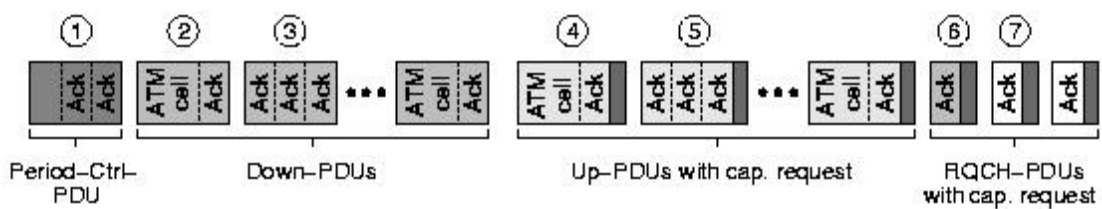


Abbildung 6.2-7 Signalisierungsprozedur mit Bestätigungen

Folgende Methoden für Übertragungen von Bestätigungen sind möglich:

1. bis zu 6 Bestätigungen in einer Period-Control-PDU (Protokoll-Data-Unit)
2. Huckepack auf einer ATM-Zelle in einer Down-PDU
3. bis zu 24 Bestätigungen in einer Down-PDU
4. Huckepack auf einer ATM-Zelle in einer Up-PDU
5. bis zu 24 Bestätigungen in einer Down-PDU
6. in einer reservierten RQCH-PDU
7. in einer RQCH-PDU übertragen mit wahllosem Zugriff

RQCH - Random Access Control Protocol with fast Collision Resolution

Das RQCH-Protokoll ermöglicht den MS eine Übertragung auf der Grundlage ihrer eigenen Parameter zu initiieren. Für den Direktzugriff ist ein stabiler und schneller Algorithmus zur Fehler-Auflösung notwendig. Die periodische Struktur des DSA++-Protokolls führt zu folgenden Zwängen für den Direktzugriff:

- Die Ergebnisse des Direktzugriffs-Slots wird allen MS mitgeteilt zusammen mit einer Nachricht. Diese Situation ist oben beschrieben.
- Jede Periode kann eine unbestimmte Anzahl von Direktzugriffsslots bereitstellen. Die maximale Anzahl ist nur durch die Größe der Period-Control-Unit begrenzt, weil sie die notwendigen Signalisierungsnachrichten enthält.

Auf Grund der Dringlichkeit der Übertragung der dynamischen Parameter, ist der Direktzugriff nicht für den Durchfluß optimiert, dafür aber für kurze Verzögerungszeiten. Kritisch ist die verzögerte Rückkopplung. Ein zweiter Direktzugriff vom selben Terminal ist nur sinnvoll, wenn der erste Zugriff ausgewertet und verarbeitet werden konnte. Verkürzte Signalisierungsperioden sind deshalb nützlich für die schnellere Übertragung von Rückkopplungen. Die maximale Länge eines DSA++-Protokoll ist durch die Anzahl der Reservierungsnachrichten innerhalb der Period-Control-PDU, die die selbe Länge wie eine Down-PDU hat (53 Byte). Da das Protokoll sehr wichtig für die Stabilität des Systems ist, wird es durch die FEC geschützt. Die Perioden werden mit zunehmender Anzahl der Direktzugriffe immer kürzer. Durch den Gebrauch des Collision Resolution (Kollisions-Auflösung) Algorithmus wird der Direktzugriff verzögert, außerdem beinhaltet der Vorschlag, daß nur registrierte Stationen, Identifizierungszeichen im Kopf, Kapazitätsanfragen stellen können.

6.2.3. Methoden für das WATM-Handover

Für das Handover-Verfahren kann man von zwei verschiedenen Ansätzen ausgehen. Beim ersten Ansatz findet die Ausführung des Handovers zwischen den Funkzellen und dem Funkzugriffssystem statt. Im zweiten Fall wird ein Netzwerk-Handover vorgenommen, dies geschieht immer dann, wenn die Zugriffspunktanbindung zum B-ISDN-Netzwerk geändert wird. Der schnelle Wechsel von virtuellen Kanalverbindungen ist im ATM-Standard nicht vorgesehen. Um die QoS's aufrecht erhalten zu können, müssen entsprechende Funktionen implementiert werden. Der schnelle Wechsel von virtuellen Kanälen alleine kann jedoch nicht einen Zellverlust verhindern, deshalb müssen Mechanismen eingesetzt werden, die ein Handover ohne Zellverlust ermöglichen.

Ein besonderes Problem stellen die schnellen Wechsel dar, denn bei 40 GHz sind nur relativ kleine Funk-Zellen (Pico-Zellen) möglich, damit die Übertragungsrate von bis zu 155 Mbit/s gehalten werden kann. Kleine Zellen bedingen ein häufiges Handover, und aufgrund der hohen Frequenz muß dies auch noch sehr schnell von statten gehen. Die beiden Arten des Handovers in WATM-Systemen sind mit denen im GSM vergleichbar (siehe Kapitel 4.2.2). Das Funk-Handover (Radio-HO) entspricht dabei dem Interzell-HO und das Netzwerk-Handover (Network-HO) dem Inter-BSC-HO. Der dritte Fall im GSM, das Inter-MSC-HO, wird hier noch nicht genauer definiert, da dabei auch neue Application-Server eingebunden werden müssen, was noch zu Abstimmungen bezüglich der Dienstangebote führen muß. Im Prinzip funktioniert dieses HO ähnlich dem Inter-MSC-HO.

Tabellarischer Vergleich des Aufbaus von GSM und WATM:

| GSM | WATM |
|----------------------------|-------------------------------------|
| Handy, Laptop, MS | Handy, Laptop, MS |
| BTS-Base Transiver Station | BT-Broadband Termination |
| BSC-Base Station Controler | BTC-Broadband Termination Controler |
| BS-Basis Station | RAS-Radio Access Service |

An einem Breitband Terminal Controller (BTC-Broadband Termination Controller) können mehrere Breitband Terminals (BT-Broadband Termination) angeschlossen sein. Wandert eine MS aus dem Frequenzbereich einer BT (siehe Abbildung 6.2-8), und befindet sich die übernehmende BT am gleichen BTC, dann nennt man dies ein Funk-Handover. Der Ablauf geschieht innerhalb eines Funk-Zugang-Systems (RAS-Radio Access System). Die HO-Mechanismen werden in dem BTC ausgeführt.

Wird die übernehmende BT von einer anderen BTC kontrolliert, dann spricht man vom Netzwerk-Handover. Hierbei sind die BTCs über verschiedenen Netzwerk-Zugangspunkte (NAPs-Network Access Points) mit dem ATM basierten B-ISDN-Netzwerk (CN-Core Network) verbunden. Es werden verschiedene RAS mit involviert und somit liegen die HO-Mechanismen im B-ISDN-Netzwerk.

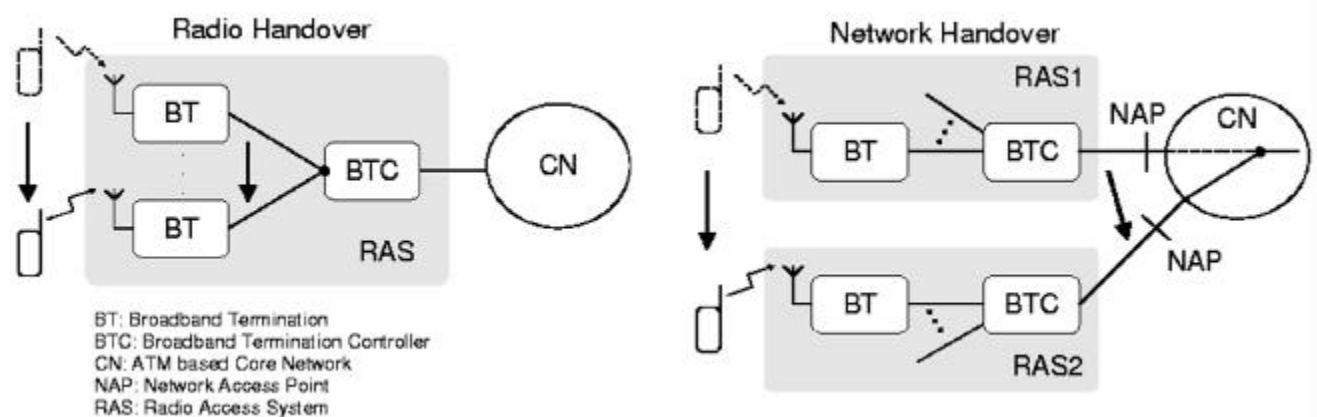


Abbildung 6.2-8 WATM-Handover

Im ATM-Netzwerk werden immer virtuelle Ende-zu-Ende-Verbindungen (VCC-Virtuell Kanal Verbindungen) aufgebaut, diese setzen sich aus mehreren virtuellen Kanälen (VC's) zusammen und bestehen über die gesamte Verbindungsdauer. Wenn ein Netzwerk-HO vollzogen und somit der NAP geändert wird, muß die VCC im B-ISDN-Netzwerk mit dem neuen NAP aktualisiert werden. Dies kann durch die Neuerrichtung der VCC bei jedem NAP-Wechsel oder durch ein Re-Routing der ATM-VCC erfolgen.

Die Neueinstellung der virtuellen Kanalverbindung wird der für die Verbindung zuständige Netzwerkservers so wie auch die entsprechenden Schichten der beiden Endpunkte eingebunden. Da ein sehr häufiges Handover wahrscheinlich ist, werden dadurch erhebliche Verzögerungen Verursacht und die Dienstqualität herabgesetzt, was nicht akzeptabel ist.

Das schnelle Re-Routing von VCCs ist in den ATM-Schicht-Protokollen nicht vorgesehen, deshalb müssen entsprechende Funktionen zum drahtgebundenen ATM-Netzwerk hinzugefügt werden. Es wurden verschiedene Vorschläge diskutiert. Einer davon beruht auf dem dem Virtuel Tree (virtueller Baum) Konzept, bei dem die Vorteile der Einführung von ATM Mobility Server (AMS) ausgenutzt werden.

Solange die MS das Handover ausführt und kontrolliert, ist die AMS während eines Netzwerk-HO für die Fortsetzung der Dienste (QoS) verantwortlich. Jedes mal, wenn eine MS eine Verbindung anfordert, etabliert die AMS eine bidirektionale Verbindung von sich zur zuständigen RAS und zum Ziel im festen Netzwerk. Die Verbindung zum RAS wird als Virtuell Branch (VB) bezeichnet, und die Gesamtheit der VBs wird Virtuell Tree (VT) genannt (Abbildung 6.2-9). Nur eine der errichteten VBs überträgt die aktuellen Benutzerdaten, alle anderen VBs sind unbenutzt. Die AMS routet alle von den VBs kommenden ATM-Zellen zu ihrem Zielort. Ein Netzwerk-HO wird von der AMS durch eine Echtzeiteinheit (Real-Time-Unit) erkannt, sobald eine ATM-Zelle von einer neu aktiven VB empfangen wurde. Die Downlink-Richtung von der AMS zu der neuen RAS wird entsprechend aufgebaut.

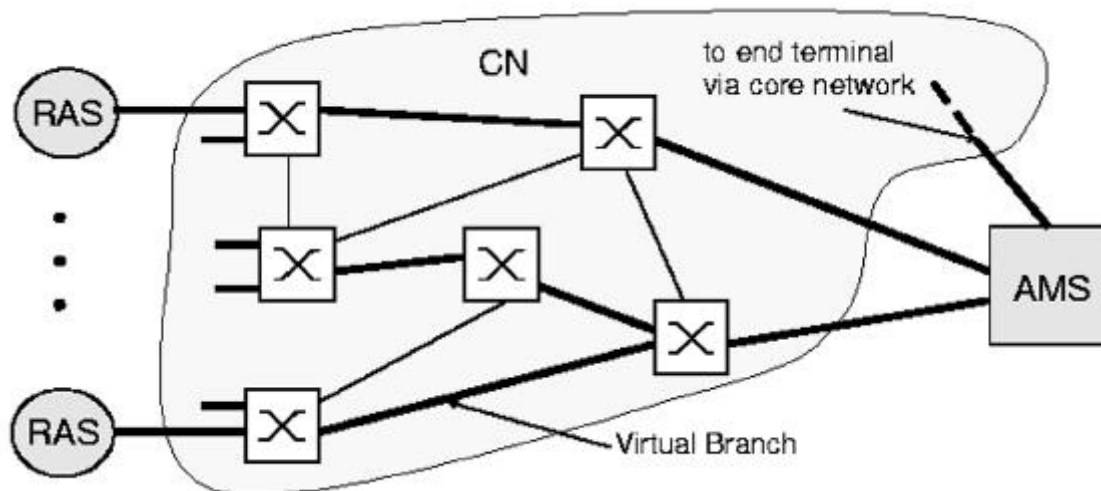


Abbildung 6.2-9 Virtual Tree Konzept mit AMS

Durch dieses Konzept kann aber nicht der Empfang von ATM-Zellen und die richtige Reihenfolge während des HO garantiert werden. ATM-Zellen können von der neuen RAS empfangen werden, bevor die letzten ATM-Zellen von der alten RAS eintreffen. Folglich müssen alle ungeordneten ATM-Zellen berücksichtigt werden, damit sie nicht verloren gehen. In der ATM-Schicht findet sich nämlich keine Funktion zur Bestätigung eines empfangenen ATM-Zell-Stroms. Außerdem sind alle ATM-Zellen verloren, die im Downlink während des HO zur alten RAS gesendet werden.

Zur Simulation wurden zwei RAS direkt mit einem AMS verbunden (Abbildung 6.2-10). Um die Anzahl von nicht aufeinanderfolgenden Zellen zu analysieren, ist es notwendig die Verzögerungsdifferenz zwischen beiden Zellströmen nach der MAS zu ermitteln. Durch die Verarbeitung in den BTs und BTCs in RAS 1 und RAS 2 und durch den Funkweg treten Verzögerungen auf.

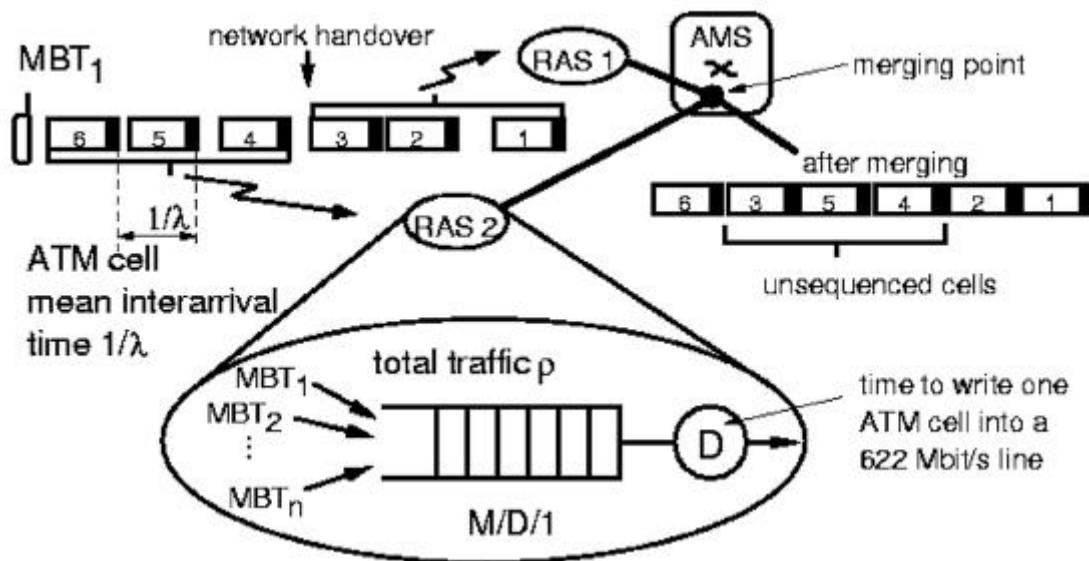


Abbildung 6.2-10 Verbindung von zwei ATM-Zell-Strömen während eines Handovers

Die Berechnung der Verzögerung wird im Modell von jeder RAS unabhängig in einem M/D/1-Modul, mit einer gegebenen Totallast p_i in jeder RAS, durchgeführt. Die unterschiedliche Zellübertragungsdauer von den RASs zur AMS über Glasfaserkabel ist auch berücksichtigt, da die Längen unterschiedlich sind. In diesem Modell wird die Übertragung mittels variabler Bit-Rate (VBR) ausgeführt, die durch eine geometrisch verteilte Zellankunftszeit charakterisiert ist. Für die Untersuchungen erfolgten die Wahrscheinlichkeitsberechnungen und Simulationen auf Basis der ComNets Class Library (CNCL). Es wurde eine Referenz-Parametermenge für das Diagramm ausgewählt (fettgedruckte Werte in der Tabelle). Die anderen Resultate wurden in verschiedenen Diagrammen dargestellt, dabei Bezug auf die Referenzwerte und das Variieren einzelner Parameter genommen. Der Parameter „Scenario“ ist durch eine gleichmäßig verteilte Entfernung zwischen l_{\min} und l_{\max} gegeben.

Simulationsparameter:

| Verkehrslast RAS 1 p_1 | Verkehrslast RAS2 p_2 | Datenrate R | scenario l_{\min} - l_{\max} |
|--------------------------|-------------------------|------------------|----------------------------------|
| 0,3 | 0,3 | 1 Mbit/s | innerhalb: 10m-100m |
| 0,6 | 0,6 | 16 Mbit/s | außerhalb: 100m-1km |
| 0,9 | 0,9 | 34 Mbit/s | Autobahnen: 1km-10km |

Die Auswertung der Versuche zu den einzelnen Parametern ergab folgende Resultate:

- Scenario: Die Autobahnumgebung ist äußerst kritisch,
- Dienste: VBR-Dienste mit höheren Datenraten haben kürzere Intervallzeiten und sind dadurch wesentlich empfindlicher,
- Verkehrslast in RAS 1: mit zunehmender Verkehrslast wird die Anzahl von nicht aufeinanderfolgenden ATM-Zellen überproportional größer,
- Verkehrslast in RAS 2: die Verkehrslast in Ras 2 hat keinen großen Einfluß auf die Anzahl ungeordneter Zellen.

Schließlich wurden noch zwei ungünstige Szenarien simuliert:

- Häufiges Handover zwischen im Gebäude und außerhalb des Gebäudes liegenden RASs,

- Autobahn-Szenario mit unterschiedlichen Entfernungen zwischen zwei RASs.

In Abbildung 6.2-11 wird die Verteilungsfunktion in Abhängigkeit von der Anzahl der ungeordneten ATM-Zellen infolge eines Handovers dargestellt.

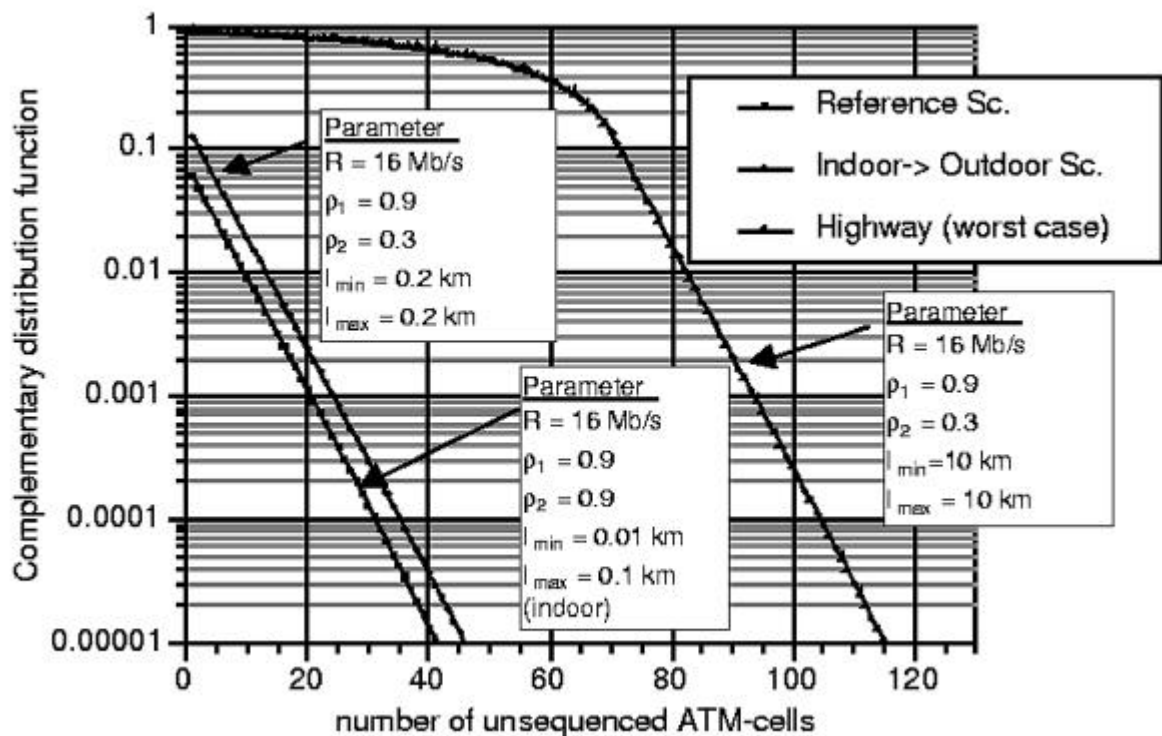


Abbildung 6.2-11 Ungünstigste Szenarien

Netzwerk-HO ohne Zellverluste

Um bei einem Handover Zellverluste zu vermeiden, sind drei Konzepte vorgeschlagen:

- Virtual-Tree-Verfahren mit Weiterleitung der ATM-Zellen über die HO-Kanäle,
- Virtual-Tree-Verfahren unter Verwendung der Macro-Diversity (Makro Vielfalt) und
- Verknüpfung von Virtual-Kanal-Verbindungen und Route-Optimierung.

Beim Verfahren (A) werden die von der neuen RAS ankommenden Zellen in der AMS zwischengespeichert und erst, nach dem die letzte ATM-Zelle der alten Verbindung empfangen und weitergeleitet wurde, werden die anderen Zellen weitergeleitet. Die letzte Zelle von der alten RAS ist durch eine, nach der letzten Benutzerzelle, eingebundene End-Delimiter-Zelle gekennzeichnet. Der Zellverlust im Downlink-Fall ist durch die Bildung von Warteschlangen aller nicht zustellbaren ATM-Zellen verhindert. Nach dem HO werden sie von der alten RAS zur neuen RAS über sogenannte Handover-Kanäle (HC, siehe Abbildung 6.2-12). Die Information, zu welcher neuen RAS die ATM Zellen weitergeleitet werden müssen, wird von der AMS mittels einer End-Delimiter-Zelle zur alten RAS gesendet. Die Aufrechterhaltung der korrekten Reihenfolge der Downlink-Zellen ist durch die Bildung der Warteschlange in der AMS gewährleistet. Die ATM-Zellen werden erst zur neuen RAS weitergeleitet, wenn die neue RAS die End-Delimiter-Nachricht an die AMS zurücksendet.

HCs sind voreingestellte unidirektionale VCCs zwischen geografisch benachbarten RASs, und werden nur während eines Netzwerk-HO benutzt. Alle MS in den einzelnen Stationen benutzen sie gemeinsam.

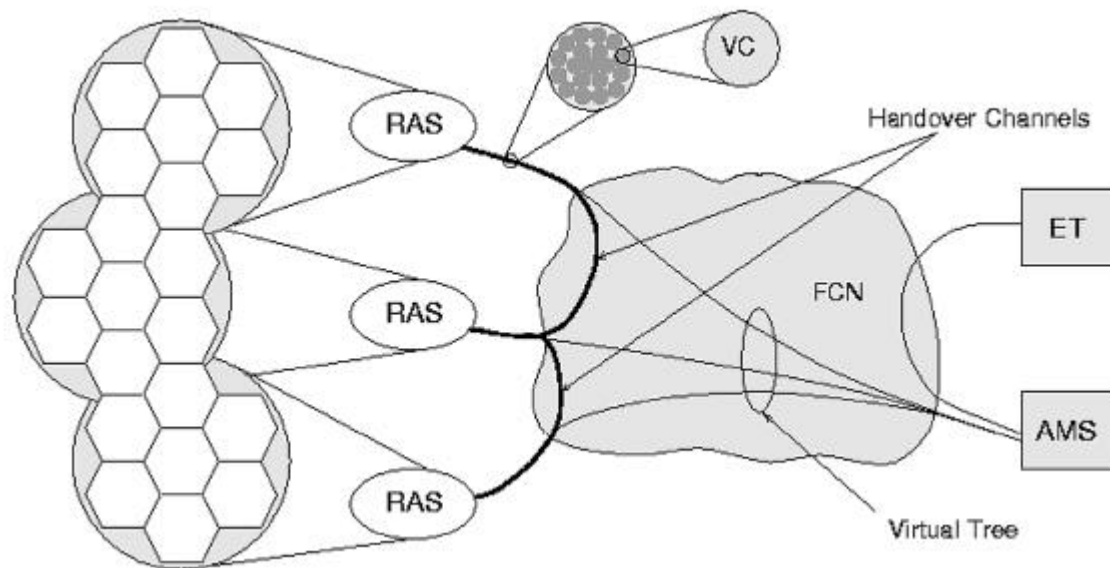


Abbildung 6.2-12 VT mit HO-Kanälen

Bei dem Virtual-Tree-Verfahren mit Macro Diversity (B) sind mehrere Verbindungen zwischen AMS und den eingebunden RASs während des Handovers aktiv. Die MS führt die Kommunikation in diesem Fall über zwei verschiedene Funk-Zellen in zwei unterschiedlichen RASs. In der Uplink-Richtung wird der ATM-Zell-Strom von der AMS zusammengefaßt und geordnet. Für das Downlink werden die Daten von der AMS auf das entsprechende Macro-Diversity-Set von VBs übertragen. Für die korrekte Reihenfolge und das verhindern von Dopplern im verschmolzenen ATM-Zell-Strom sind zusätzliche Funktionen in der AMS und den RASs erforderlich. Durch die Standardisierung der AT enthalten sie von Hause aus keine Informationen über die Reihenfolge der Zellen. Um Zellverluste und Doppler zu vermeiden wird für das Netzwerk-HO eine Sequenznummer zu jeder ATM-Zelle hinzugefügt.

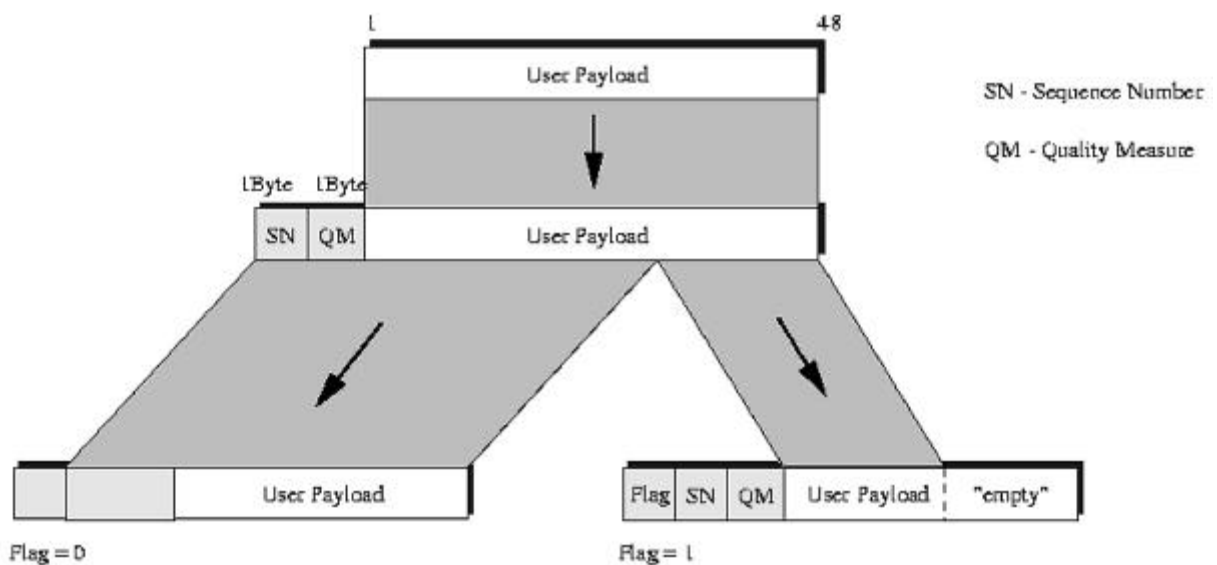


Abbildung 6.2-13 ATM-Zell-Segmentierung für Handover

User Payload - Benutzerdaten

SN - Sequenznummer

QM - Qualitätsmaß

empty - Feld für Füllzeichen

Um die zusätzliche Information in den Zell-Strom mit zu integrieren, ist es notwendig die ATM-Zelle in der AMS und den RASs neu zu packen (siehe Abbildung 6.2-13). Die Gesamtlänge der ATM-Zelle ist auch nach der Teilung immer noch gleich, der Rest in dem zweiten Teil wird aufgefüllt. Die Zusammensetzung passiert entsprechend der angegebenen Sequenznummern und der Flags. In dieser Methode ist ein Qualitätsmaß eingeführt, welches es der AMS erlaubt, eine Entscheidung bezüglich der Empfangsqualität zu fällen, wenn zwei ATM-Zellen mit gleicher Sequenznummer von verschiedenen RASs empfangen wurden.

Im letzten Konzept (C) wird keine zentrale AMS für das Netzwerk-HO verwendet. Alle relevanten Funktionen sind in den RASs implementiert. In einer Grund-RAS, über die die MS anfänglich Verbindung hatte, wurde der original VCC erstellt. Bei jedem HO wird dieser VCC über voreingestellt VCCs mit der neuen RAS verbunden (siehe Abbildung 6.2-14). Diese VCCs sind den VBs vom Virtual-Tree-Verfahren nicht ähnlich, denn sie sind nicht fest zu einer mobilen Verbindung zugeordnet, sondern werden zwischen allen gerouteten MS in dem Bereich genutzt.

Nach dem HO wird die neue RAS einen VCC zur alten RAS mit eingebundener Signalisierung errichten. Uplink-Zellen werden somit unverzüglich weitergereicht. Nach dem Empfang der Signalisierung errichtet der alte RAS einen VCC zur neuen RAS und leitet die gespeicherten und alle folgenden ATM-Zellen über die neue RS zur MS weiter. Bei einem häufigen HO entstehen viele Verknüpfungen von VCCs über die verschiedenen RAS, das bringt eine große Verzögerung mit sich. Um den Mißstand zu beseitigen, wird nach einer bestimmten Anzahl von Netzwerk-HO eine Rout-Optimierung zwischen der Grund-RAS und der gerade aktiven RAS durchgeführt, dadurch werden die Ende-zu-Ende-Verbindungen verkürzt und somit die Verzögerungen gesenkt.

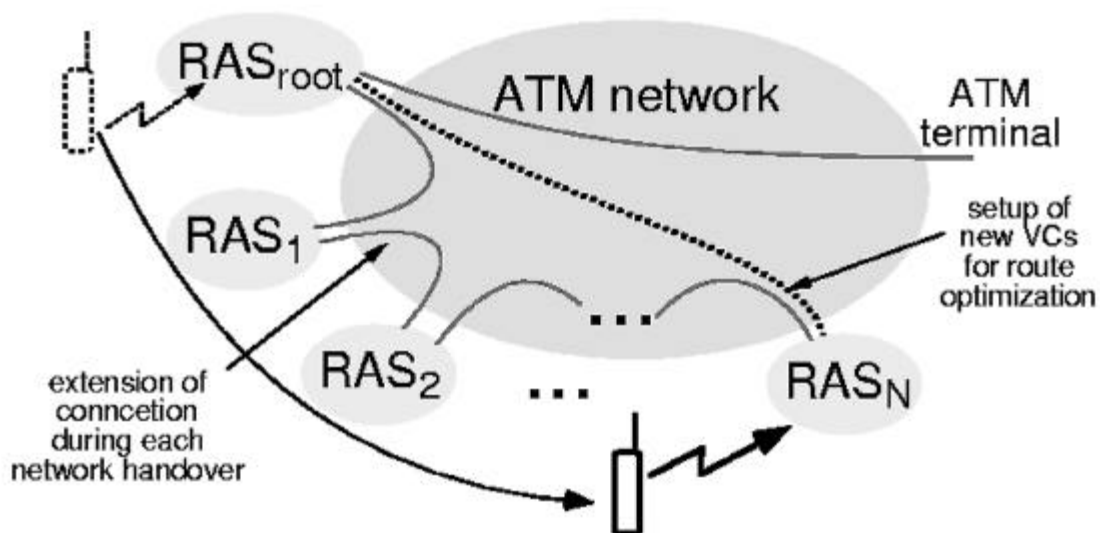


Abbildung 6.2-14 HO mit verknüpften VCCs

Welche der Handover-Varianten letztendlich für die ersten Standardisierungen verwendet wird, oder ob ganz andere Mechanismen benutzt werden, hängt von den zuständigen Gremien und den zukünftigen Erfordernissen ab. Vielleicht ist es möglich eine Ressourcenmanagement einzubringen und unter Beachtung des Mobilitätsverhaltens die Ressourcen dynamisch zu vergeben.

6.3. Projekte von Firmen und öffentlichen Institutionen

Im folgenden stelle ich einige Projekte von Firmen und öffentlichen Institutionen vor, die allesamt die Aufgabe haben, die noch ausstehenden Probleme zu klären und im Laufe ihrer Entwicklungen zu Standardisierungen führen sollen.

Es gibt eine Vielzahl von öffentlich und privat geförderten Projekten, die einen Weg zur Standardisierung finden sollen. Projekte sind das MBS (Mobile Broadband Systems), SAMBA (System for Advanced Mobile Broadband Applications), AWACS (ATM Wireless Access Communication System), WAND (Wireless ATM Network Demonstrator), Median, VANTAGE (VSAT ATM Network Trials for Application Groups across Europe) und ATMmobil vom BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung). In der folgenden Tabelle ist eine Übersicht über die Projekte und ihr Forschungsgebiet dargestellt. Diese Tabelle beansprucht nicht die Vollständigkeit, da in der Zwischenzeit die Forschung immer mehr intensiviert wird.

Bei allen Projekten, die in der folgenden Tabelle aufgeführt sind, gibt es unterschiedliche Schwerpunkte aber auch viele Gemeinsamkeiten, die untersucht werden sollen. Die Entwicklung von Hardwarekomponenten und der Test von Eigenschaften des Funkkanals und der Materialien bis zu 60 GHz steht im Vordergrund. Es wird weiter darum gehen, die Luftschnittstelle und das Kanalzugriffsprotokoll auch auf Basis der oben beschriebenen Ansätze zu definieren.

| | MBS | SAMBA | AWACS | WAND | Median | Vantage |
|-------------------|--------------------------------|---|--------------------------|------------------------------------|---------------|-------------------------------------|
| Frequenzbereich | (40 GHz) 60 GHz | 40 GHz | 19 GHz (40 GHz) | 5 GHz | 60 GHz | |
| Bandbreite | ≤ 136 Mbit/s | 34 Mbit/s | 34 Mbit/s | 20 Mbit/s | ≤ 136 Mbit/s | ≤ 34 Mbit/s |
| Betreiber | öffentl./pr. | öffentl./pr. | öffentlich | privat | privat | öffentlich |
| Anwendungsbereich | im Freien in Gebäuden | im Freien in Gebäuden | im Freien in Gebäuden | in Gebäuden | in Gebäuden | im Freien |
| Demonstrator | nur Übertragung stechnik | medizinische Anwendung, TV-Kamera | virtuelles Büro | medizinische Anwendung, Büro | Büro | Diensteplattform für Projekte |

6.3.1. HYPER-LAN

Nach der Spezifikation von Hiper-LAN 1 (High Performance Radio LAN) (Kapitel 3.4) wurde angefangen, weitere Funk-LAN-Standards auf Basis der ATM-Technik zu erarbeiten. Diese Spezifikationen werden als Hyper-LAN Typ 2, 3 und 4 bezeichnet. Vom ATM-Forum wurde Mitte 1996 eine Arbeitsgruppe „Wireless ATM“ gegründet, die sich mit der Erarbeitung von Spezifikationen für drahtlose ATM-System befassen soll. Die von der ETSI eingesetzte Gruppe RES10 und die WATM-Gruppe arbeiten eng bei der Bewältigung der Probleme zusammen. Die RES10-Gruppe befaßt sich schwerpunktmäßig mit den unteren Schichten, wie der Funkübertragungstechnik und dem Medienzugriff. In der WATM-Gruppe werden hauptsächlich die nötigen Erweiterungen der ATM- und AAL-Schicht spezifiziert.

Da der Hyper-LAN 1 Standard eine zeitkritische Übertragung von Datenblöcken nicht unterstützt, wurden Erweiterungen für die verschiedenen Anwendungsfälle nötig.

| Hyperlan | Typ 2 | Typ 3 | Typ4 |
|--------------------|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| Anwendung | drahtloses ATM-LAN | Punkt-zu-Mehr- punkt-ATM-Verb. | Punkt-zu-Punkt- ATM-Verb. |
| Trägerfrequenz | 5,15 bis 5,3 GHz | | 17,1 GHz bis 17,3 GHz |
| Topologie | zellulare, zentrale Struktur | Punkt-zu-Mehr- punkt-Übertragung | Pinkt-zu-Punkt- Übertragung |
| Antenne | omnidirektional | direktional | |
| Funkreichweite | 50 m bis 100 m | 5 km | 150 m |
| Dienstgütegarantie | ATM-Dienstklassen | | |
| Mobilität | < 10 m/s | stationär; quasistationär | |
| Schnittstellen | ATM-Netze | | |
| Nutzdatenrate | > 20 Mbit/s | | 155 Mbit/s |
| Zellenverzögerung | < 5ms (< 1 ms) | | |
| BER | < 5×10 ⁻¹⁴ | | |
| Produktreife | ca. 2000 | nach 2000 | |

Das Hyper-LAN 2 beschreibt ein Netz für den Zugang von mobilen Terminals zum ATM-Netz. Die Anbindung erfolgt über Glasfaser am ATM-Vermittlungsrechner angebundene Basisstationen. Eine Abdeckung größerer Flächen kann über die Verbindung der Basisstationen im ATM-Netz und eine Frequenzaufteilung zwischen den Zellen erfolgen. Das bei einem Zellenwechsel auftretende Weiterreichen der Verbindung (Handover) unter Beibehaltung der Dienstgüte ist noch nicht spezifiziert. Die dafür nötigen Erweiterungen der ATM-Signalisierung, innerhalb von UNI und NNI, wird von der WATM-Gruppe erarbeitet.

Hyper-LAN 3 Anwendungen liegen im stationären Bereich auf der „letzten Meile“ zum Kunden, da hier die Verkabelungskosten am größten sind. Hyper-LAN 4 Spezifikationen dienen der Hochgeschwindigkeitsverbindung von quasistationären Geräten (Gebäudeverbindungen, Videokonferenzgeräte, Multimediageräte).

6.3.2. ATMmobil vom BMBF

Dieses Projekt wurde vom BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) im April 1996 ins Leben gerufen, und ist bis zum März 2000 befristet. Es soll Methoden für einen nahtlosen Übergang vom drahtgebundenen zum drahtlosen ATM untersuchen. Für die Versuche werden in Abstimmung mit dem FCC (USA) und der CEPT (Europa) im 5 bis 6 GHz Band durchgeführt. Dieses Projekt verfolgt die übergangslose Integration von drahtgebundenen und drahtlosen ATM.

Eine typische mobile Telefonnetzwerk-Topologie basiert auf Basis-Stationen, die eine bestimmte Anzahl von MS in einem kleinen Gebiet (Funk-Zelle) verwalten. Diese Struktur benötigt immer ein weiteres Netzwerk, was die BS untereinander verbindet. Dadurch ist das ganze System sehr restriktiv und unflexibel. Standardisierungen für drahtlose Netzwerke (IEEE 802.11, HYPER-LAN) haben dieses Problem aufgenommen und verfolgen bei ihren Systemen die Ad-hoc-Architektur, bei der alle MS einfach so miteinander kommunizieren können.



Abbildung 6.3-1 BS und Ad-hoc basierte Verbindung [ATMmobil-Projekt]

Welche Technik für ein WATM-Netzwerk ist noch nicht entschieden. Für ein Ad-hoc-Netzwerk muß ein aufwendiges Protokoll (Hohe Entwicklungskosten) zur Überwachung der Dienstgüten eingesetzt werden, es ist dafür leichter zu handhaben (Plug-and-Play-Technik). Ein BS-Netzwerk ermöglicht kein so einfaches Plug-and-Play, weil immer ein Serviceprovider dazwischen sein wird, dafür ist die Protokollentwicklung nicht so aufwendig und die Wartung liegt in der Hand eines Dienstleisters. Verschiedene Szenarien existieren in den Wohnungen und den Büros und z.B. ein Laptop wird in beiden Umgebungen benutzt. Die zu entwickelnden Protokolle sollten beide Topologien unterstützen und untereinander kompatibel sein. Das folgende Bild zeigt eine Topologie für Breitband-ATM-Funk-Zellen.

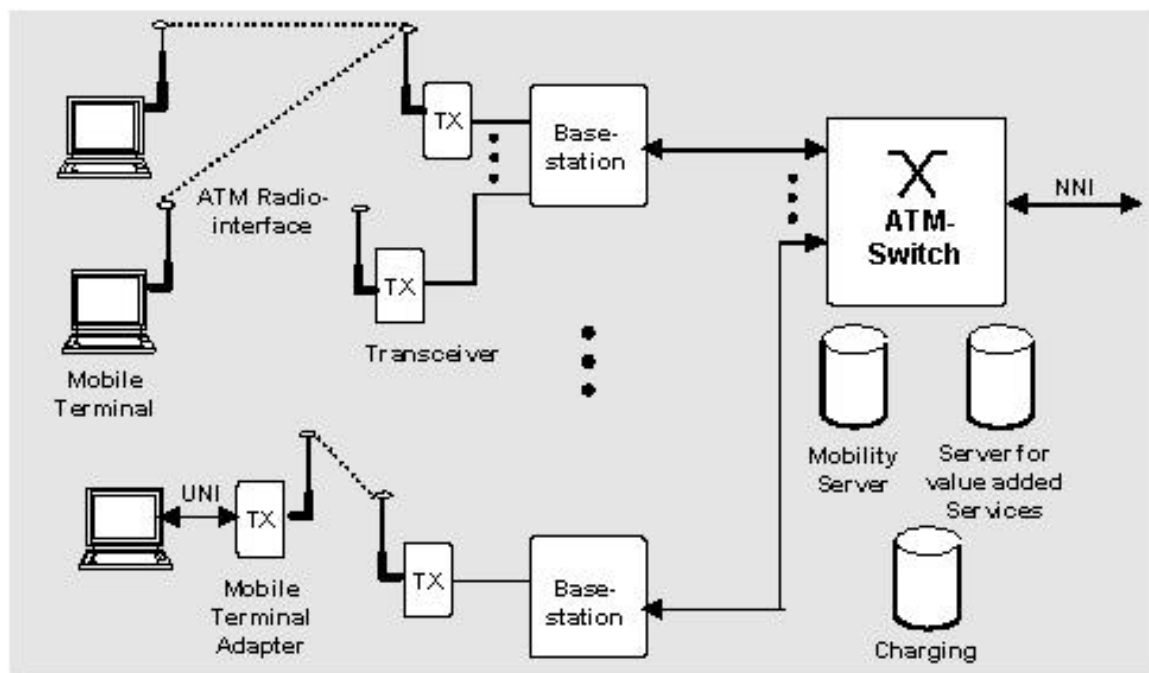


Abbildung 6.3-2 ATM-Funkzell-Demonstration

Ein zellulares ATM-System benötigt einen Breitband Multimedia-Zugriff für mobile Nutzer. Bisher eingesetzte Laptops müssen sich problemlos in dieses Netz mit PC-Karten einbinden lassen. Es müssen Server zum Managen der Funktionen bereitstehen und die Stationen müssen in der Lage sein, sich selbst zu konfigurieren (Plug-and-Play-Prinzip).

Die bisher eingesetzten Mobilfunksysteme ermöglichen eine relativ hohe Mobilität der Teilnehmer, sie sind aber sehr schmalbandig und nur für kleine Datenraten zu gebrauchen. Im IBMS (Integrierendes breitbandiges Mobilkommunikationssystem) verfolgt man einen

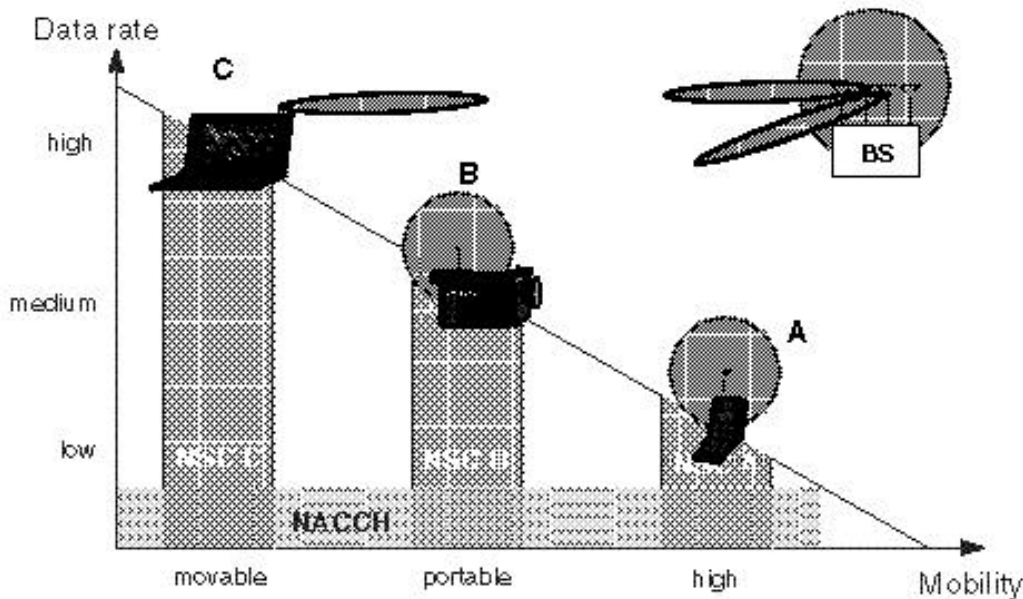


Abbildung 6.3-3 IBMS-Ansatz

Ansatz, der je nach Mobilität eine bestimmte Datenrate zur Verfügung stellt. Im IBMS gibt es die Dienstklassen NSC A, B und C (Network Service Class) (Abbildung 6.3-3). Für den in allen Dienstklassen zur Verfügung stehenden Netzzugang gibt es den gemeinsamen Signalisierungskanal (NACCH - Network Access and Connectivity Channel). Der Abtausch von Mobilität gegen Datenrate wird durch intelligente Antennen erreicht. Die gerichtete Strahlencharakteristik ermöglicht die Übertragung höherer Datenraten, gleichzeitig schränkt eine Sendeeule die Verfolge-Algorithmen ein.

Das Ziel soll sein, daß ein Übergang zu anderen Netzen möglich ist und in allen drei Dienstklassen die Geräte die gleiche Leistung abstrahlen. Da auf Grund der höheren Datenrate die Leistungsdichte viel geringer ist, muß der Antennengewinn von intelligenten Antennen bei ca. 12-15 dB liegen.

Wenn eine bestimmte Dienstqualität nicht mehr aufrecht erhalten werden kann, fällt das System in eine untergeordnetere Kategorie zurück und führt die Anwendung auf dieser Ebene wieder fort. Wenn wieder eine ausreichende Qualität zur Verfügung steht, stellt sich das System automatisch auf die höhere Datenrate um und nimmt die ursprüngliche Dienstklasse wieder an.

6.3.3. Das MBS- / SAMBA-Projekt

Die Grundlagen für MBS (Mobile Broadband System) gehen auf das RACE I Projekt der ETSI zurück, bei dem ein Konzept zur mobilen Breitbandübertragung ausgearbeitet wurde. Im RACE II Projekt MBS werden Grundlagen und Zielparameter ausgearbeitet und in verschiedenen Systembeschreibungen präsentiert. Als Übertragungsspektrum wurden von dem Europäischen Funkkommunikations Büro (ERO-European Radiocommunications Office) zwei Frequenzbänderpaare festgelegt: 39,5-40,5 GHz / 42,5-43,5 GHz und 62-63 GHz / 65-66 GHz. Die ersten Lizenzen sollen nach Abschluß der Standardisierungen im Jahr 2000 von der ETSI und der ERO vergeben werden. Das Folgeprojekt von MBS ist das ACTS-Projekt AC204 SAMBA (System for Advance Mobile Broadband Applications). Es

hat die Aufgabe, eine Versuchsplattform auf der Grundlage der MBS-Konfiguration mit zwei Basisstationen und zwei Mobiles (Portable- und Mobile-Station) zu entwickeln. Es soll eine voll duplex drahtlose ATM-Zell-Übertragung mit einer maximalen Datenrate von 34 Mbit/s im 40 GHz-Band demonstriert werden. Es wurden zwei Zellen realisiert, eine „Street“ Zelle (6m x 200m) und eine „Wide“ Zele (60m x 100m). Das System umfaßt im wesentlichen alle geforderten Funktionen einschließlich einem nahtlosen Handover bei über 50 km/h. Die Verbindung ins fest ATM-Netz wird von der RIA (portugiesische Telekom) über eine nationalen Host gewährleistet. Die Arbeit umfaßt den Entwurf und die Realisierung von Physical-, MAC- und LLC-Layer, so wie auch der Funk-Ressourcen und des Mobilitätsmanagement-Funktionen.

Konzept

Mitels MBS soll Beutzern der mobile Zugriff auf Breitbanddienste ermöglicht werden, die sie auch vom Festnetzanschluß her kennen. Es soll möglich Techniken zur Unterstützung neuer Anwendungen zur Verfügung stellen. Es ist in der Lage Kapazitäten von über 150 Mbit/s für mobile Benutzer in den verschiedensten Umgebungen anzubieten. Die hohen Datenraten bei einer guten Qualität werden hauptsächlich für die Übertragung von Video und Bilddaten benötigt, bei denen eine Komprimierung ein zu hohen Güteverlust bedeuten würde. Das System bietet trotz der angedachten Standardisierungen ausreichende Möglichkeiten auf die Erfordernisse der Benutzer flexibel zu reagieren. Anwender soll es ermöglicht werden eigene, räumlich begrenzte netzte aufzubauen, zu denen nur bestimmte Benutzer zugang haben und in denen man auch den Leistungsumfang einschränken kann.

Luftschnittstelle

Das Hauptmerkmal für die Luftschnittstelle ist die Flexibilität in jeglicher Hinsicht. Die Hauptfragen bestehen bezüglich der verfügbaren Technik und der Erweiterbarkeit und der zu erwartenden Kosten. Es sollen alle Dienste im Kapazitätsbereich von kbit/s bis über 150 Mbit/s und mit den notwendigen QoS, für die ausgehandelte Datenrate, unterstützen. Der Realisierungsaufwand muß den Anforderungen anpassbar sein (Kosten, Performance) und die Möglichkeiten zur Herstellung verschiedener Endgeräteklassen soll gegeben werden. Die Beschränkungen liegen momentan in den verfügbaren Frequenzspektren bei 40 GHz und 60 GHz. Wegen den niedrigeren Ausbreitungsverlusten und der kostengünstigeren Technik, ist das 40 GHz-Band für die erste Markteinführung besser geeignet. Die Funkwellenausbreitung bieten sich durch eine hohe Dämpfung, Dopplereffekte und Mehrwegeausbreitung keine günstigen Voraussetzungen. Das SAMBA-Projekt macht erfolgversprechende Fortschritte in Bezug auf die FEC, die Sende- und Empfangseinrichtungen und der Bestandteile für die Signalverarbeitung.

Die drei Schichten der Luftschnittstelle (Physical-, MAC- und LLC-Layer) sollen auf die anderen BRAN-Projekte (Broadband Radio Access Network) abgestimmt sein, so das am Ende ein einheitlicher Standard gefunden werden kann. Der physische Kanal ist durch eine Trägerfrequenz und einen Satz von Zeitschlitzten (organisiert in Frames mit variabler Länge) charakterisiert. Die Daten werden in einer Sequenz von Bursts in einem Zeitschlitz eines ausgewählten Frequenzkanals gesendet (TDMA). Für die optimale Darstellung der Lösung von Modulationsaspekten sind zwei kompatible OQAM-Typen (Offset Quadratur Amplitude Modulation) verwendet worden. Das ermöglicht programmierbare Modems mit großer Kapazität, die aber einen linearen Leistungsverstärker benötigten. Zur Demonstration wurden einfache 4-OQAM Modems mit nicht linearen Verstärkern benutzt. Für „In-Haus“ und „Outdoor“ werden zwei Klassen definiert, die sich in der Verzögerung, der Reichweite und der Zeitdispersion unterscheiden. Für jede Umgebung werden

verschiedene Datenraten angegeben, z.B. 20 und 40 Mbaud für Bitraten von 40 und 80 Mbit/s. Für höhere Bitraten sollen 4 Trägerfrequenzen parallel genutzt werden. Eine zusätzliche Maßnahme zur Performancesteigerung ist die Verwendung von Antennen, die nur einen bestimmten Sektor abdecken und adaptierende Abstrahlformer verwenden. Das „Beförderungsmittel“ bilden Übertragungsbursts, die aus einer Trainingssequenz, der Nutzlast und dem Tail (Ende) bestehen, in Zeitschlitzten übertragen werden und in Frames organisiert sind. Die Nutzdaten sind über einen ein- oder zwei-stufigen Blockcode codiert und können so korrigiert werden. Die aktuellen Überlegungen beruhen auf der Verwendung von FDD, das einen simultanen Senden und Empfangen mit maximalen Bitraten erlaubt. Das TDD-Verfahren wird für die niedrigeren Kapazitätsanforderungen in Erwägung gezogen.

Login, Funkwegeinrichtung und Aufbau einer Benutzerverbindung

Nach dem Einschalten des Mobil-Terminals oder Mobil-Terminal-Adapters (MTA) muß eine Registrierung im Netzwerk erfolgen. Das Anwendungsprogramm veranlaßt das MRP (Mobility-Ressourcen-Protokoll) die Login-Prozedure zu beginnen. Der MTA überträgt seine Mobile-ID zur BS über den Direkt-Zugangs-Kanal, der in den MAC/LLC-Schichten angesiedelt ist. Die BS leitet diese an den AMS, zur Registrierung und Zuteilung eines fest zugeordneten MRP-Kanals, weiter. Die Mobile-ID wird gespeichert und der MTA ein fester Kanal zugewiesen. Des Weiteren werden die verfügbaren QoS und Verkehrsbeschreibungen zur BS übertragen, damit diese die Funkressourcen dementsprechend zur Verfügung stellen kann. Nach Empfang in der MTA, sendet sie ein Login_ACK (Login-Bestätigung) zum Ende der Login-Prozedure.

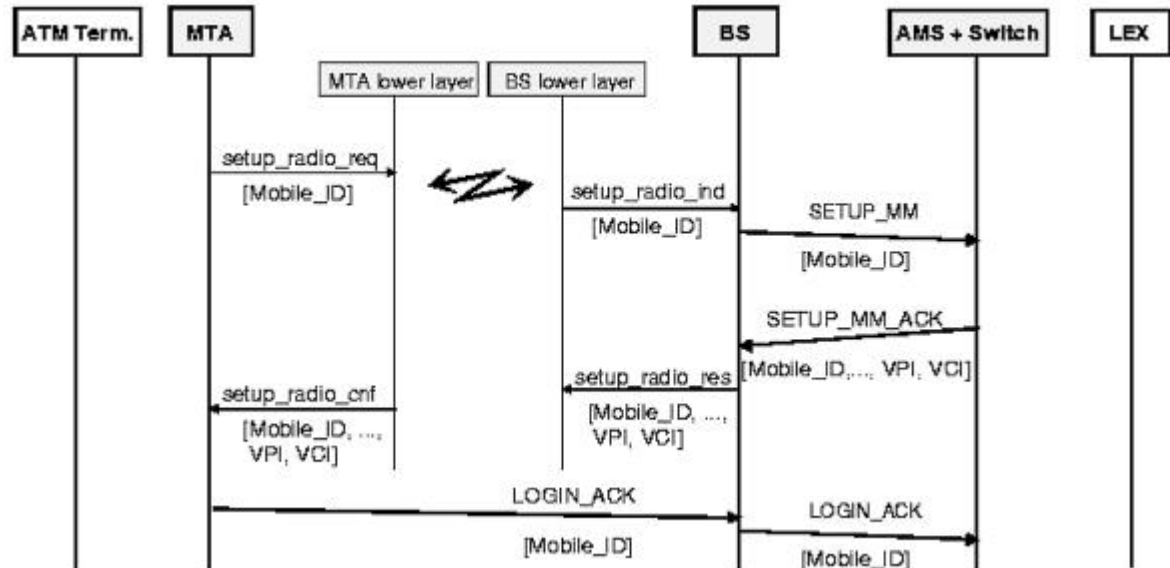


Abbildung 6.3-4 Login des MTA

LEX - Lokale Exchange (festes drahtgebundenes Terminal)

BS - Basis Station

MTA - Mobile Terminal Adapter

AMS - ATM Mobilitäts-Server

Das Terminal bekommt feste Kanäle für die Übertragung zugewiesen. Nach bisheriger vorläufiger Spezifizierung sind das für das Management VPI=0, VCI=16 und für die

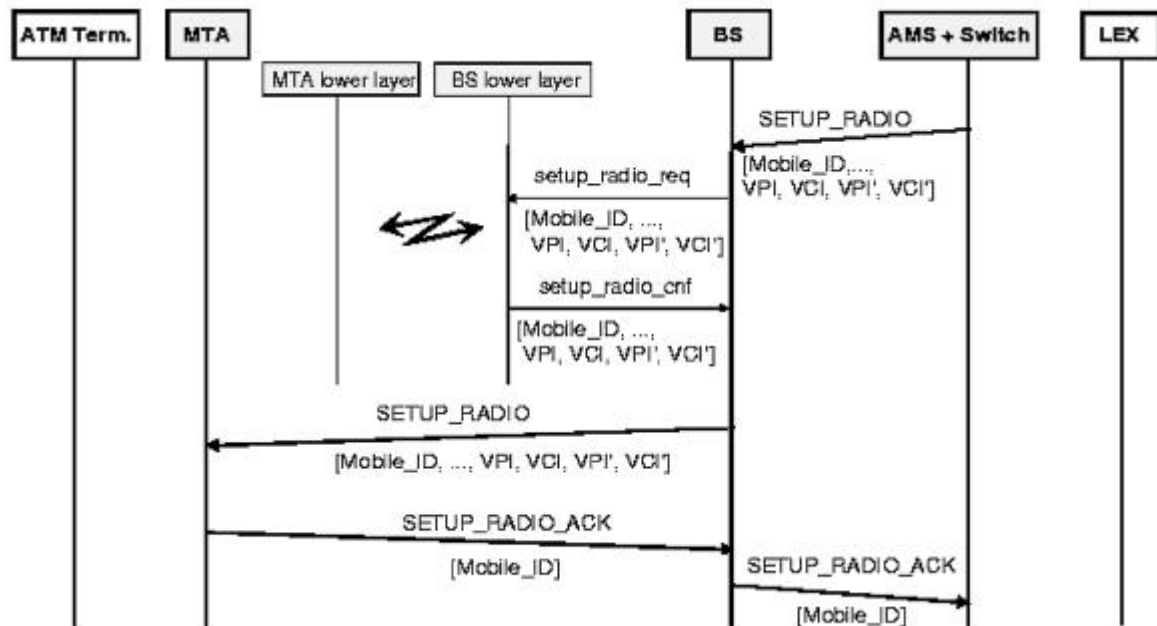


Abbildung 6.3-5 Einrichtung virtueller Kanäle

Datenübertragung VPI=0, VCI=5. Alle ATM-Terminals benutzen für die Übertragung die gleichen Kanäle. Die Luftschnittstelle fungiert als ATM-Multiplexer für virtuelle Verbindungen. Der ATM-Multiplexer routet alle ATM-Zellen gemäß ihrer Adressen. In der Downlink-Richtung von der AMS zur MTA führt dies bei der Signalisierung zu einem Problem, da alle anderen Stationen diese Informationen auch erhalten. Zur Vermeidung des Problems erhält jedes Terminal nach den Ressourcen auch einen eindeutigen virtuellen Signalisierungskanal (SVC-Signalling Virtuel Channel) zugewiesen, der auf der Luftschnittstelle zwischen MTA und BS für die Datenübertragung benutzt wird.

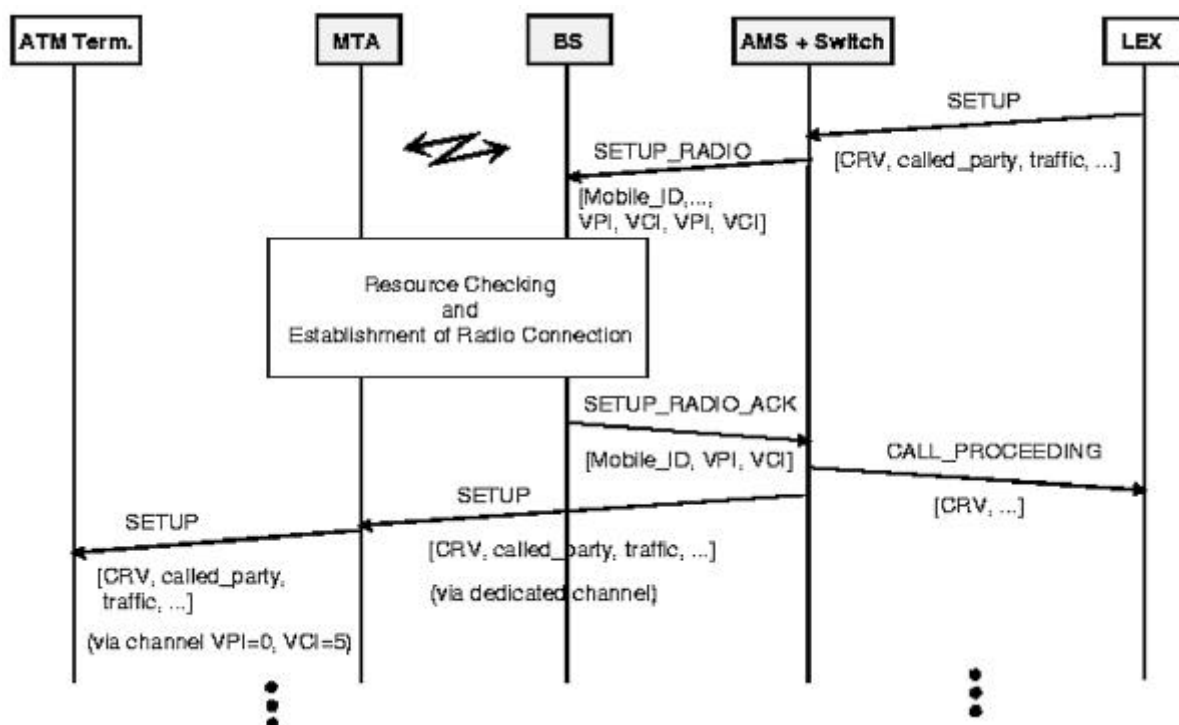


Abbildung 6.3-6 Einrichtung einer Benutzer Verbindung

Die LEX wünscht eine Verbindung zum Mobil-Terminal. Die AMS prüft, ob sich die MAT in ihrem Bereich befindet, und leitet dann den Verbindungswunsch an die entsprechende BS, mit den Angaben zu Mobile-ID, SVC, und VPI/VCI, weiter. Die BS prüft die erforderlichen Ressourcen und baut die entsprechende Verbindung über die entsprechenden Signalisierungen auf. Wenn die Verbindung aufgebaut ist, dann erfolgt eine positive Bestätigung zur AMS, die die CALL_PROCEEDING-Nachricht zur festen Station sendet. Außerdem wird die Nachricht über den Verbindungsaufbau zum MTA über die fest zugeordneten SVCs gesendet. Damit kann jetzt die Datenübertragung beginnen.

6.4. Anwendung

Anwendungsmöglichkeiten bestehen in vielen Bereichen. Es kann auf aufwendige Verkabelungen verzichtet werden. Die Bausubstanz in denkmalgeschützten Gebäuden muß nicht für die vielfältigen Kommunikationsanforderungen immer wieder beschädigt werden. In Bürogebäuden müssen nicht immer wieder aufwendige Verkabelungen vorgenommen werden, oder Anschlüsse versetzt werden. Es besteht außerdem die Möglichkeit alle Kommunikationsformen (Sprache, Video, Daten) über ein Medium und eine Schnittstelle zu führen, was den Verwaltungsaufwand erheblich mindert und Abstimmungsprobleme zwischen den einzelnen Komponenten fast verschwinden. Die Technik ist so ausgelegt, daß auch zukünftige Erfordernisse nahtlos eingegliedert werden können.

Mobile Videoübertragung:

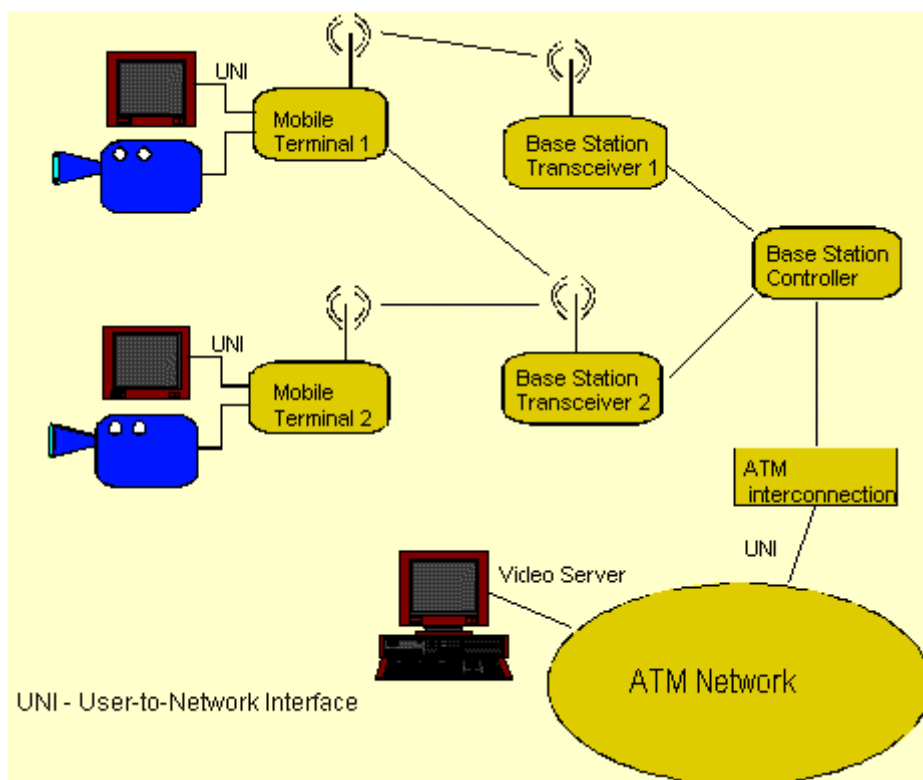


Abbildung 6.4-1 Mobile Videoübertragung

Die mobile Videoübertragung kann zur Überwachung großer und mittlerer Gelände effektiv eingesetzt werden. Ein besonderer Vorteil besteht in der schnellen Anpassung an Ortsveränderungen mit nur minimalen Aufwand an Versorgung mit ortsgebundenen Anschlüssen, z.B. 230V Anschluß, Anpassung der Base Station Transceiver. Ein möglicher Einsatzort wäre auf Großbaustellen und auf weiträumigen spärlich bebauten Geländen, auf denen es zu teuer und aufwendig wäre, Kabel zu verlegen. Die Stromversorgung könnte

über Sonnenkollektoren, Windkraftträder oder Dieselaggregate mit Kopplung über einen Hochleistungsakku und einer USV erfolgen.

Transportwesen:

Im Transportwesen ist eine bessere Ausnutzung der Kapazitäten und der Kombination der einzelnen Transportmittel (LKW, Bahn, Flugzeug, Schiff) möglich. Die Ladungsdaten können direkt im Firmenrechner verarbeitet werden. Mittels Videoüberwachung können und LKWs, Bahnen, Speditionslager, usw. kontrolliert und überwacht werden.

Private Kommunikation:

Nach der Öffnung des Telekommunikationsmarktes ist diese Technik für die vielen neuen Kommunikationsunternehmen sehr interessant. Im Einsatz der Technik auf der „letzten Meile“ zum Kunden kann sie ihre Stärken zeigen. Die Straßen müssen für die aufwendige und teure Endbenutzerverkabelung nicht mehr aufgebuddelt werden. In den Häusern müssen die Unternehmen nicht erst die Leitungen beantragen. Die Versorgung der Einwohner in Großstädten mit Fernsehen und Rundfunk sowie Stadtinformationen könnte einfacher gestaltet werden.

Sicherheitsorgane:

Im Bereich der BOS (Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben) (Polizei, Feuerwehr, Armee, Justiz, private Sicherheitsdienste) ist ein Einsatz gut vorstellbar. Durch die Ad-hoc-Fähigkeit der Terminals und Telefone gestattet bei Katastrophen den spontanen Aufbau eines Steuerungsnetzwerkes. So können Verletzte noch besser auf die Krankenhäuser verteilt werden, die Koordination von Sicherheitskräften und deren Anforderungen ist besser möglich. Der Rat von Experten kann durch die Videoaufnahmen von einer Katastrophe genauer erfolgen.

Medien:

Für die Medienlandschaft wird das neue Kommunikationssystem am meisten Veränderungen bringen. Für Reporter der Schreibenden Zunft ist es möglich die Bilder mit einer Digitalen Kamera aufzunehmen, im Laptop in den Text einzubinden und dann von überall auf der Welt an seine Redaktionszentrale zu schicken. Im TV-Bereich können Reporter vom Ort des Geschehens live Berichten ohne ein Großes Equipment an Sendewagen mitzunehmen. Es können herkömmliche TV-Kameras mit einem zusätzlichen Terminal-Adapter verwendet werden. In der Zukunft wird die Technik noch wesentlich kleiner werden, so daß die Integration in die Geräte kein Problem mehr sein wird.

Medizin:

Konferenzen von Ärzten aus verschiedenen Bereichen können sich spontan zu einem Problemfall verständigen und im Operationssaal direkt Hinweise geben. In der Zukunft wird über Operationsroboter ein Eingriff in den menschlichen Körper über weit entfernte Strecken erfolgen. Innerhalb des Krankenhauses müssen nicht immer wieder Kurven und Berichte doppelt und dreifach ausgefüllt werden, sondern es ist alles über einen Laptop, den man zum Patienten mitnimmt, abrufbar. Die Krankenakten von vorhergehenden Operationen, Röntgenaufnahmen, Computertomografien, usw. sind ohne weiteres Abrufbar und müssen nicht erst in langen Suchaktionen aus den Archiven geholt werden. Die Archivierungsräume sind nicht mehr notwendig und können anderen Aufgaben zugeführt werden.

7. Gesundheitliche Aspekte

Neben den ganzen technischen Aspekten und Problemen dürfen die Auswirkungen Mensch und Natur nicht vergessen werden. Durch die Einführung der Funktelefone und die teilweise panikmachenden Medien wurde die Bevölkerung sensibilisiert und vermutet hinter jeder neuen Funkentwicklung nur noch mehr Belastung und Schädigungen.

Elektromagnetische Wellen gibt es auf der schon seit sie existiert. Zu den Wellen zählen das sichtbare Licht genauso wie die unsichtbaren Anteile im UV- und IF-Bereich. Der Großteil der Strahlung ist natürlich bedingt, z.B. durch Gewitter, Sonne und Kometen. Nach heutigen Erkenntnissen herrscht die Meinung, dass eine zu große Dosis elektromagnetischer Bestrahlung gesundheitsschädlich sein kann. Der Begriff „große Dosis“ ist sehr dehnbar und wird je nach Betrachtungsstandpunkt anders ausgelegt. Seit der Entdeckung der elektromagnetischen Wellen werden diese nicht nur für die Nachrichtenübertragung, sondern auch in der Medizin und zur Materialüberprüfung eingesetzt. In der Medizin können mit Hilfe der Röntgenstrahlung u.a. Knochenbrüche und Gewebsveränderungen erkannt werden. Mit Hilfe von Ultraschall besteht die Möglichkeit Materialfehler in Metallteilen aufzuspüren. Die dabei eingesetzten Ausgangsleistungen liegen oft um ein vielfaches höher als bei den Anwendungen zur Datenübertragung. Die Strahlungen von Computermonitoren, Fernsehern und anderen elektrischen Geräten im Haushalt wird bei den ganzen Diskussionen relativ wenig Aufmerksamkeit geschenkt.

Mit der Einführung der Funktelefone wurden auch viele Forschungsprojekte zum Thema „Umwelt- und Gesundheitsbeeinträchtigungen durch drahtlose Kommunikation“ ins Leben gerufen. Je nach Auftraggeber kommen diese Studien zu den unterschiedlichsten Ergebnissen und ein direkter Zusammenhang konnte bis heute noch nicht nachgewiesen werden. Die Grenzwerte in den Zulassungsvorschriften der Staaten sind sehr unterschiedlich und oft wurden Werte genommen, die auf fragwürdigen Untersuchungen beruhen. Sicher kann man sagen, dass eine Strahlung, die zusätzlich zur natürlichen auf uns einwirkt, nicht gesundheitsfördernd ist. Die zusätzliche Strahlung geht aber dabei nicht nur von Funksendern und -empfängern aus, sondern auch von Kabeln und Leitungen in den Gebäuden, Oberleitungen, usw. Nach bekannt werden der ersten negativen Auswirkungen wurden von Seiten der Hersteller und der Gesetzgeber die Grenzwerte für Sendeleistungen gesenkt und weitere Schutzmechanismen ausgearbeitet.

7.1. Auswirkungen von elektromagnetischen Funkwellen

Es werden im Groben zwei Arten von Strahlung unterschieden, die eine unterschiedliche Wirkung auf den menschlichen Organismus haben: nicht-ionisierende und ionisierende Strahlung. Die nicht-ionisierende Strahlung reicht bis zum sichtbaren Licht. Die langwelligen und energiearmen Strahlen haben nach bisheriger Erkenntnis keinen Einfluß auf die Moleküle der menschlichen Zellen. Sie können aber teilweise den Vogelflug beeinflussen und bei nicht ausreichendem Abstand und in einigen Fällen bei Dauerbelastung zu Störungen der elektrischen Impulse auf den Nervenbahnen führen. Alle technischen Anwendungen (Ausnahme: Labore mit besonderem Schutz) arbeiten in diesen Frequenzbereichen. Die ionisierende Strahlung ist dagegen in der Lage organisches Gewebe zu zerstören, und darf deshalb nicht in technischen Anwendungen für Nicht-Laborgeräte eingesetzt werden.

| Frequenzen | Frequenzbereiche | Anwendungen | Anwendungen Nachrichtentechnik | biologische Wirkung |
|-------------------|------------------|-------------------|--------------------------------|---------------------|
| ionisierend | 10^{20} Hz | Gamma-Strahlung | Ionisierung | Ionisierung |
| | 10^{15} Hz | Röntgen-Strahlung | Medizin Technik | |
| | 10^{15} Hz | UV-Strahlung | Röntgen-fotografie | |
| nicht-ionisierend | 10^{10} Hz | Sichtbares Licht | UV-Lampen | |
| | 10^{10} Hz | IF-Strahlung | | |
| | 10^5 Hz | Lampen | Richtfunk | Wärme |
| | 10^5 Hz | IF-Strahler | Fernsehen | |
| | | Mikrowellenherd | Mobilfunk | |
| | | Kommunikation | Hörfunk | Reiz |
| | | | Amateurfunk | |
| | | | CB-Funk | |
| | | Energietechnik | | Kraft |
| | | Strom | | |
| | | Medizin | | |

IF - Infrarot
UV - Ultra Violett

Abbildung 7.1-1 Frequenzeinteilung, Anwendungen, biologische Wirkung

Die Wirkung der Strahlen wird von zwei Faktoren beeinflusst: Sendeleistung der Geräte und der Abstand zu ihnen. Die Ausgangsleistungen dürfen nach EU-Norm nicht größer als 100mW sein, bei Mikrowellengeräten werden bis zu 1000W eingesetzt. In Mobilfunkgeräten (Handies) dürfen im D-Netz-Bereich max. 2W und im E-Netz-Bereich max. 1W Sendeleistung abgegeben werden. Bei Festgeräten und im C-Netz dürfen es bis zu 20 Watt sein, wobei aber die Antennen nicht am Körper getragen werden dürfen, sondern ein gewisser Sicherheitsabstand einzuhalten ist. Die Entfernung zwischen Sender und Körper spielt bei dem Einfluß der Strahlung eine entscheidende Rolle, denn die Sendeleistung nimmt mit dem Quadrat der Entfernung ab.

Die einzelnen Strahlungsquellen stellen sicher keine Gefahr für Mensch und Umwelt dar, viel interessanter wird da schon die kumulierte elektromagnetische Belastung. Sie entsteht durch die Addition der Funkwellen, die auf den Organismus einwirken. Innerhalb von

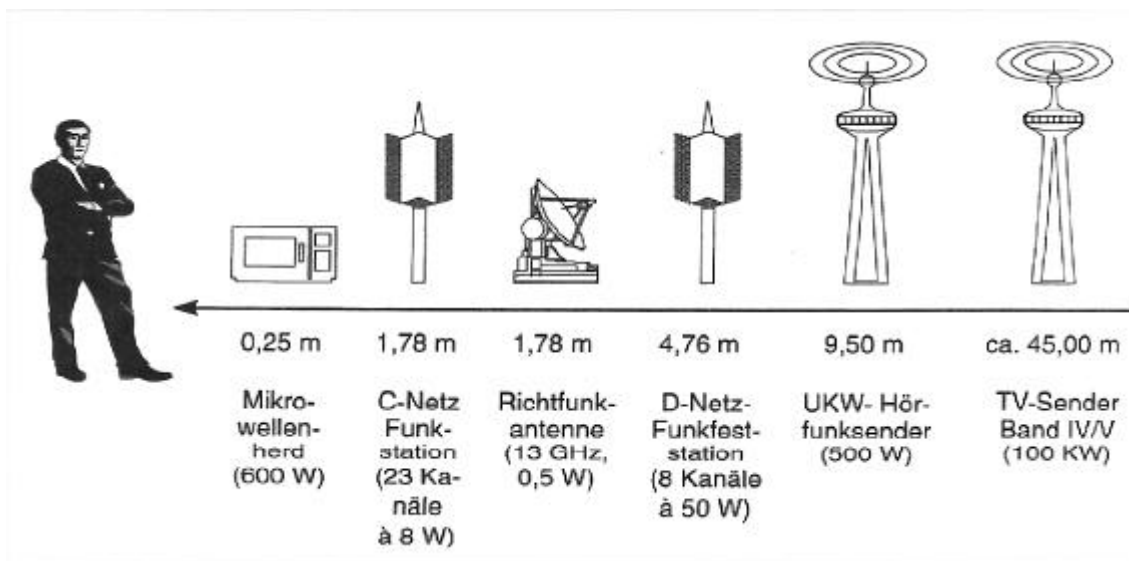


Abbildung 7.1-2 Sicherheitsabstand für Daueraufenthalt nach DIN/VED 0848 [4, S.103]

Gebäuden kann diese Belastung schnell ansteigen. In modernen Bürohäusern gibt es teilweise drahtlose lokale Netze, Mobilfunkstationen um auch innerhalb des Gebäudes mobil erreichbar zu sein und meist noch eine Hausfunktanlage für die arbeitenden Techniker. Dazu kommt vielleicht noch der Einfluß einer auf dem Dach stehenden Basisstation der Mobilfunkbetreiber. Bei dieser Anhäufung kann man sich oft nicht mehr auf die vorgegebenen Grenzwerte für die einzelnen Funkquellen verlassen, meist sind spezielle Messungen innerhalb der Gebäude an verschiedenen Orten durchzuführen. Die Grenzwerte stehen in den EMV (Elektromagnetische Verträglichkeit) und EMVU (EMV für die Umwelt) -Vorschriften. Die EMV-Grenzwerte sind im wesentlichen durch die bekannten physikalischen Gesetzmäßigkeiten festgelegt. Im Gegensatz dazu beruhen die EMVU-Grenzwerte nur auf empirischen, biologischen und medizinischen Aspekten und werden laufend periodisch national und weltweit auf ihre Gültigkeit hin überprüft. Wenn die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse und Forschungsergebnisse andere Grenzwerte empfehlen, dann werden die Vorschriften angepaßt. Im schlimmsten Fall müssen auch die Leistungen von Sendeanlagen reduziert, oder sie müssen demontiert und an anderer Stelle neu aufgebaut werden.

| Art der Belastung | städtische Umgebung | ländliche Umgebung |
|---|-------------------------------|-------------------------------|
| natürliche Grundbelastung | 0,003 W/m ² | 0,003 W/m ² |
| durchschnittlich heute vorhandene Belastung | 0,020 W/m ² | 0,005 W/m ² |
| zusätzliche Belastung durch D-Netze | 0,0002 W/m ² | 0,0002 W/m ² |
| zusätzliche Belastung unbekannter Funkquellen | ??? | |
| gesamte Belastung | 0,0232 W/m ² + ??? | 0,0052 W/m ² + ??? |
| heutiger Grenzwert | 10 W/m ² | |

Ein nach neuesten Erkenntnissen großer Unterschied besteht auch in der Art der Übertragung. Bei Geräten mit konstanter Amplitude (CDMA-Verfahren) sind wesentlich geringere gesundheitliche Risiken zu erwarten, als bei Geräten, die eine die Daten mittels einer sich ändernden Amplitude (TDMA-Verfahren) übertragen (gepulste Sendeleistung) (Studie von Niels Kuster, ETH Zürich). Worauf diese Unterschiede zurückzuführen sind, ist bisher noch nicht geklärt.

Biologische Wirkung

Für elektromagnetische Strahlungen hoher Leistung gibt es bisher aussagekräftige Forschungsergebnisse. Im Bereich niedriger Leistungen sind bisher schon Störeffekte beobachtet worden, die genauen Wirkungsmechanismen sind bislang aber noch weitgehend unbekannt. Die heutigen Untersuchungen unterscheiden zwischen thermischer und athermischer Wirkung elektromagnetischer Strahlung.

Thermische Effekte auf den menschlichen Organismus sind schon lange bekannt und haben keine kumulierende Wirkung im Körper, d.h. es können keine Anreicherungen oder Langzeitwirkungen im Körper nachgewiesen werden. Von den medizinischen Behandlungen sind bislang keine negativen Nebenwirkungen bekannt geworden.

Dahingegen werden die athermischen Effekte als äußerst kritisch eingestuft und können besonders im niederfrequenten Bereich (um 50 Hz) zu Störungen des Stoffwechsels, des Herz-Kreislauf-Systems, des endokrinen Systems und des zentralen Nervensystems führen.

Veränderungen können beim Kalzium-Transport durch die Membranen, der Blutbildung, der Reaktionsfähigkeit und der Merkfähigkeit auftreten. Alle befürchteten Rückschlüsse der Berichte sind bisher nur Hypothesen die noch bewiesen werden müssen.

7.2. Infrarotstrahlung

Auch wenn man annehmen mag, daß die IF-Strahlung kaum Gefahren mit sich bringt, sollten einige Faktoren trotzdem nicht außer acht gelassen werden. Durch IF-Strahlen werden am meisten die Augen und die Haut beeinflusst, wobei die Netzhaut der Augen am empfindlichsten reagiert. Je gebündelter und leistungsfähiger eine Strahlungsquelle ist, desto größer wird das Gefahrenpotential. Lasergeräte unterliegen einer besonderen Schutzvorschrift, in der unterschiedliche Gefahrenklassen angegeben sind. Für den Einsatz von drahtlosen lokalen Netzwerken kommen meist nur diffuse Strahler mit geringer Leistung zum Einsatz, die die Strahlung streuen, und somit die Strahlungsdichte reduziert wird. Für eine Aufbau eines lokalen Netzes mit IF-Sendern und -Empfängern gibt es keine gesetzlichen Grenzwerte bezüglich der Sendeleistung und der Strahlungsdichte.

8. Bewertung

Die Erweiterung der drahtgebundenen Technik mit der drahtlosen Kommunikation bringt viele Vorteile, es birgt aber auch einige Gefahren. Es wird auch in Zukunft nicht wesentlich mehr sinnvolle Informationen geben, die übertragen werden müssen. Viele Nachrichten sind redundant und oft ist es sinnvoll nur einen Auszug aus den vielen Informationen zu haben. Der menschliche Geist jedes Einzelnen wird um so mehr gefordert sein, die für ihn wichtigen Informationen zu selektieren. Es gibt bei reiner Anwendung der Technik an für sich weniger Möglichkeiten der Manipulation, aber trotzdem sollte man immer seinen gesunden Verstand einsetzen, und fragen ob ich das alles brauche. Es wird viele Anwendungen geben, für die es sich lohnt die neue Technik einzusetzen. Es werden große wirtschaftliche Interessen mit spielen, ob eine weltweites Funk-ATM-Netzwerk aufgebaut wird oder nicht. Für Privatpersonen, wird sich die Benutzung in der näheren Zukunft vor allem auf den quasistationären Bereich in der Wohnung oder im Haus beschränken. Telefon, Fernseher, Radio und PC werden nur noch eine Stromanschluß benötigen. Die Daten werden über kleine Sender und Empfänger an jedem Gerät ausgetauscht, das ermöglicht auch eine bessere Kombination der einzelnen Geräte.

Ich denke jeder sollte aufmerksam die Entwicklungen beobachten und seine Schlüsse daraus ziehen. Ein Wegsehen und nicht Beachten wird die technische Entwicklung nicht aufhalten, es würde nur zu einem Punkt führen, an dem man von der Technik kontrolliert wird, was eigentlich nicht passieren sollte. Die Technik darf nicht zu einem Monopol eines einzelnen werden. Bei einer Monopolstellung eines einzelnen, oder einer kleine Gruppe von Firmen, könnten leicht Szenarien entstehen, wie sie schon George Orwell in „1984“ und Aldous Huxley in „Schöne neue Welt“ beschrieben haben.

9. Abkürzungen

A / B

| | |
|-----------|--|
| AAL | ATM Adaption Layer |
| ABR | Available Bit Rate |
| AC | Authentication Center, Berechtigungszentrum |
| AM | Amplituden Modulation |
| AMS | ATM-Mobility Server |
| ARQ | Automatic Repeat Request |
| ASK | Amplitude Shift Keying |
| ATM | Asynchroner Transfer Mode |
| ATM-Zelle | Übertragungsframe, aufgebaut aus Kopf-, Nutz- und Endedaten |
| AUI | Attachment Unit Interface |
| BER | Bit Error Rate, Bit Fehler Rate |
| B-ISDN | Breitband-ISDN |
| Bit | Kleinste Dateneinheit in der Nachrichtentechnik |
| BPSK | Binary PSK |
| BRAN | Broadband Radio Access Network |
| BRAN | Broadband Radio Access Network |
| Broadband | Breitband - Ein Service oder System, das Übertragungskanäle mit größeren Datenraten als ISDN verlangt. |
| Broadcast | Datenübertragung an alle Adressen oder Funktionseinheiten |
| BS | Basis Station |
| BSC | Basis Station Controler |
| BT | Broadband Termination |
| BTC | Broadband Termination Controler |
| BTS | Base Transiver Station |
| Burst | Gesamtheit aller Datenblöcke oder Frames, die in einem Zeitschlitz übertragen werden sollen |
| Byte | 8 Bit, In Byte erfolg meistens die Angabe der Datenmangen oder Übertragungsmengen |

C / D

| | |
|---------|--|
| CBR | Constant Bit Rate |
| CDMA | Code Division Multiple Access |
| CEPT | Conférence Européenne des Postes et Télécommunications |
| CN | Core Network; Basis Netzwerk |
| COFDM | Code Offset Frequency Division Multiplexing |
| CPCS | Common Part Convergence Sublayer |
| CS | Convergence Sublayer |
| CSI | Convergence Sublayer Inikation |
| CSMA/CA | Carrier Sens Multiple Access / Collision Avoidance |

| | |
|---------------|---|
| CSMA/CD | Carrier Sens Multiple Access / Collision Detection |
| CT | Cell-Type |
| DECT | Digital European Cordless Telephone |
| DIX | DEC-Intel-Xerox, Firmenallianz für Ethernet-Spezifikation |
| DLC | Data Link Control |
| DQDB | Distributed Queue Dual Bus |
| DSMA | Digital Sens Multiple Access |
| DSMA | Digital Sens Multiple Access |
| DSSS | Direct Sequence Spread Spectrum |
| E / F | |
| EIR | Equipment Identity Register, Geräte-Identifizierungsregister |
| EMV | Elektro Magnetische Verträglichkeit |
| EMVU | EMV für die Umwelt |
| End delimiter | Ende Abgrenzung |
| ETSI | European Telecommunication Standards Institute |
| FDD | Frequency Division Duplexing |
| FDDI | Fiber Distributed Data Interface |
| FDMA | Frequency Division Multiple Access |
| FEC | Forward Error Correction, fehlerkorrigierte Codiervverfahren |
| FFSK | Fast FSK |
| FHSS | Frequency Hopping Spread Spectrum |
| FM | Frequenz Modulation |
| Frame | Datenblock mit allen Kopf- und Endinformationen, der übertragen werden soll; meist in der Schicht vor der Bitübertragungsschicht erstellt |
| FSK | Frequency Shift Keying |
| FTP | File Transfer Protocol |
| Funk-Zelle | idealisiert eine hexagonale Form, Bereich in dem eine MS Empfangen und Senden kann |
| FZB | Funkzugbeeinflussung |
| G / H | |
| GMSC | Gateway MSC |
| GMSK | Gaußches MSK |
| GPS | Global Positioning System, Satellitenortungssystem |
| GSM | Global System for Mobile Communications |
| Handover, HO | Übergabe eines Teilnehmers mobilen Benutzers an eine andere Sende/Empfangsstation |
| HDLC | High Level Data Link Control |
| HDLC | High Level Data Link Control |
| HEC | Header Error Control |
| HLR | Home Location Register |

| | |
|--------------|---|
| HTTP | Hyper Text Transfer Protocol |
| HYPER-LAN | High Performance Lokal Area Network |
| I / J | |
| IEEE | Institut of Electrical and Electronics Engineers |
| IETF | Internet Engineering Task Force |
| IF-Strahlung | Infrarot-Strahlung |
| IMEI | International Mobile Equipment Identity |
| IP | Internet Protocol |
| IPX | Internet Paket Exchange |
| IPX / SPX | Internet Packet Exchange / Sequential Packet Exchange |
| ISDN | Integrated Services Digital Network |
| ISM- Band | Instrumental, Scientific and Medical Band |
| ISMI | International Subscriber Mobile Identity |
| ISO | International Standardization Organisation |
| ITU-T | Vereinigung zur Standardisierung von Telekommunikationstechniken |

K / L

| | |
|-----|---------------------------------------|
| LAN | Lokal Area Network |
| LLC | Logical Link Control |
| LWL | Licht-Wellen-Leiter (Glasfaser-Kabel) |

M / N

| | |
|---------|---|
| MAC | Medium Access Control |
| MAN | Metroplitan Area Network |
| MAP | Mobile Application Part |
| MAU | Medium Attachment Unit |
| MBS | Mobile Broadband System |
| MDI | Medium Dependent Interface |
| MODACOM | Mobil Data Communication, DeTeMobil Datenfunksystem |
| MS | Mobile Station (Handy, Portable, Laptop) |
| MSC | Mobile Station Controler |
| MSK | Minimum Shift Keying |
| MTA | Mobile Terminal Adapter |
| NAP | Network Access Point, Netzwerk Zugangspunkt |
| NCP | Netware Core Protocol |
| Netbios | Network Basic I/O-System |
| NMC | Network Management Controller |
| NNI | Network to Network Interface |
| NVM | None Volatile Memory |

O / P

| | |
|----------|---|
| OAM | Operation and Maintance |
| ODI | Open Data Link Interface |
| OQPSK | Offset-QPSK |
| OSI | Open Systems Interconnection |
| PCM | Pulse Code Modulation |
| PDU | Protocol Data Unit |
| PIN | Personal Identity Number |
| PM | Phasen Modulation |
| PMA | Physical Medium Attachment |
| Portable | quasistationäres Gerät; Gerät, das immer an einem festen Platz steht, aber bei einem Umbau schnell wo anders hingestellt werden kann. |
| PSK | Phase Shift Keying |

Q / R

| | |
|--------|--|
| QAM | Quadratur Amplitude Modulation |
| QoS | Quality of Service |
| QPSK | 4-PSK |
| RAS | Radio Access System, Funk Zugangssystem |
| RD-LAP | Radio Data Link Access Protokoll, Motorola-Standard |
| RFC | Request for Comments, Standardisierungen zu TCP/IP-Protokoll |
| RIP | Routing Information Protocol |
| RNC | Radio Network Controller, Verwendung in MODACOM |
| RNG | Radio Network Gateway , Verwendung in MODACOM |
| RNG | Radio Network Gateway |
| RQCH | Request Channel |
| RXLEV | Received Signal Input Level, Empfangspegel bei Handover |
| RXQUAL | Received Signal Quality, Empfangsqualität bei Handover |

S / T

| | |
|-------|---|
| SAMBA | System for Advance Mobile Broadband Applications |
| SAP | Service Access Point |
| SAP | Service Advertising Protocol; Verwendung bei Novel im IPX/SPX-Protokoll |
| SAR | Segmentation and Reassembly Sublayer |
| SDH | Synchrone Digitale Hierarchie |
| SIM | Subsrciber Identity Module |
| SN | Sequence Number |
| SNMP | Simple Network Management Protocol |
| SPX | Sequential Packet Exchange |
| SSCS | Service Specified Convergence Sublayer |
| STDM | Synchron Time Division Multiplexing |
| TA | Terminal Adapter |

| | |
|-------|-------------------------------|
| TC | Transmission Convergence |
| TCP | Transmission Control Protocol |
| TDD | Time Division Duplexing |
| TDMA | Time Division Multiple Access |
| TETRA | Trans European Trunked Radio |
| TFTP | Trivial FTP; einfaches FTP |
| Tln | Teilnehmer |
| TRAU | Transcoder/Rate Adapter Unit |

U / V

| | |
|--------------|----------------------------|
| UBR | Unsoecified Bit Rate |
| UNI | User to Network Interface |
| UV-Strahlung | Ultraviolette Strahlung |
| VB | Virtual Branch |
| VBR | Variable Bit Rate |
| VCC | Virtual Channel Connection |
| VCI | Virtual Channel Identifier |
| VLR | Visitor Location Register |
| VPI | Virtual Path Identifier |
| VT | Virtual Tree |

W / X

| | |
|------|-------------------|
| WAN | Wide Area Network |
| WATM | Wireless ATM |

Y / Z

| | |
|-----|-------------------------|
| ZBS | Zugbeeinflussungssystem |
|-----|-------------------------|

10. Literaturverzeichnis

10.1. Quellen

- [1] M. de Prycker: Asynchrones Transfer Mode
München, London, Mexiko, New York [u.a.]: Prentice Hall, 1996
- [2] Gerd Siegmund: Technik der Netze
Heidelberg: R. v. Decker's Verlag, 3. Neubearb. und erw. Auflage, 1996
- [3] K. David, T. Benker: Digitale Mobilfunksysteme
Stuttgart: B. G. Teubner, 1996
- [4] Michael Molinari: Drahtlose lokale Netze
Bergheim: DATACOM-Verlag, 1994
- [5] Heinz Preibisch [Hrsg.]: GSM-Mobilfunk-Übertragungstechnik
Berlin: Schiele & Schön, 1994
- [6] Heinz-Gerd Hegering: Ethernet: Basis für Kommunikationsstrukturen
Bergheim: DATACOM-Verlag, 1992

- [7] Franz-Joachim Kauffels: Einführung in die Datenkommunikation
Bergheim: DATACOM-Verlag, 4. akt. und erw. Auflage, 1991
- [8] Anatol Badach: High Speed Internetworking: Grundlagen und Konzepte des FDDI-
und ATM-Einsatzes
Addison-Wesley (Deutschland) GmbH, 1. Auflage 1994
- [9] VDE - ntz: Information + Telekommunikation Nachrichtentechnische Zeitschrift
Berlin: VDE-Verlag GmbH
- [10] TeMedia: Power Managment + INTEC (Zeitschrift)
Bonn: TeMedia Verlags GmbH
- [11] K. Gören: Grundlagen der Kommunikationstechnologie
Berlin: Springer-Verlag, 1985
- [12] C-K. Toh: Wireless ATM and AD-HOC Networks
Dodrecht (NL): Kluwer Academic Publishers, 1997
- [13] James Martin: Local Area Networks
Englewood Cliffs, New Jersey (USA): PTR Prentice Hall, 1994

10.2. Internetadressen

Adresse (<http://>)

Firma / Institution

| | |
|---|--|
| www.vdi.de | VDI, Verein Deutscher Ingenieure |
| www.din.de | Deutsches Institut für Normung |
| www.iso.ch | ISO Online |
| www.etsi.net/ | The ETSI WWW Server |
| hostria.cet.pt/samba/General/ GeneralMain.htm | SAMBA-Projekt |
| www.atmforum.com/ | ATM-Forum |
| www.fgf.de/ | Forschungsgemeinschaft Funk e.V. |
| www.ifn.et.tu-dresden.de/mks.htm/ | TU Dresden - Lehrstuhl für Mobile Nachrichtensysteme |
| www.gsmworld.com/ | GSM MoU Association |
| www.gsmdata.com/ | GSM Data |
| www.berkom.de/ | DeTeBerkom Home Page |
| www.gmd.de/Welcome.de.html | GMD HomePage - Forschungszentrum Informationstechnik GmbH |
| www.dfn.de/ | Deutsches Forschungsnetz e.V. - DFN-Verein |
| www.vde-verlag.de/ | VDE-Verlag |
| www.ieee.net | Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. |
| www.wlana.com | The Wireless LAN Alliance |
| grouper.ieee.org/groups/802/11/ | IEEE 802.11, Working Groups for wireless LAN's |
| www.comnets.rwth- aachen.de/project/ATMmobil/home.html | ATMmobil - Projekt |
| www-ibms.ee.tu-berlin.de/ | Integrierendes breitbandiges Mobilkommunikationssystem |