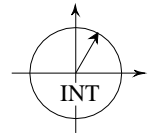


UNIVERSITÄT KARLSRUHE
INSTITUT FÜR NACHRICHTENTECHNIK
Prof. Dr.rer.nat. Friedrich Jondral



Notebook University

Charakterisierung von UMTS und WLAN

Michael Grimm, Gunther Sessler und Friedrich Jondral

30.09.02

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	WLAN	3
2.1	WLAN-Standards	4
2.2	IEEE 802.11b	5
2.3	OFDM-basierte Standards	13
3	UMTS	15
3.1	DS-CDMA	18
3.2	Unterschiede zwischen UTRA-FDD und UTRA-TDD	19
3.3	UMTS Netzwerk-Architektur	22
4	Vergleich der Systeme	25

Abbildungsverzeichnis

2.1	Mobilität und Datenrate bei WLAN	3
2.2	WLAN-Standards	5
2.3	Vergleich der Standards	6
2.4	Kanalaufteilung bei IEEE 802.11b	7
2.5	Reichweite eines Access Points	8
2.6	IEEE 802.11b Modulationsarten	9
2.7	IEEE 802.11b Sendeeinheit für 11 Mbit/s	10
2.8	WLAN Netz-Topologien	12
3.1	Entwicklung in der Mobilkommunikation	15
3.2	Mobilfunksysteme der 3. Generation	16
3.3	Kanalaufteilung bei UMTS	17
3.4	Frequenzwiederholffaktoren	19
3.5	Prinzip der Spreizung	20
3.6	Übertragung mit DS-CDMA	20
3.7	UTRA Modulator-Strukturen	21
3.8	UMTS Architektur	23
4.1	UMTS und WLAN	25

Abkürzungsverzeichnis

Akronym	Beschreibung
ACK	Acknowledgement
AP	Access Point
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BPSK	Binary Phase Shift Keying
BSC	Base Station Controller
BSS	Basic Service Set
CCK	Complementary Code Keying
CDMA	Code Division Multiple Access
CFP	Contention Free Period
CN	Core Network
CP	Contention Period
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance
CTS	Clear-to-Send
DBPSK	Differential Binary Phase Shift Keying
DCF	Distributed Coordination Function
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications
DFT	Discrete Fourier Transformation
DL	Downlink
DQPSK	Differential Quadrature Shift Keying
DPCCH	Dedicated Physical Control Channel
DPDCH	Dedicated Physical Data Channel
DS	Distribution System
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum
DUKATH	Drahtlose Universität Karlsruhe (TH)
EDGE	Enhanced Data for GSM Evolution
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FBI	Feedback Information
FDD	Frequency Division Duplex
FFT	Fast Fourier Transformation
FHSS	Frequency Hopping Spread Spectrum
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GMSC	Gateway Mobile Switching Center

Abkürzungsverzeichnis

Akronym	Beschreibung
GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying
GPRS	General Packet Radio Services
GSM	Global System for Mobile Communication
HIPERLAN	High Performance Radio LAN
HL	HIPERLAN
HLR	Home Location Register
HSCSD	High Speed Circuit Switched Data
IBSS	Independent Basic Service Set
IDFT	Inverse Discrete Fourier Transformation
IEEE	Institute for Electrical and Electronic Engineers
IFFT	Inverse Fast Fourier Transformation
IMT	International Mobile Telecommunications
I-/Q-	Inphasen-/Quadraturphasen-
IR	Infrarot
IS	Interim Standard
ISM	Industrial, Scientific and Medical
ISO	International Standards Organization
ITU	International Telecommunications Union
LAN	Local Area Network
MAC	Medium Access Control
MAI	Multiple Access Interference
MSC	Mobile Switching Center
NAV	Network Allocation Vector
NUKATH	Notebook University Karlsruhe (TH)
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplex
OSI	Open Systems Interconnection
OVSF	Orthogonal Variable Spreading Factor
PCF	Point Coordinate Function
PCMCIA	Personal Computer Memory Card International
PDC	Personal Digital Cellular
PHY	Physical Layer
PN	Pseudo-Noise
PSK	Phase Shift Keying
QoS	Quality of Service
QPSK	Quadrature Shift Keying
RNC	Radio Network Controller
RNS	Radio Network Subsystem
RTS	Request-to-Send
SF	Spreizfaktor
SGSN	Serving GPRS Support Node
TDD	Time Division Duplex
TDMA	Time Division Multiple Access

Akronym	Beschreibung
TFCI	Transport Format Combination Indicator
TPC	Transmit Power Control
UE	User Equipment
UL	Uplink
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UTRA	UMTS Terrestrial Radio Access
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network
UWC	Universal Wideband Communication
VLR	Visitor Location Register
Wi-Fi	Wireless Fidelity
WLAN	Wireless Local Area Network

Abkürzungsverzeichnis

1 Einleitung

Im Rahmen des Projektes *Notebook University Karlsruhe (TH)* (NUKATH) soll das vorhandene Campus-Netzwerk in die UMTS-Infrastruktur eingebunden werden mit dem Ziel, Lehrenden und Lernenden überall auf dem Gelände der Universität den Zugang zu Daten auf den verschiedenen Servern der Hochschule zu ermöglichen und gleichzeitig eine hohe Mobilität der Nutzer zu erlauben.

Die vorliegende Charakterisierung von UMTS und WLAN bildet dazu einen ersten Schritt. In der weiteren Vorgehensweise wird als nächstes die Signalverarbeitungsstruktur von UMTS/WLAN Multimode Terminals erarbeitet, die einen Standard der dritten Mobilfunkgeneration sowie einen WLAN Standard beherrschen. Danach werden die Systemaspekte analysiert und die sich aus der Vereinigung von UMTS und WLAN ergebenden Synergien untersucht. Fragestellungen der Abrechnungen, des Netzbetreibers und der Bildung verschiedener Benutzergruppen werden diskutiert. Schließlich soll ein "Feldversuch" geplant und durchgeführt werden, um den Einsatz eines Multimode Terminals für die Zwecke des NUKATH Projektes zu beurteilen.

In dieser Ausarbeitung werden die wesentlichen Eigenschaften von WLAN und UMTS dargestellt. In Kapitel 2 werden zunächst die verschiedenen WLAN Standards vorgestellt mit dem Schwerpunkt auf IEEE 802.11b, da dieser Standard an der Universität bereits als DUKATH (Drahtlose Universität Karlsruhe (TH)) verwendet wird. Im Anschluss daran findet sich in Kapitel 3 die Beschreibung der wesentlichen Komponenten von UMTS. Hierbei wird ausschließlich auf die in Europa relevanten Standards UTRA-FDD und UTRA-TDD eingegangen. Den Abschluss bildet Kapitel 4 mit einem zusammenfassenden Vergleich der beiden Systeme.

1 *Einleitung*

2 WLAN

WLAN steht für *Wireless Local Area Network* und bezeichnet damit eine Technologie zum drahtlosen Aufbau lokaler Rechnerkommunikationsnetze. Aktuelle WLAN-Systeme zeichnen sich durch eine hohe Datenübertragungsrate von bis zu 54 Mbit/s und Funkreichweiten zwischen 20 und 500 m (je nach Umgebung) aus. WLAN Systeme nutzen die frei zugänglichen Frequenzbereiche bei 2,4 GHz oder 5 GHz. Abbildung 2.1 zeigt die Hauptmerkmale und Einsatzgebiete von WLANs.

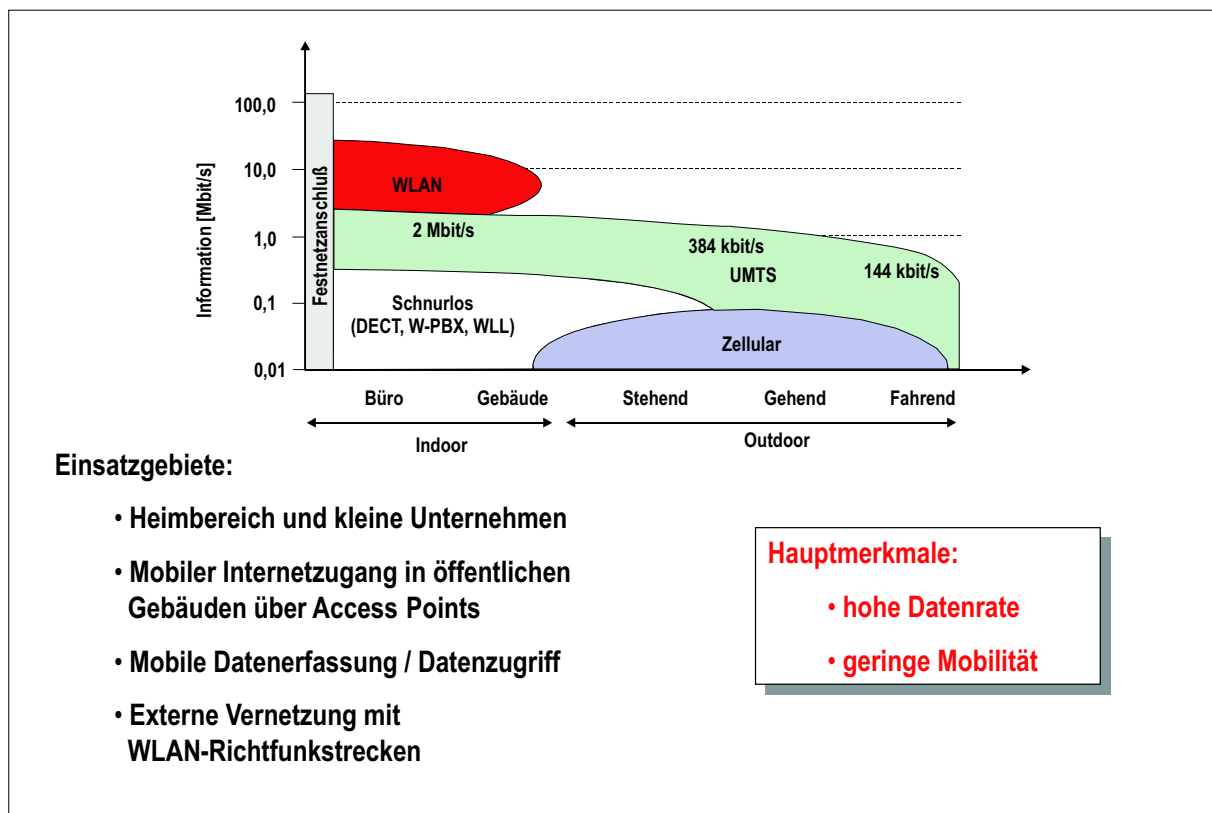


Abbildung 2.1: Mobilität und Datenrate bei WLAN

Während das ISM-Band (Industrial, Scientific and Medical) bei 2,4 GHz von zahlreichen Anwendungen unkoordiniert und gleichzeitig genutzt wird (drahtlose Videoüberwachung, Mikrowelle, Amateurfunk,...), wird der 5 GHz-Bereich von wesentlich weniger Funkanwendungen

2 WLAN

genutzt.

Insgesamt sind die Anwendungsmöglichkeiten für WLANs vielfältig:

Heimbereich und kleine Unternehmen: Ohne jede Verkabelung können einfach mehrere Computer miteinander verbunden werden, um Dateien auszutauschen oder Peripheriegeräte gemeinsam zu nutzen.

Mobile Arbeitsplätze: Der zunehmende Einsatz von Laptops in Betrieben ermöglicht es, immer mehr Aufgaben sinnvoll außerhalb des Büros zu erledigen. Durch den Einsatz von WLANs können dann die Mitarbeiter sich in der Firma bewegen und doch mit ihrem Laptop überall auf das Intranet oder den Firmenserver zugreifen.

Mobile Datenerfassung / Datenzugriff: Immer wenn Daten vor Ort aufgenommen und zentral verarbeitet werden müssen, bietet es sich an, Geräte zur Datenerfassung über WLAN mit dem Firmennetz zu verbinden. So kann z.B. die Lagerhaltung oder Bestandserfassung im Einzelhandel mit Workpads oder Handscannern erleichtert werden.

Mobiler Internetzugang in öffentlichen Gebäuden: Größere Flughäfen, Bahnhöfe und Hotels bieten bereits teilweise den Kunden einen mobilen Internetzugang über WLAN an (*HotSpots*). Dazu werden die Gebäude mit sogenannten *Access Points* (AP) ausgerüstet, die die Bridge-Funktion zum drahtgebundenen Netz wahrnehmen. Die Laptops können dann über jede PCMCIA-Karte, die den entsprechenden WLAN-Standard beherrscht, angebunden werden.

Externe Vernetzung: Die Verwendung von Richtantennen ermöglicht auch eine Vernetzung über größere Distanzen hinweg. So können Punkt-zu-Punkt-Verbindungen zwischen Gebäuden aufgebaut werden zur kostengünstigen Verkopplung einzelner LAN-Segmente.

2.1 WLAN-Standards

Vom IEEE, dem amerikanischen Institute of Electrical and Electronics Engineers, wurden unter IEEE 802 gleich mehrere Standards für ein drahtloses Netzwerk festgelegt. Die Grundlage bildet der 1997 verabschiedete Standard **IEEE 802.11** für Datenübertragung mit 1 oder 2 Mbit/s im 2,4 GHz-Band. In diesem Standard wurden sämtliche Elemente der physikalische Ebene und der Mediumzugriffskontrolle spezifiziert. Darauf aufbauend wurden 1999 die Erweiterungen **IEEE 802.11a** und **IEEE 802.11b** entwickelt. Deshalb weisen diese beiden Standards trotz deutlicher Unterschiede auf der physikalischen Ebene einige Gemeinsamkeiten auf. IEEE 802.11b, genannt *Wi-Fi* (Wireless Fidelity), weist eine maximale Datenrate von 11 Mbit/s auf und arbeitet mit *DSSS* (Direct Sequence Spread Spectrum) im 2,4 GHz-Bereich. Dieser Standard ist heute am weitesten verbreitet, während IEEE 802.11a noch in den Startlöchern steckt. IEEE 802.11a ist ebenfalls eine Erweiterung der physikalischen Ebene des IEEE 802.11 Standards und arbeitet mit der *OFDM*-Übertragungstechnik (Orthogonal Frequency Division Multiplex) im 5 GHz-Bereich.

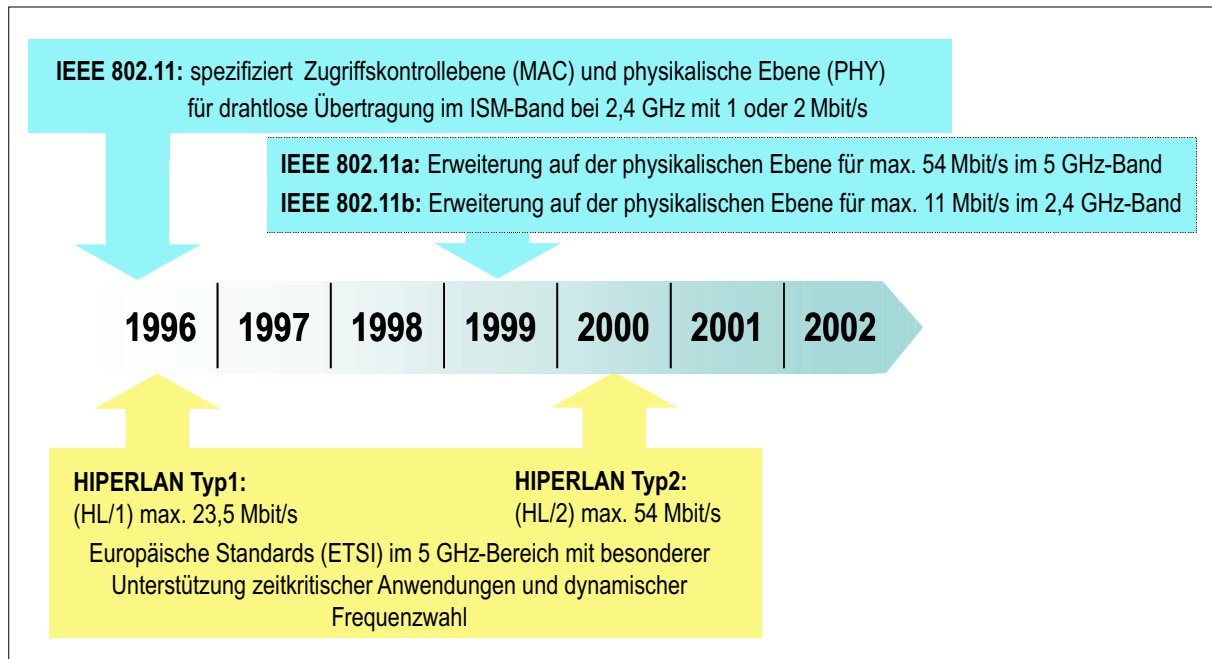


Abbildung 2.2: WLAN-Standards

Bei IEEE 802.11a sind Datenraten bis zu 54 Mbit/s möglich.

Eine ähnliche Entwicklung ist bei dem europäischen Gegenentwurf zum IEEE 802.11 Standard zu sehen (Abbildung 2.2). Bereits 1996 spezifizierte das European Telecommunications Standards Institute (ETSI) den Standard **HIPERLAN Typ 1 (HL/1)** für drahtlose lokale Netzwerke mit Übertragungsraten bis zu 23,5 Mbit/s im 5 GHz-Band. HL/1 arbeitet nach dem bereits bei dem GSM-Telefonstandard verwendeten *GMSK*-Modulationsverfahren (Gaussian Minimum Shift Keying) und verwendet eine rein dezentrale Verwaltung von Funkzelle und Mediumzugriff. Im Jahr 2000 wurde schließlich **HIPERLAN Typ 2 (HL/2)** veröffentlicht. Dieser Standard arbeitet wie IEEE 802.11a im 5 GHz-Bereich mit OFDM Übertragungstechnik und erreicht eine maximale Bruttodatenrate von 54 Mbit/s. Die Verwaltung von HL/2 Zellen und die Zugriffskontrolle auf das Medium erfolgt rein zentral durch einen Access Point mit TDMA-Verfahren (Time Division Multiple Access). Dabei orientiert sich HL/2 stark an ATM (Asynchronous Transfer Mode) und bietet im Gegensatz zu IEEE.802.11 einfach die Möglichkeit, mit QoS-Parametern prinzipiell die Dienstgüte einer Verbindung zu bestimmen. Abbildung 2.3 zeigt in tabellarischer Form den Vergleich der wesentlichen Merkmale der einzelnen Standards.

2.2 IEEE 802.11b

Der zur Zeit am weitesten verbreitete Standard ist IEEE 802.11b. Er setzt sich zusammen aus der Beschreibung der physikalischen Ebene (PHY, Physical Layer) und der Zugriffskontrollebene (MAC, Medium Access Control) als unterer Teil der zweiten Schicht des ISO/OSI-Schichtenmo-

	IEEE 802.11a	IEEE 802.11b	HIPERLAN/1	HIPERLAN/2
Frequenzbereich	5150 – 5350 MHz 5470 – 5725 MHz	2400 – 2484 MHz	5150 – 5350 MHz	5150 – 5350 MHz 5470 – 5725 MHz
Max. Bruttodatenrate	54 Mbit/s	11 Mbit/s	23,5 Mbit/s	54 Mbit/s
Übertragungsverfahren	OFDM (<i>Orthogonal Frequency Division Multiplex</i>)	DSSS (<i>Direct Sequence Spread Spectrum</i>)	GMSK (<i>Gaussian Minimum Shift Keying</i>)	OFDM (<i>Orthogonal Frequency Division Multiplex</i>)
Medienzugriff	CSMA/CA (<i>Carrier Sense Multiple Access/ Collision Avoidance</i>) zufällig		EY-NPMA (<i>Elimination Yield Non-preemptive Priority Multiple Access</i>) nach Priorität	TDMA/TDD (<i>Time Division Multiple Access/ Time Division Duplex</i>) von Access Point kontrolliert
Vermittlung	verbindungslos			verbindungsorientiert
Verschlüsselung	WEP (<i>Wired Equivalent Privacy</i>) mit RC4-Algorithmus von RSA		WEP mit Algorithmus von ETSI	DES, 3-DES (<i>Data Encryption Standard</i>)
Unterstützung zeitkritischer Anwendungen	optional durch CFP (<i>Contention Free Period</i>)		Vergabe von Prioritäten für Pakete	durch Definition von Verbindungsparametern

Abbildung 2.3: Vergleich der Standards

dells (Data Link Layer). Der ursprüngliche Standard IEEE 802.11 enthielt drei verschiedene Übertragungsmöglichkeiten auf der physikalischen Ebene: FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) und DSSS, sowie eine Definition für Übertragung im Infrarot-Bereich.

Physikalische Ebene

IEEE 802.11b erweitert nun die physikalische Ebene mit DSSS-Technologie für die höheren Datenraten 5,5 Mbit/s und 11 Mbit/s. Zur Signalspreizung wird ein *PN (Pseudo-Noise)-Code* verwendet, der das schmalbandige Signal direkt in ein breitbandiges Signal umwandelt und kontinuierlich auf dem breiten Frequenzband versendet. Dabei wird die Leistung unterhalb der Rauschgrenze abgesenkt, um Störungen anderer Systeme im 2,4 GHz-Bereich zu vermeiden. Das Signal kann nur empfangen werden, wenn der Empfänger den PN-Code kennt. Da WLANs mit DSSS nach IEEE 802.11b immer die gleichen PN-Codes verwenden, können sie sich zwar von anderen Benutzern des 2,4 GHz-Bandes, aber nicht untereinander durch CDMA abgrenzen.

Das zur Verfügung stehende Frequenzband 2400 - 2483,5 MHz wird in Europa in 13 Breitband-Kanäle je 22 MHz unterteilt mit Mittenfrequenzen im Abstand von 5 MHz (USA: 11 Kanäle, Japan: 14 Kanäle). Abbildung 2.4 zeigt die Kanalaufteilung mit den einzelnen Mittenfrequenzen. Bis zu drei DSSS-Systeme (Kanalabstand 5 Kanäle) können dann mittels Frequenzmultiplex in einem Empfangsbereich nebeneinander arbeiten. Für den praktischen Betrieb bei flächendecken-

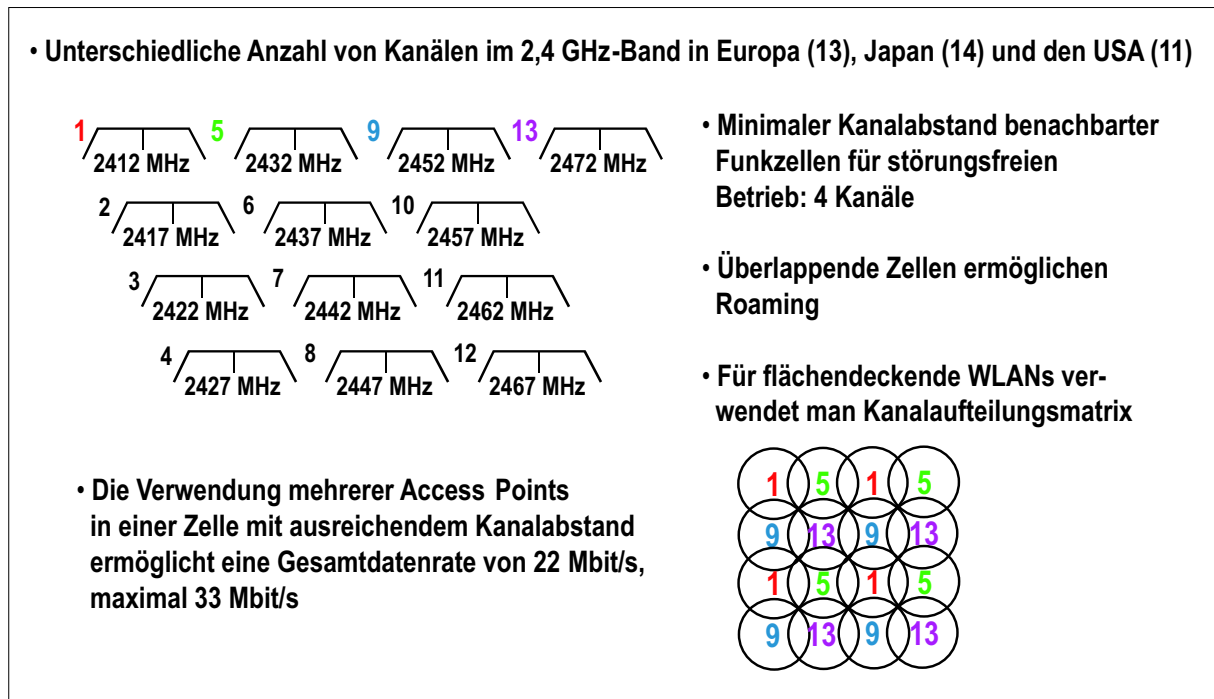


Abbildung 2.4: Kanalaufteilung bei IEEE 802.11b

den Installationen werden vier Kanäle verwendet mit einem Kanalabstand von vier Kanälen.

Um ein *Roaming* zu ermöglichen, müssen sich die einzelnen Funkzellen überlappen. Dann kann sich eine mobile Station von einer Funkzelle in die Nachbarfunkzelle bewegen, ohne die Netz-anbindung zu verlieren. Das Roaming ist damit allerdings auf die Größe des Hotspots begrenzt.

Die räumliche Ausdehnung einer Funkzelle ist durch die Vorgabe einer maximalen Sende-leistung, in Europa 100 mW, begrenzt und hängt sehr stark von der Umgebung ab. Bei IEEE 802.11b kann nur innerhalb eines kleinen Radius die maximale Brutto-Datenrate von 11 Mbit/s erreicht werden. Mit kleiner werdender Übertragungsrate kann die Entfernung zwischen Sender und Empfänger zunehmen. Man unterscheidet dabei grob in Outdoor- und Inhouse-Umgebung oder mit einer weiteren Unterscheidungsstufe in folgende drei Bereiche:

Offene Umgebung: Zwischen den Beteiligten besteht direkter Sichtkontakt oder es befinden sich nur gering dämpfende Materialien zwischen Sender und Empfänger, z.B. Holz, Gips, Glas. Sehr gute Einsatzbedingungen mit Reichweiten von 160 m (11 Mbit/s) bis 520 m (1 Mbit/s) bieten sich demnach auf Freigeländen, in Hallen und großen Räumen, Flughäfen und Bahnhöfen.

Halboffene Umgebung: Es befinden sich stärker dämpfende Materialien in der direkten Sicht-verbinding, aber es besteht die Möglichkeit, dass reflektierte Wellen den Empfänger errei-chen. Beispiele sind offene Durchgänge, Korridore oder Räume mit Trennwänden. Hier reduzieren sich die zu erwartenden Reichweiten bereits erheblich zu 30 m (11 Mbit/s) bis 115 m (1 Mbit/s).

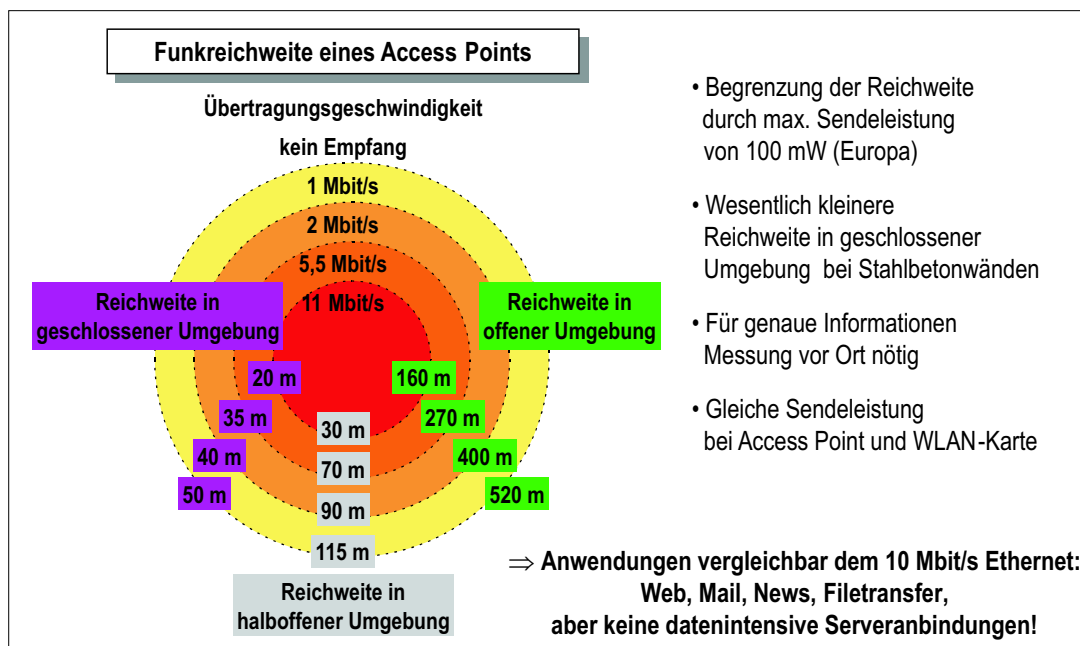


Abbildung 2.5: Reichweite eines Access Points

Geschlossene Umgebung: Gewöhnliche Büroräume oder Privathäuser mit massiven Wänden und Decken müssen als geschlossene Umgebung betrachtet werden, in der auf Grund der starken Dämpfung durch Beton und Metall ein Funkkontakt höchstens in zwei bis drei benachbarten Räumen zu erwarten ist. Die Reichweite reduziert sich drastisch auf 15 bis 20 m (11 Mbit/s) bzw. 50 m (1 Mbit/s).

Da die Reichweite sehr stark von den gegebenen Örtlichkeiten abhängt, empfiehlt sich eine Messung vor Ort beim Aufbau des drahtlosen Funknetzes. Die in Abbildung 2.5 angegebenen Richtwerte gelten sowohl für die mobilen Endstationen als auch für Access Points, da für beide Seiten die gleiche maximale Sendeleistung vorgeschrieben ist. Damit liegt der Einsatz von IEEE 802.11b im Bereich des 10Mbit/s-Ethernet. Anwendungen wie Internet, Mail, News und Filetransfer eignen sich sehr gut, während Multimedia und datenintensive Serververbindungen mit diesem Netz nicht effektiv nutzbar sind.

Die verschiedenen Stufen der Datenübertragungsrate bei IEEE 802.11b sind durch unterschiedliche DSSS-Modulationen möglich (siehe Abbildung 2.6).

- Die Basisdatenrate beträgt 1 Mbit/s. Für diese Rate wird als PN-Code der 11-Chip *Barker Code* 10110111000 und als Modulation *DBPSK* (Differential Binary Phase Shift Keying) verwendet. Ein Symbol besteht dann gerade aus einem Bit, und zu jedem Bit wird die hochtaktige PN-Sequenz modulo 2 addiert.
- Für die Übertragungsrate 2 Mbit/s wird ebenfalls der 11-Chip Barker Code benutzt, moduliert wird jedoch mit *DQPSK* (Differential Quadrature Shift Keying). Jedes Symbol besteht

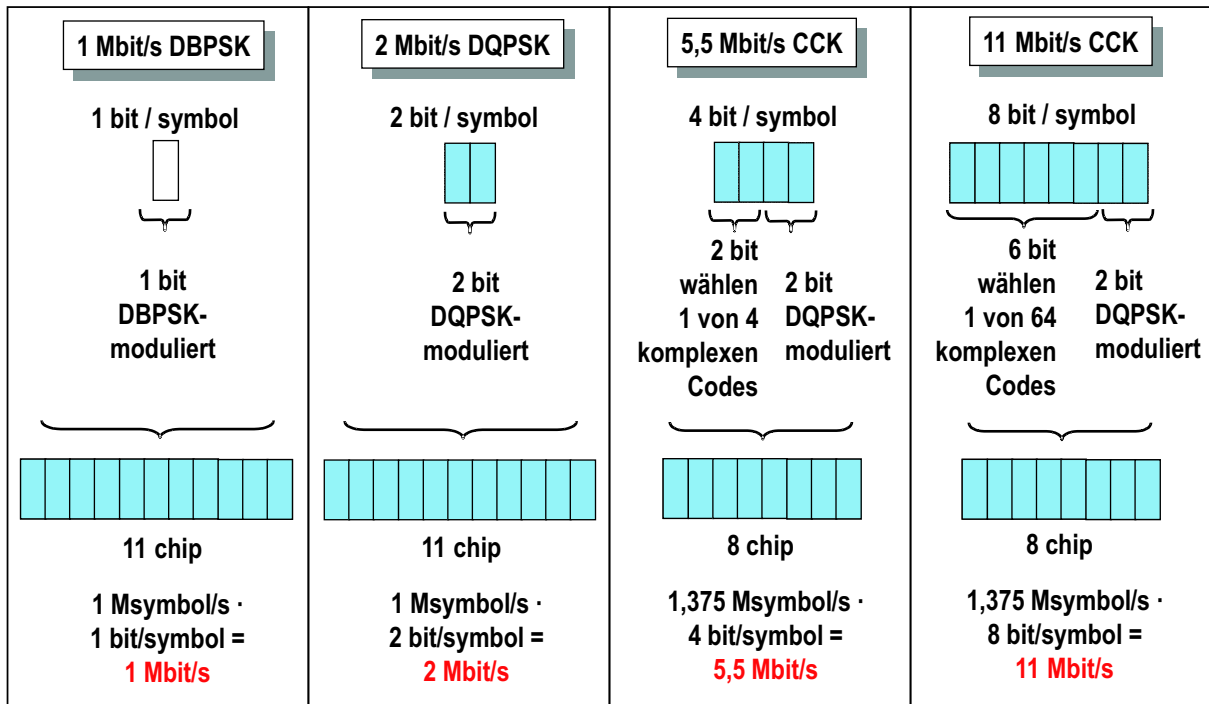


Abbildung 2.6: IEEE 802.11b Modulationsarten

aus zwei Bit, die in zwei Sendezweigen (Inphasen- und Quadraturkomponente) mit dem PN-Code codiert werden und auf um 90° phasenverschobene Träger moduliert werden.

- Für 5,5 Mbit/s werden keine Barker Codes, sondern *Complementary Codes* verwendet. Ein Symbol besteht aus 4 Bit. Davon wird mit 2 Bit eines von vier verschiedenen Codewörtern ausgewählt. Die Codewörter besitzen im Gegensatz zu den Barker Codes nur eine Länge von 8 Chips, weisen aber ähnlich gute Korrelationseigenschaften auf. Diese Complementary Codes werden dann als komplexe PN-Codes zur Codierung der restlichen zwei Bit verwendet, gefolgt von einer DQPSK Modulation. Man nennt diese Technik CCK (Complementary Code Keying). Durch den gleichbleibenden Chiptakt von 11 Mchip/s bei unterschiedlicher PN-Länge ergibt sich für CCK-basiert Modulationen eine erhöhte Symbolrate von $11/8 = 1,375$ Msymbol/s und damit eine Bitrate von $1,375$ Msymbol/s · 4 bit/symbol = 5,5 Mbit/s.
- Die Datenrate 11 Mbit/s verwendet ebenfalls Complementary Codes, jedoch mit 64 verschiedenen Codewörtern der Länge 8 Chips, die wiederum DQPSK moduliert werden. Ein Symbol besteht hier aus 8 Bit. Die entsprechende Sendeeinheit zeigt Abbildung 2.7.

Durch die Erweiterung des IEEE 802.11 Standards mit CCK bleiben die Schnittstellen und Datenformate unverändert, auch die Geschwindigkeit der Hardware-Bausteine bleibt erhalten. Allerdings können mit den höheren Datenraten nicht dieselben Reichweiten erreicht werden.

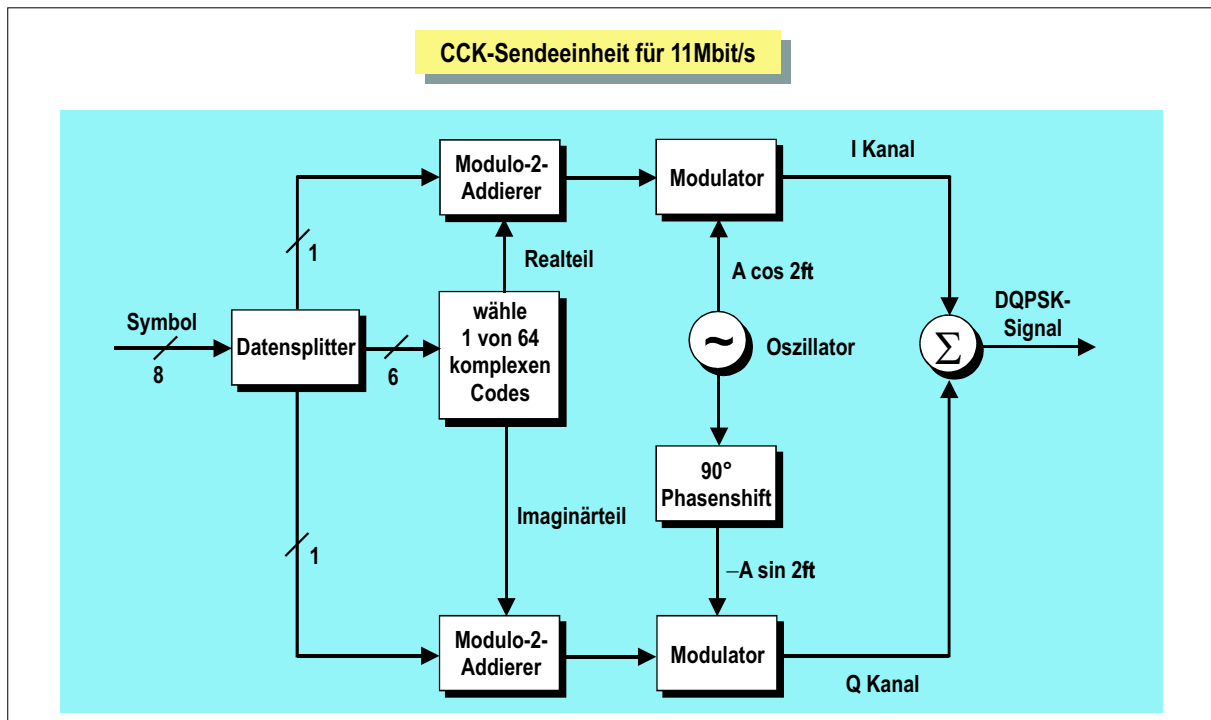


Abbildung 2.7: IEEE 802.11b Sendeeinheit für 11 Mbit/s

Zugriffskontrollebene

Während die physikalische Ebene bewirkt, dass eine Station ein Bit zu einer anderen Station übertragen kann, regelt die Zugriffskontrollebene, wie ganze Nachrichten zwischen Stationen übertragen werden. Dazu gehört insbesondere, den kollisionsfreien Zugriff auf das Medium zu regeln.

Die Grundelemente, aus denen sich ein drahtloses Netzwerk nach dem IEEE 802.11b Standard zusammensetzt, sind Stationen (mobile Endteilnehmer, Laptops, PocketPCs etc.) und Access Points als zentrale Verwaltungs- und Vermittlungselemente. Jeder AP generiert eine eigene Funkzelle, auch *BSS* genannt (Basic Service Set). Als Betriebsarten unterstützen die WLAN-Karten

- den *Infrastructure-Mode*, bei dem sie am Funkverkehr in der durch einen Access Point unterhaltenen Funkzelle teilnehmen, sowie den
- *Ad-hoc-Mode*, bei dem sich zwischen Clients direkte Kommunikationsverbindungen (Peer-to-Peer) aufbauen lassen. Dazu müssen beide Teilnehmer im Ad-hoc-Mode arbeiten. Der gleichzeitige Betrieb von Infrastructure- und Ad-hoc-Mode ist nicht möglich, jedoch kann dynamisch zwischen den beiden Modi umgeschaltet werden.

Auch die Access Points unterstützen mehrere Betriebsarten:

- Im *Infrastructure-Mode* ist der Access Point in der Lage, mit in seiner Funkreichweite befindlichen Clients zu kommunizieren.

- Im *Bridge-Mode* kommuniziert der AP mit einem explizit anzugebenden anderen AP exklusiv, so dass auf diese Weise eine Funk-Bridge aufgebaut werden kann.
- Im *Multipoint-Bridge-Mode* kann ein zentraler Bridge-AP mit mehreren anderen sich im Bridge-Mode befindlichen APs kommunizieren und so eine drahtlose Backbone-Infrastruktur realisieren.

Es können damit verschiedene Netzwerktypen aufgebaut werden (siehe Abbildung 2.8). Neben den folgenden Topologien sind auch Netzwerke mit Bridge-Mode üblich, z.B. bei externer Vernetzung.

Ad-hoc Netzwerk: Die einfachste Art, eine drahtlose Kommunikation nach dem IEEE 802.11x Standard zu ermöglichen, ist der Aufbau eines Ad-hoc-Netzwerks. Bis zu maximal 5 Stationen können ohne Access Point eine unabhängige Zelle bilden, auch *IBSS* (Independent Basic Service Set) genannt. Dazu muss jede Station im Ad-hoc-Mode arbeiten.

Isoliertes Funknetz: Ein Access Point generiert eine Funkzelle, in der bis zu 256 Clients miteinander über den AP kommunizieren können. Die Stationen befinden sich dazu im Infrastructure-Mode, der AP nimmt die Funktion eines Hubs wahr. Isolierte Funknetze finden ihren Einsatz z.B. bei Tagungen und Messen.

Infrastruktur-Netzwerk: Infrastruktur-Netzwerke zeichnen sich dadurch aus, dass sie aus mehreren drahtlosen Zellen bestehen, die über ein weiteres Netzwerk, das sogenannte Verteilungssystem (*DS*, Distribution System) miteinander verbunden sind. In gängigen Implementierungen wird das Verteilungssystem durch ein drahtgebundenes LAN realisiert, z.B. Ethernet. Eine Station kommuniziert dann über den AP in ihrer Funkzelle mit einer Station in einer anderen Funkzelle, indem die beiden APs die Nachricht über das DS übermitteln. So kann auch auf eine einfache Art eine drahtlose Anbindung an das Internet oder an Firmenserver geschaffen werden.

Da das Funkmedium ein Broadcast-Medium ist, können Kollisionen auftreten, wenn mehrere Stationen gleichzeitig in einer Zelle senden. Im IEEE 802.11x Standard sind zwei aufeinander aufbauende Verfahren zum Zugriff auf das Medium spezifiziert, die Kollisionen verhindern sollen. Das Basisverfahren *CSMA/CA* (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) ist ein verteiltes Zugriffsverfahren. Dabei prüft eine Station, die eine Nachricht senden möchte, zunächst, ob das Medium belegt ist, d.h. ob eine andere Station bereits eine Nachricht überträgt. Erst wenn sie feststellt, dass dies nicht der Fall ist, beginnt sie mit dem Übertragen der Nachricht. Da mehrere Stationen gleichzeitig zu der Ansicht gelangen können, dass das Medium ungenutzt sei, wird durch das *CSMA/CA*-Zugriffsverfahren das Auftreten von Kollisionen nicht ausgeschlossen. Daher werden Zeitabschnitte, in denen der Zugriff geregelt ist, definiert: *CP* (Contention Period). Bei IEEE 802.11x werden Verfahren eingesetzt, durch die die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Kollisionen möglichst klein gehalten wird (Collision Avoidance). Dazu dient die Angabe der Übertragungsdauer in jedem Frame, die die Stationen in einem speziellen Register speichern, dem *NAV* (Network Allocation Vector). Dieses konkurrierende Zugriffsverfahren wird bei IEEE 802.11x *DCF* (Distributed Coordination Function) genannt.

2 WLAN

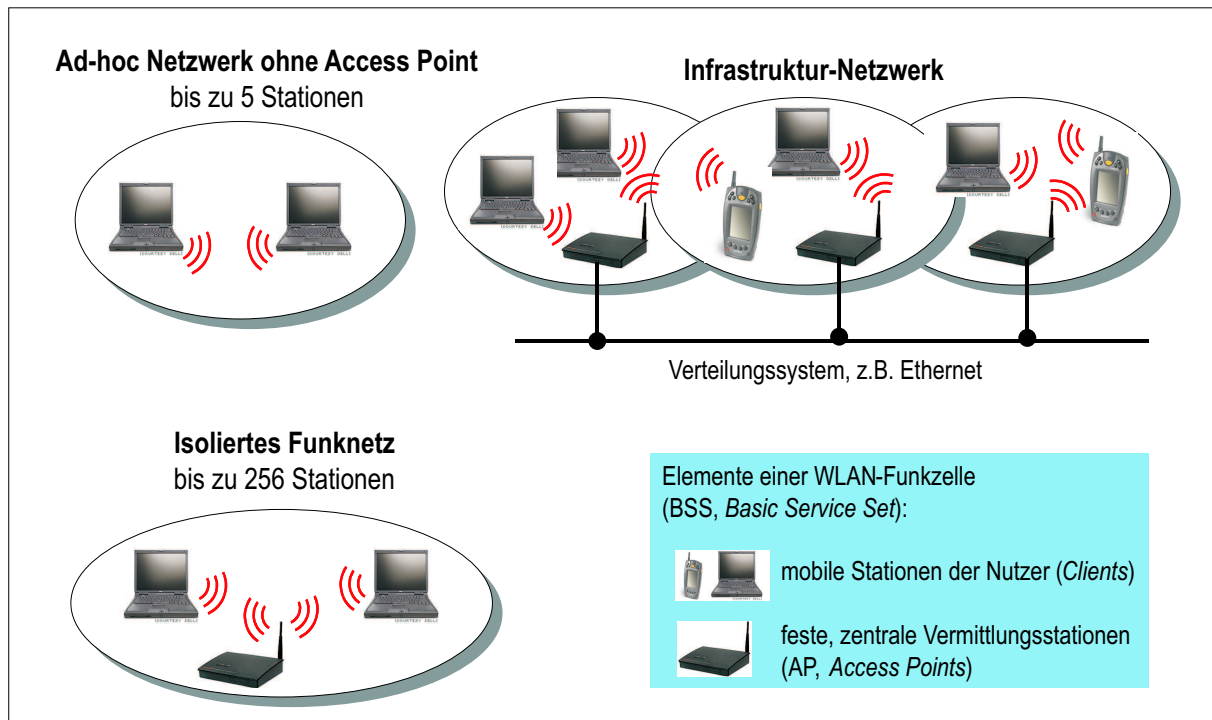


Abbildung 2.8: WLAN Netz-Topologien

Auf einem drahtlosen Medium ist die vollständige Erreichbarkeit aller Stationen untereinander nicht immer gegeben. So kann z.B. eine Station glauben, das Medium sei frei, während bereits eine Übertragung von einer anderen, für sie nicht sichtbaren Station stattfindet. Dies wird als *Hidden-Station-Problem* bezeichnet. Um dieses Problem zu lösen, ist im IEEE 802.11x Standard der *RTS/CTS*-Mechanismus vorgesehen: Bevor eine Station mit der Übertragung der Nachricht beginnt, sendet sie einen RTS-Frame (Request-to-Send) an die Empfangsstation, der die Übertragungsdauer der Datennachricht enthält. Ist die Empfangsstation zum Empfang bereit, dann antwortet sie mit einem CTS-Frame (Clear-to-Send), der ebenfalls die Dauer enthält. Jede Station, die in der Reichweite einer der beiden Stationen liegt, kann aufgrund der Dauerinformation in den RTS-/CTS-Frames ihren NAV setzen, so dass das Medium für die folgende Übertragung reserviert ist. Die erfolgreiche Übertragung wird mit einem *ACK* (Acknowledgement) bestätigt. Aufbauend auf das CSMA/CA-Zugriffsverfahren mit Contention Periods ist ein optionales zentralisiertes Zugriffsverfahren spezifiziert, das kollisionsfreien Zugriff sicherstellt. Die zugehörigen Zeitabschnitte werden als *CFP* (Contention Free Period) bezeichnet. Da der Access Point allein den Zugriff auf das Medium regelt, heißt speziell bei IEEE 802.11x dieses Zugriffsverfahren *PCF* (Point Coordinate Function). In der CFP gewährt der AP durch das Versenden spezieller Kontroll-Frames (Polling-Frames) exklusiven Zugriff auf das Medium. Dies ist insbesondere zur Unterstützung zeitkritischer Anwendungen sinnvoll. Die CFP beginnt mit der Übertragung eines speziellen Management-Frames, dem sogenannten *Beacon-Frame*, durch den AP. Beacon-Frames werden vom AP in regelmäßigen Zeitabständen (den Beacon-Intervallen) gesendet, um Informationen an die Stationen in seiner Reichweite zu übermitteln. Jede Station setzt dann ihren NAV

auf die Maximaldauer der CFP und greift nur noch auf das Medium zu, wenn sie durch den AP aufgefordert wird.

Frames können auch verschlüsselt gesendet werden. Der Algorithmus zur Verschlüsselung wird als *WEP* (Wired Equivalent Privacy) bezeichnet und beruht darauf, dass die beteiligten Stationen einen gemeinsamen Schlüssel benutzen. Mit diesem Schlüssel wird nach dem RC4-Verfahren eine Folge von Pseudo-Zufallszahlen erzeugt, mit denen dann die einzelnen Bytes eines Frames modulo 2 verknüpft werden. Der Empfänger wendet das gleiche Verfahren an, um die Daten zu entschlüsseln.

2.3 OFDM-basierte Standards

Übertragungstechnik basierend auf *OFDM* (Orthogonal Frequency Division Multiplex) ist erst durch die Fortschritte in der Entwicklung moderner Mikroprozessoren möglich geworden. Dem entsprechend findet man sie nur bei den Standards IEEE 802.11a und HIPERLAN/2 vor. OFDM-Verfahren besitzen eine hohe spektrale Effizienz, da das zu übertragende Signal auf viele zu einander orthogonale Träger moduliert wird; man spricht von *Multi-Carrier-Technik*. Die Modulation selbst verwendet die *IDFT* (Inverse Discrete Fourier Transformation) oder die weniger rechenintensive *IFFT* (Inverse Fast Fourier Transformation) basierend auf radix2- oder radix4-Algorithmen. Damit braucht man trotz der Vielzahl an verschiedenen Frequenzen keine Filter- und Oszillatorbänke. Mit dieser Übertragungstechnik sind im 5 GHz-Bereich Brutto-Datenraten von bis zu 54 MBit/s möglich, allerdings bei geringen Reichweiten.

Bei dem Standard IEEE 802.11a wird der Frequenzbereich 5,15 - 5,35 GHz in 8 Breitbandkanäle der Breite 20 MHz unterteilt, die jeweils 52 Schmalbandkanäle mit 300 kHz enthalten. Davon sind jeweils 48 Kanäle für Daten mit insgesamt 6 Mbit/s vorgesehen, während die restlichen 4 Kanäle Pilotsymbole enthalten. Durch Verwendung mehrerer Breitbandkanäle sind so sehr große Datenraten möglich. Als Mediumzugriffssteuerung verwendet IEEE 802.11a dieselben Mechanismen wie der ausführlich beschriebene Standard IEEE 802.11b.

Bei dem HIPERLAN/2 Standard ist insbesondere die Zellverwaltung anders. Der Access Point übernimmt hier eine zentrale Rolle, da HL/2 kein konkurrierendes, sondern ein vom AP kontrolliertes Zugriffsverfahren verwendet. Nach dem *TDMA/TDD*-Verfahren (Time Division Multiple Access/Time Division Duplex) werden jeder Station feste Zeitschlitze zugeordnet, womit natürlich eine wesentlich einfachere und effektivere QoS-Steuerung möglich ist. Somit ist der HL/2-Standard insbesondere für zeitkritische Anwendungen geeignet. HL/2 ist das einzige der betrachteten WLAN-Verfahren, das eine verbindungsorientierte Vermittlung verwendet. Es orientiert sich stark an den virtuellen Verbindungen der ATM-Technik, was sich auch an der Zerlegung der Nachrichten in kleine Datenfragmente zeigt. Damit muss bei HL/2 allerdings bei einem Wechsel in eine angrenzende Funkzelle auch die Zustandsinformation über die bestehende Verbindung mit übergeben werden.

2 WLAN

3 UMTS

Seit Anfang der 90er-Jahre werden unter der Bezeichnung *UMTS* (Universal Mobile Telecommunications System) Mobilfunksysteme entwickelt, die hochratige Datenübertragung für Multimedia-Dienste ermöglichen. Die International Telecommunications Union (ITU) legte Frequenzbänder für Systeme der 3. Generation (IMT-2000) fest, die weltweit benutzt werden können und daher ein globales Roaming begünstigen. In Europa werden die beiden IMT-2000 Vertreter *UTRA-FDD* und *UTRA-TDD* favorisiert. Als weitere wichtige Bestandteile von IMT-2000 sind *cdma2000* als amerikanisches System der 3. Generation und *UWC-136* zu nennen (siehe Abbildung 3.1).

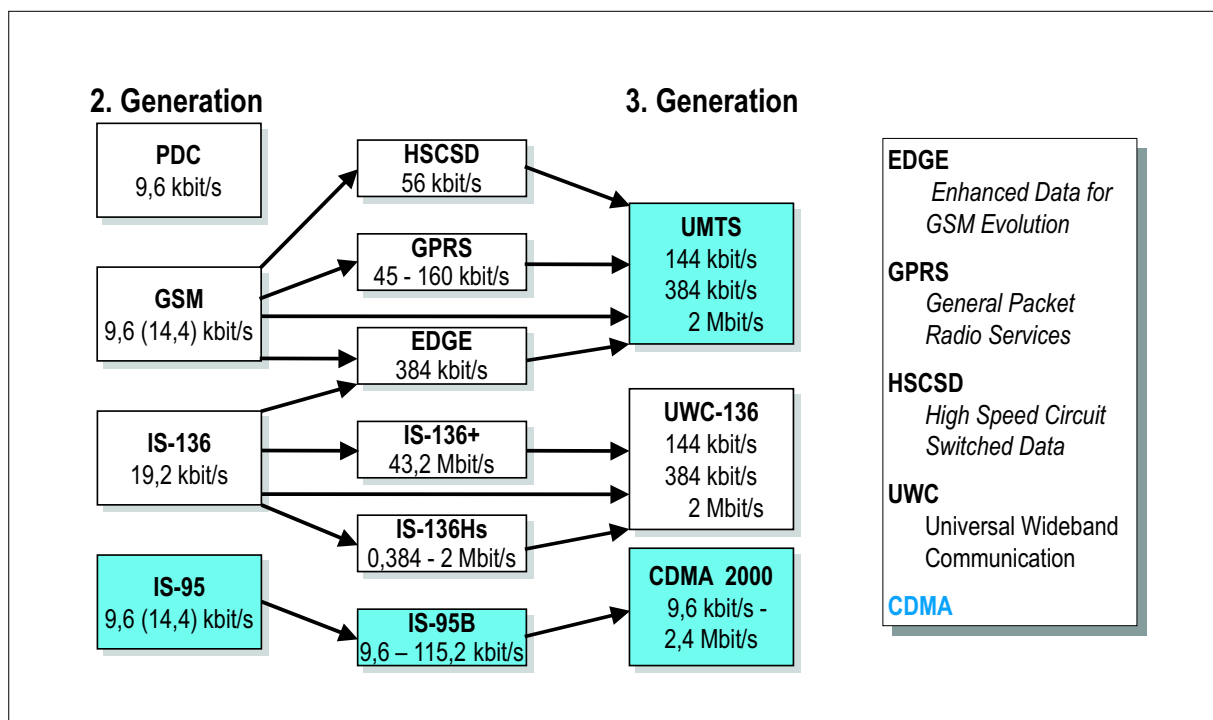


Abbildung 3.1: Entwicklung in der Mobilkommunikation

UTRA steht für UMTS Terrestrial Radio Access und definiert die Luftschnittstelle des UMTS Systems, also u.a. die Kanalaufteilung, Modulation, Zugriffs- und Duplexverfahren, für den terrestrischen Teil des Systems, d.h. ohne die Kommunikation über Satelliten. Die beiden Standards *UTRA-FDD* und *UTRA-TDD* sind vom Aufbau her in vielen Punkten sehr ähnlich. Beide nut-

3 UMTS

zen *DS-CDMA* (Direct Sequence Code Division Multiple Access) als Zugriffsverfahren, d.h. verschiedene Nutzer können gleichzeitig auf das gleiche Spektrum zugreifen und unterscheiden sich durch Signaturen, mit denen das Signal breitbandig gespreizt wird. Beide Systeme arbeiten mit einer Bandbreite von etwa 5 MHz und einer Chiprate von 3,84 Mchip/s, wenn man von der UTRA-TDD Option mit 1,6 MHz und 1,28 Mchip/s absieht ("chinesische" Variante). Der offensichtliche Unterschied ergibt sich bei Betrachtung des Duplexverfahrens. Bei der Luftschnittstelle mit *FDD* (Frequency Division Duplex) erfolgt die Trennung von Uplink (vom mobilen Endgerät zur Basisstation) und Downlink (von der Basisstation zum mobilen Endgerät) durch die Verwendung von getrennten, aber gepaarten Frequenzbändern, wie z.B. bei GSM. Bei *TDD* (Time Division Duplex) erfolgt die Trennung im Zeitbereich, wie z.B. bei DECT, dem europäischen Standard für Schnurlostelefone. Dies ermöglicht durch eine asymmetrische Zuteilung der Zeitschlitze auf Up- und Downlink auch einen asymmetrischen Datenverkehr, wie er z.B. beim Aufruf einer Internetseite sinnvoll ist.

Für UMTS wurden folgende Datenraten als Ziele festgelegt:

- 2,048 Mbit/s für eine stationäre Büroumgebung
- 384 kbit/s für Fußgängergeschwindigkeiten
- 144 kbit/s für hohe Geschwindigkeiten in Fahrzeugen
- 9,6 kbit/s für Satellitenübertragung

• **IMT 2000, UMTS**

• **Einführung ca. 2003**

• **Schwerpunkt Datenübertragung (Multimedia, wireless Internet)**

• **Frequenzen: 1880 bis 2030 MHz, 2110 bis 2200 MHz**

• **Datenraten: bis 2 Mbit/s**

• **neue Funkverfahren bei weitest gehender Beibehaltung der Funktionsabläufe im Netz**

• **Neue Anbieter**

Abbildung 3.2: Mobilfunksysteme der 3. Generation

UMTS ermöglicht es auch, über eine Verbindung mehrere Dienste gleichzeitig in Anspruch zu nehmen. Es werden sowohl paket- als auch leitungsvermittelte Dienste möglich, zeitkritische und zeitunkritische Anwendungen durch QoS-Parameter unterstützt. Neu ist auch, dass die Dienste und deren Übertragung sehr flexibel an verschiedenste Szenarien und Netzbelastungen angepasst werden können. Dies soll unter anderem durch eine *hierarchische Zellstruktur* erreicht werden. Die UMTS-Zellen werden in kleine Picozellen für einzelne Gebäude, Microzellen für größere Gebiete wie Stadtteile und Macrozellen für ganze Landstriche unterteilt. Die hierarchische Zellstruktur hat den Vorteil, dass durch die hohe Anzahl der Zellen eine hohe Netzkapazität erreicht wird und zudem aber unnötig viele Handover zwischen Zellen vermieden werden, da die Zuteilung zu einer Zelle von der Geschwindigkeit des Teilnehmers abhängt. Abbildung 3.2 enthält noch einmal die wesentlichen Merkmale des Mobilfunksystems UMTS.

Das Spektrum für UMTS reicht von 1880 bis 2030 MHz, sowie von 2110 bis 2200 MHz und wird damit unterhalb von 1900 MHz von DECT überdeckt. Entsprechend Abbildung 3.3 gibt es insgesamt 12 Träger für UTRA-FDD im Bereich 1920 bis 1980 MHz, die mit 12 Trägern im Bereich 2110 bis 2170 MHz als Up-/Downlinkpaar zusammengefasst sind. Das bedeutet, dass der Frequenzabstand zwischen der Mittenfrequenz des Uplinks und der des Downlinks für alle 12 Breitbandkanäle gleich groß ist. Des weiteren gibt es 7 Träger für UTRA-TDD, von denen zwei ohne Lizenzvergabe verwendet werden. Diese benutzen für Up- und Downlink die Frequenzbereiche 1900 bis 1920 MHz und 2010 bis 2025 MHz. Die beiden Luftschnittstellen verwenden ne-

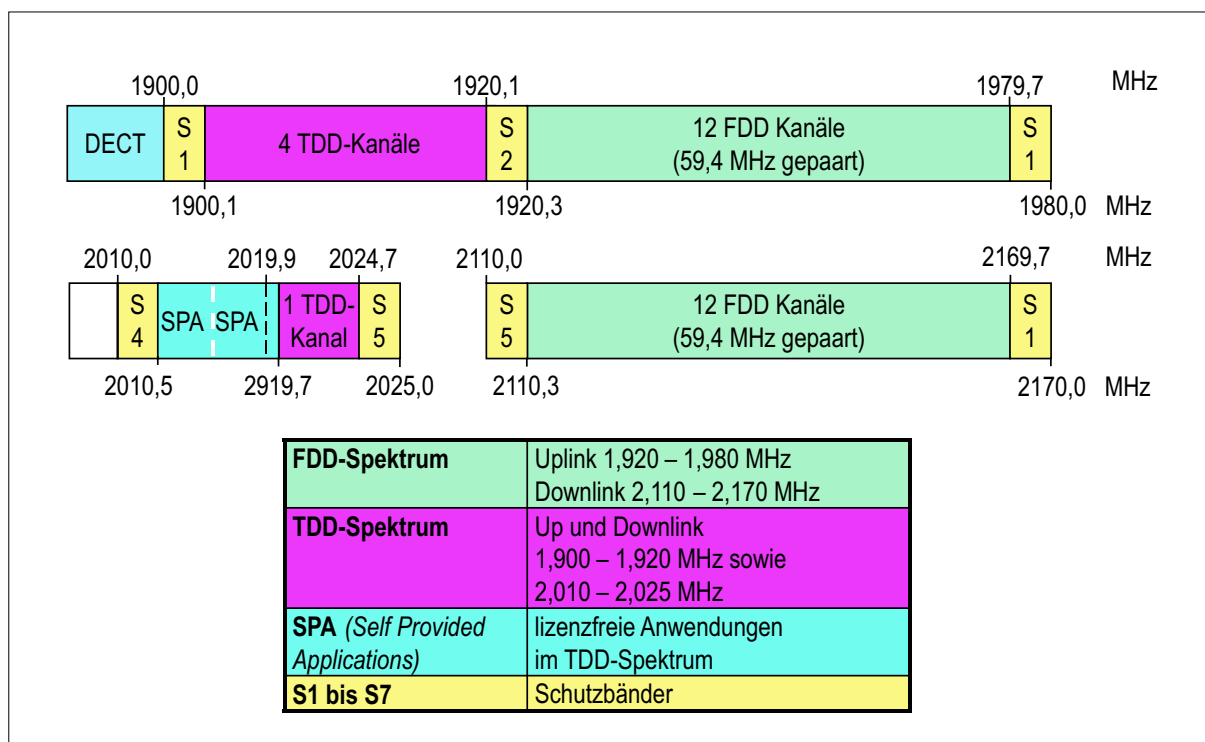


Abbildung 3.3: Kanalaufteilung bei UMTS

3 UMTS

ben den genannten Gemeinsamkeiten Bandbreite und Chiptakt auch beide die QPSK-Modulation und das selbe Impulsformungsfiler, ein Wurzel-Cosinus Roll-Off Filter mit Roll-Off Faktor 0,22. Aber insbesondere bei den Duplexverfahren und im Rahmenaufbau unterscheiden sich UTRA-TDD und UTRA-FDD.

Ein großer Unterschied besteht auch darin, wie die Kontrollinformation untergebracht wird. Darunter versteht man folgende Bitgruppen:

- Pilot Bits, zur Unterstützung der Kanalschätzung
- TFCI Bits (Transport Format Combination Indicator), zur Übermittlung der Sendekonfiguration (u.a. Anzahl der Datenkanäle)
- FBI Bits (Feedback Information), zur Unterstützung von Diensten und Anwendungen, die eine Zurückführung des Signals verlangen
- TPC Bits (Transmit Power Control), zur Leistungsregelung.

3.1 DS-CDMA

UMTS verwendet als Zugriffsverfahren DS-CDMA. Bei diesem Verfahren wird das Signal mit einer deutlich höheren Bandbreite, als sie vom Informationsgehalt und vom gewählten Modulationsverfahren her eigentlich notwendig wäre, übertragen. Durch die Zuordnung von Signaturen zu einzelnen Teilnehmern ist es möglich, verschiedene Sender gleichzeitig und weitestgehend unabhängig voneinander im selben Frequenzband zuzulassen. Da die Signaturen häufig als Codes (allerdings nicht im Sinne von Quellen-, Kanalcodierung oder Kryptoverfahren) bezeichnet werden, heißt das Vielfachzugriffsverfahren, mit dem die Teilnehmer dabei auf die gemeinsame Ressource Frequenz zugreifen, CDMA (Code Division Multiple Access). Der Frequenzwiederholungsfaktor ist damit immer eins im Gegensatz zu Mobilfunksystemen der 2. Generation (siehe Abbildung 3.4).

Das Signal mit dem Bittakt T_B wird dabei mit dem pseudozufälligen Spreizsignal multipliziert. Dieses besitzt einen deutlich höheren Chiptakt T_C ; Den Quotienten aus T_C und T_B nennt man *Spreizfaktor* (SF). Als Ergebnis dieser Multiplikation liegt das gespreizte DSSS-Signal vor.

Die Entspreizung erfolgt völlig analog, indem das DSSS-Signal mit derselben Signatur multipliziert wird. Abbildungen 3.5 und 3.6 zeigen den Fall für synchrones CDMA, bei dem Laufzeiten und der Einfluss der anderen Übertragungssignale (MAI, Multiple Access Interference) vernachlässigt werden.

Für die Übertragung eines Signals mit DS-CDMA muss dieses im Sender zunächst moduliert werden. Bei dem UTRA System werden die Daten QPSK moduliert. Es folgt eine Spreizung der Daten auf die Chiprate 3,840 Mchip/s mit dem selben teilnehmerspezifischen Code im Inphasen- und Quadraturphasenzweig (I-/Q-Zweig), bevor die beiden Zweige als komplexes Signal zusammengefasst und noch mit einem komplexen Verwürfelungscode multipliziert werden (siehe Abbildung 3.7). Die Spreizfaktoren und die Zuordnung der Datenbits zu den einzelnen Kanälen ist bei UTRA-FDD Uplink, UTRA-FDD Downlink und UTRA-TDD unterschiedlich.

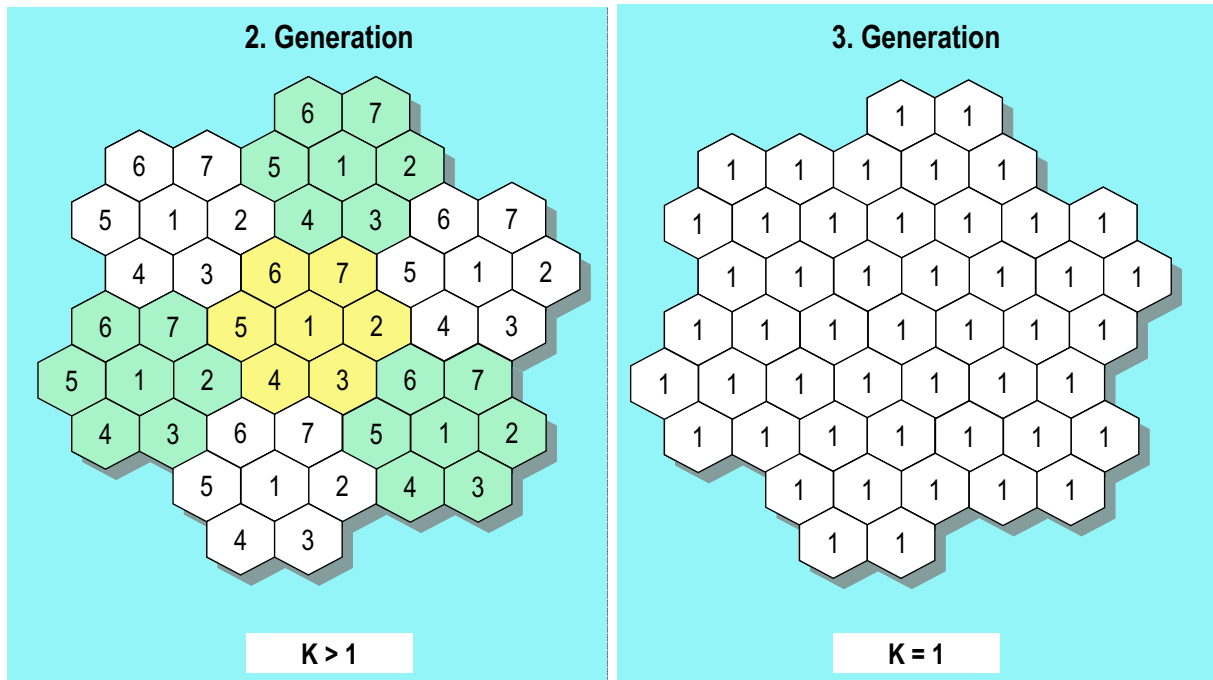


Abbildung 3.4: Frequenzwiederholungsfaktoren

3.2 Unterschiede zwischen UTRA-FDD und UTRA-TDD

Rahmenaufbau: Ein Rahmen besteht aus 15 so genannten Slots (Zeitschlitze) und besitzt eine Rahmendauer von 10 ms. Jeder Slot enthält genau 2560 Chips und dauert $\frac{2}{3}$ ms. Bei UTRA-FDD sind sämtliche Slots eines Rahmens für Uplink *oder* Downlink vorgesehen, während bei UTRA-TDD Slots für beide Verbindungsrichtungen in einem Rahmen enthalten sind. Die Slots lassen sich auch asymmetrisch auf Up- und Downlink aufteilen, wobei mindestens ein Slot für jede Richtung enthalten sein muss. Dies erklärt auch, warum UTRA-TDD sich besonders für Dienste eignet, bei denen einer kleinen Anfrage große Datenmengen von der Gegenseite folgen.

Daten/Kontrollinformation: Auch die Aufteilung der Daten und Kontrollinformation innerhalb der einzelnen Slots unterscheidet sich deutlich zwischen den Standards. Die Dateninformation im UTRA wird auf den so genannten *DPDCH* (Dedicated Physical Data Channel) abgebildet, die Information des Kontrollkanals befindet sich auf dem *DPCCH* (Dedicated Physical Control Channel).

Beim UTRA-FDD Uplink werden diese beiden Kanäle gleichzeitig, auf I- und Q-Zweig verteilt, übertragen. Es ist einem Nutzer auch möglich, seine Daten auf bis zu sechs DPDCHs zu verteilen. Die Trennung der verschiedenen Datenkanäle eines Zweiges erfolgt über unterschiedliche Spreizcodes. Der DPCCH wird immer auf dem Q-Zweig übertragen und besitzt eigene Spreizcodes.

Im Unterschied zum UTRA-FDD Uplink werden beim Downlink der Datenkanal und der

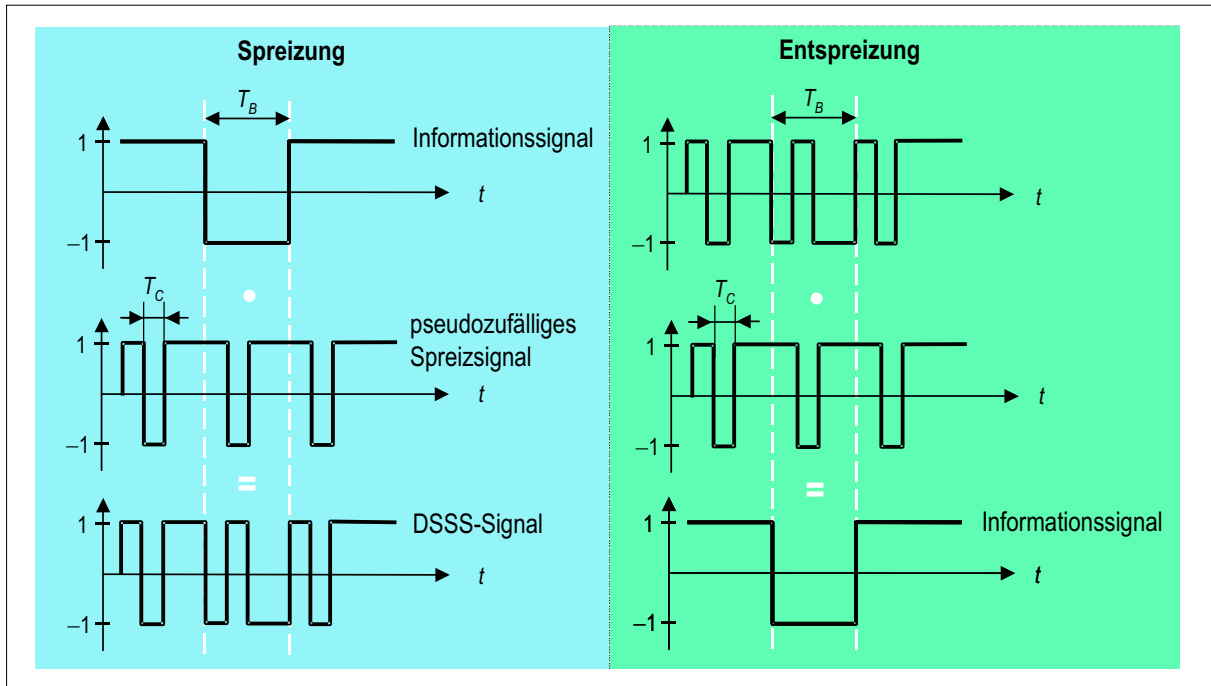


Abbildung 3.5: Prinzip der Spreizung

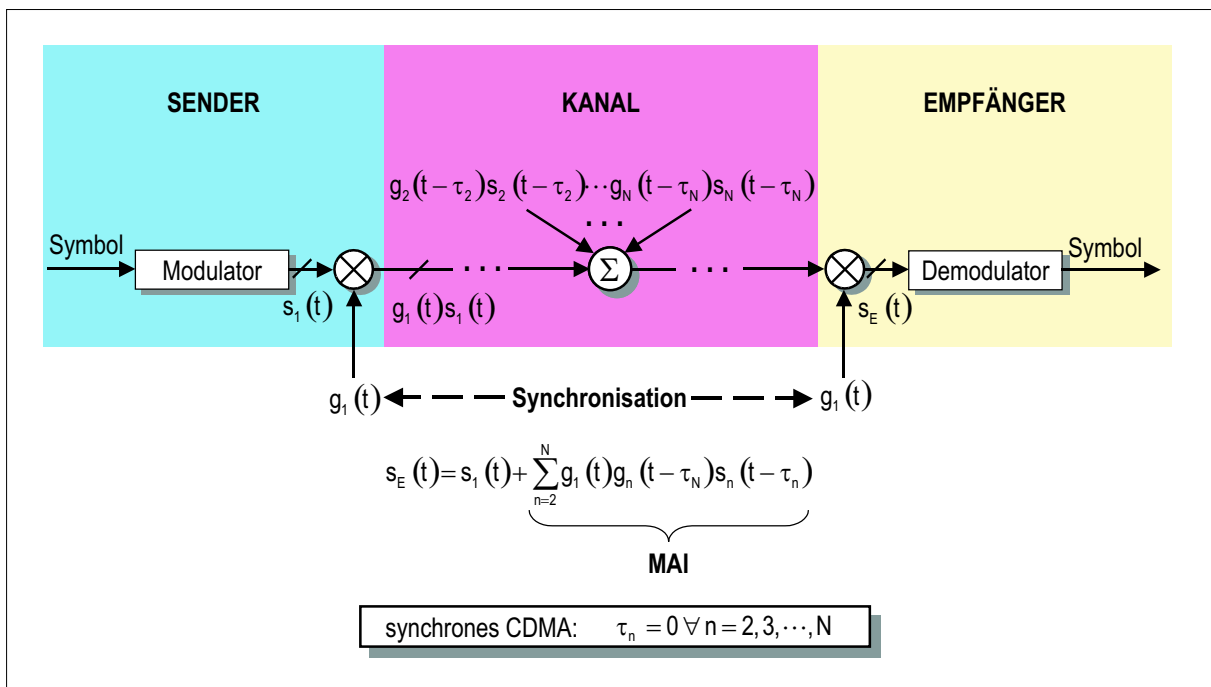


Abbildung 3.6: Übertragung mit DS-SSM

3.2 Unterschiede zwischen UTRA-FDD und UTRA-TDD

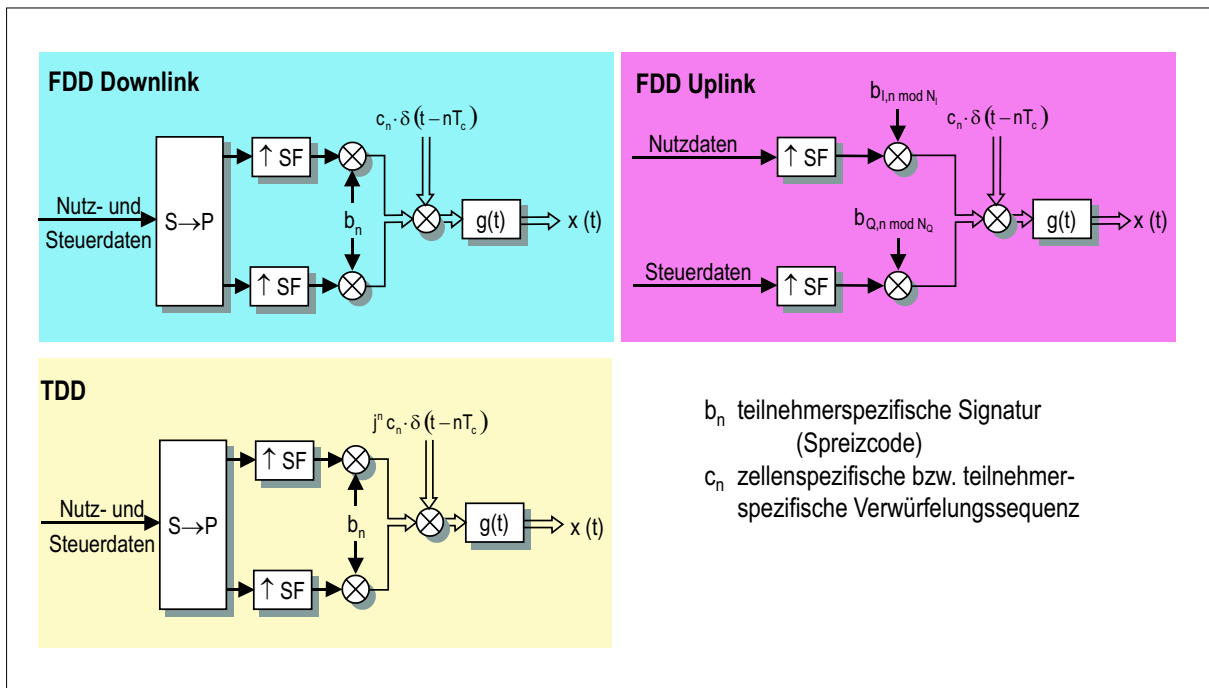


Abbildung 3.7: UTRA Modulator-Strukturen

Kontrollkanal im Zeitmultiplex über einen Slot übertragen, d.h. jeder Slot enthält Nutz- und Steuerinformation.

Bei UTRA-TDD sind drei verschiedene Möglichkeiten des Slotaufbaus möglich, man spricht von Bursttypen. Jeder Bursttyp besteht aus einem Bereich für Datensymbole, der durch eine so genannte Midamble (eine vordefinierte Trainingssequenz) in zwei Teile getrennt ist. Die letzten Chips sind als Schutzzeit vorgesehen (Guard Period), wobei sich die drei Bursttypen durch die Aufteilung der 2560 Chips auf die einzelnen Bereiche unterscheiden. Kontrollinformation muss bei UTRA-TDD nicht in jedem Slot enthalten sein. Allerdings wird mindestens einmal pro Rahmen TFCI (Up- und Downlink) und TPC (Uplink) übertragen, indem die entsprechenden Bits um die Midamble herum im Burst platziert werden.

Spreizfaktoren: Bei UTRA-FDD sind unterschiedliche Spreizfaktoren für Up- und Downlink vorgesehen. Im Uplink kann dieser für den Datenkanal die Werte 4, 8, 16, 32, 64, 128 und 256 annehmen, bei Aufteilung auf mehrere Datenkanäle nur den Wert 4. Der Spreizfaktor auf dem Kontrollkanal ist fest und beträgt 256. Als Spreizcodes werden *OVSF* Codes (Orthogonal Variable Spreading Factor) verwendet. Diese lassen sich durch eine einfache Erzeugungsvorschrift generieren und sind im synchronen Fall zu einander orthogonal. Durch die variablen Spreizfaktoren ist es möglich, sehr unterschiedliche Datenraten mit der selben Kanalbandbreite von 5 MHz zu übertragen. Entsprechend werden niedrige Datenraten bei einem hohen Spreizfaktor mit guten Korrelationseigenschaften.

Beim Downlink wird das Signal jeweils getrennt auf dem I- und Q-Zweig mit dem Spreiz-

3 UMTS

code multipliziert. Es werden wieder OVSF Codes verwendet, allerdings ist als Spreizfaktor zusätzlich der Werte 512 zugelassen.

Für die UTRA-TDD Luftschnittstelle sind im Uplink die Spreizfaktoren 1, 2, 4, 8 und 16 möglich und jeder Nutzer kann maximal zwei parallele Übertragungskanäle mit verschiedenen Spreizcodes nutzen (Multicode Transmission). Für den Downlink ist ein Spreizfaktor von 16 vorgesehen. Zur Erhöhung der Datenrate können auch mehrere Kanäle parallel mit Spreizfaktor 16 genutzt werden. Zudem lässt der Standard auch eine Übertragung mit Spreizfaktor eins zu.

Verwürfelungsfolgen: Nach der Spreizung mit der Signatur und der Leistungsanpassung wird noch ein komplexes Scrambling durchgeführt, das der Trennung der Zellen und einer Verbesserung der Codeeigenschaften dient.

Beim UTRA-FDD Uplink sind diese Verwürfelungsfolgen teilnehmerspezifische Scramblingsequenzen. Damit kann derselbe OVSF Code an mehrere Teilnehmer in der Zelle vergeben werden. Die Scramblingsequenzen werden aus einer kurzen (256 chip) und langen (38400 chip) Folgen-Familie ausgewählt. Die lange Verwürfelungssequenz besitzt gerade die Länge eines Rahmens.

Im Gegensatz dazu wird beim Downlink von jedem Teilnehmer in einer Zelle die gleiche Scramblingsequenz verwendet. Die Trennung erfolgt nur über die OVSF Codes. Die Verwürfelungsfolge der Länge 38400 chip wird aus Goldfolgen abgeleitet.

Bei UTRA-TDD sind die komplexen Scramblingsequenzen im Standard abgelegt. Sie besitzen die Länge 16.

3.3 UMTS Netzwerk-Architektur

Genau genommen umfasst UMTS drei Komponentengruppen, denen standardisierte Begriffe zugeordnet werden. Diese Elemente sind unter einander verbunden, aber auch mit externen Netzwerken (siehe Abbildung 3.8).

Core Network (CN): Das CN stellt Funktionen zur Kommunikation mit dem UTRAN und anderen Core Networks bereit.

Es besteht aus Elementen, die paketorientierte Übertragung (PS, Packet Switched) mit GPRS Technik unterstützen, und zum anderen auch aus Elementen für verbindungsorientierte Übertragung (CS, Circuit Switched) mit der Technik der 2. Mobilfunkgeneration. Externe Netze werden über Gateways angebunden. Für paketorientierte Netze, z.B. das Internet, ist dies die *GGSN* (Gateway GPRS Support Node), für verbindungsorientierte Netze, z.B. das ISDN, das *GMSC* (Gateway Mobile Switching Center). Des Weiteren besteht das CN aus einem *SGSN* (Serving GPRS Support Node) als logisches Interface zum UTRAN, das für paketorientierte Dienste die Managementfunktionen ausführt, und einem *MSC/VLR* (Mobile Switching Center/Visitor Location Register) zur Kontrolle und Vermittlung von verbindungsorientierter Kommunikation. Das *HLR* (Home Location Register) schließlich ist eine Datenbank der Teilnehmer mit relevanten Informationen des call management.

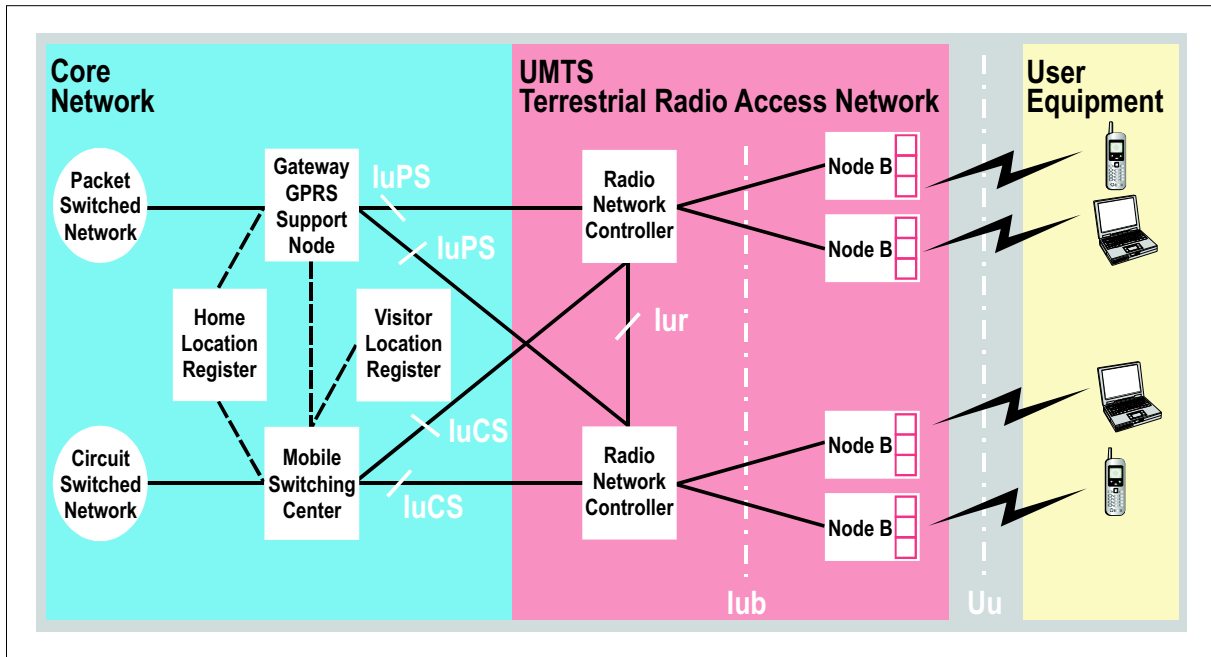


Abbildung 3.8: UMTS Architektur

UMTS Terrestrial Radio Access Network (UTRAN): Das UTRAN ermöglicht die Kommunikation zwischen den mobilen Endgeräten und dem Core Network und kann dabei Funktionen als Bridge, Router und Gateway wahrnehmen.

Es besteht aus mehreren RNS (Radio Network Subsystems), die jeweils einen RNC (Radio Network Controller) und eine oder mehrere Node B umfassen. Ein RNC kontrolliert den eigentlichen Zugriff auf das Medium und entspricht bei GSM einem BSC (Base Station Controller). Als weitere Elemente tauchen im UTRAN die so genannten Node B auf. Eine Node B entspricht bei GSM einer BS (Base Station) und gewährleistet die Funkübertragung und Systemzugangsinformation. An dieser Stelle wird auch Kanalcodierung, Interleaving, Ratenanpassung, Spreizen und Leistungsregelung durchgeführt. Eine Node B kann mehrere Zellen versorgen und intern noch unterteilt sein. Die Bezeichnung war ursprünglich provisorischer Natur, ist jetzt aber als Begriff in den Standard eingegangen.

User Equipment (UE): Das UE beinhaltet alles, was der Endnutzer benötigt, um Zugang zum Mobilfunksystem zu erhalten. Das *mobile Endgerät* gehört ebenso dazu wie das *USIM* (UMTS Subscriber Identity Module), das die Identität und persönliche Zugangsschlüssel des Nutzers beinhaltet.

Interfaces: Neben den Elementen selbst sind auch die Schnittstellen definiert. Wichtig ist zunächst das *Iu Interface* zur Verbindung von CN und UTRAN für die zwei Möglichkeiten der paketorientierten (*IuPS*) und verbindungsorientierten (*IuCS*) Übertragung. Außerdem gibt es das *Uu Interface* als Funkschnittstelle zwischen UTRAN und UE, nämlich die besprochene Luftschnittstelle UTRA. Schließlich wäre noch das *Iur Interface* zu nennen, das

3 UMTS

die Schnittstelle zwischen den RNCs verschiedener RNSs bildet.

4 Vergleich der Systeme

Von vielen Beobachtern werden drahtlose Netzwerke nach einem der WLAN-Standards als Konkurrenz zu UMTS, den Mobilfunknetzen der 3. Generation, gesehen. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich jedoch, dass durch die vielen Unterschiede organisatorischer wie auch technischer Natur beide Systeme ihre getrennten Einsatzbereiche finden und sich in vielen Bereichen ergänzen (siehe Abbildung 4.1).

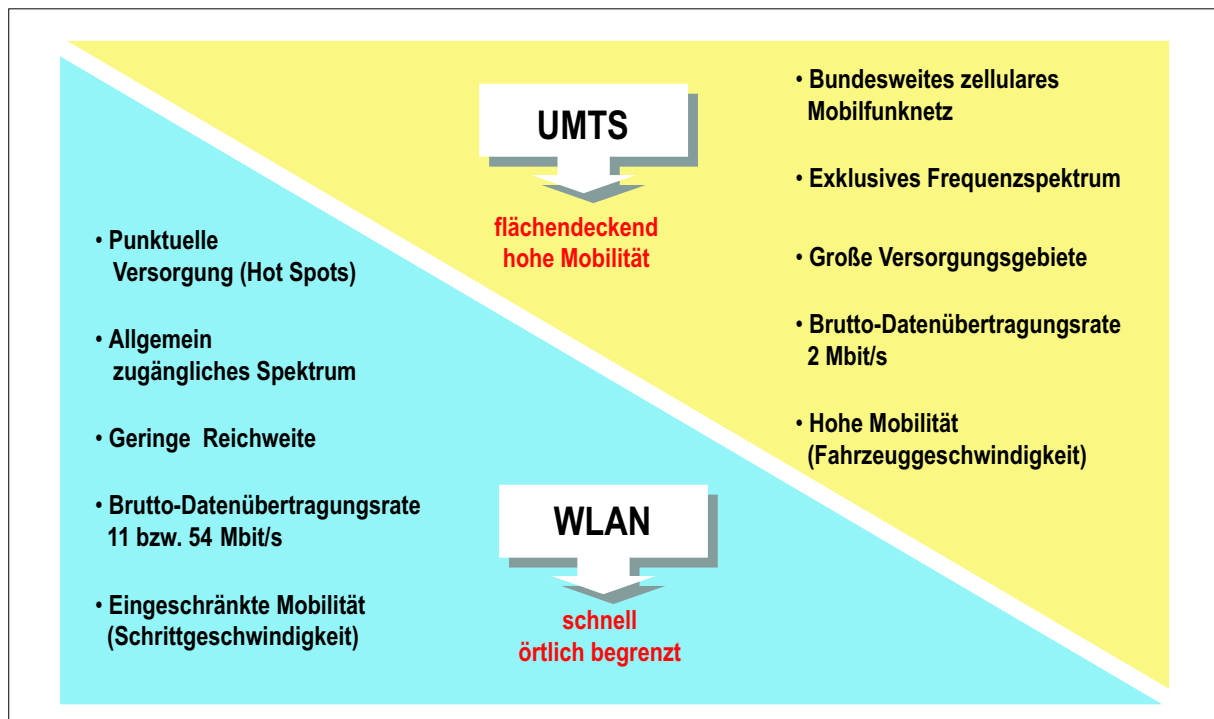


Abbildung 4.1: UMTS und WLAN

Versorgungsgebiet: Bei WLANs ist der öffentliche Zugang zum Netz nur in eng eingegrenzten Gebieten möglich, den so genannten *Hotspots*. Das kann ein Flughafen, Bahnhof oder auch ein Campus sein. Aber an eine weiträumige Versorgung ist nicht zu denken, da die Reichweite jedes Senders auf wenige 100 m (Outdoor) begrenzt ist.

Im Gegensatz dazu wird für UMTS ein bundesweites zellulares Mobilfunknetz aufgebaut.

4 Vergleich der Systeme

Dem Teilnehmer steht schon in der Anfangsphase eine gute Versorgung in den Ballungszentren und auf den Hauptverkehrswegen zur Verfügung. In diesen Bereichen kann er sich bewegen, ohne die Funkverbindung zu verlieren. Zudem wird internationales Roaming möglich sein.

Frequenzbereich: Beide Netze arbeiten mit Frequenzen im Bereich von 2 GHz. Allerdings verwendet IEEE 802.11b den Frequenzbereich 2400 - 2484 MHz im ISM-Band. Diesen lizenzfreien Bereich nutzen aber auch viele weitere Anwendungen, was die maximal mögliche Datenrate reduzieren kann.

UMTS dagegen besitzt ein exklusiv zugewiesenes Spektrum bei 1900 - 2200 MHz, in dem keine anderen Funkanwendungen zugelassen sind. Dies begünstigt natürlich die Übertragung im Vergleich zum ISM-Band.

Datenrate und Mobilität: Sowohl WLAN als auch UMTS haben zum Ziel, wesentlich höhere und flexiblere Datenraten zu ermöglichen als die jeweiligen Vorgängersysteme. Bei WLAN sind je nach Standard maximal 11 Mbit/s (IEEE 802.11b) oder 54 Mbit/s (IEEE 802.11a, HIPERLAN/2) erreichbar. Das sind Bruttodatenraten, die Bits zur Kanalcodierung und Spreizung beinhalten; die Nettodatenraten des Nutzers liegen deutlich darunter und hängen stark von der Entfernung zwischen Sender und Empfänger ab. Bei WLAN wird der Teilnehmer als weitestgehend stationär angenommen. Deshalb ist eine Datenübertragung bei mobilen Teilnehmern kaum möglich.

Bei UMTS beeinflusst die Geschwindigkeit des Teilnehmers die mögliche Datenrate. So ist im stationären Fall, z.B. im Büro, eine Datenrate von bis zu 2,048 Mbit/s möglich, während für Fußgängergeschwindigkeiten 384 kbit/s und für Fahrzeuggeschwindigkeiten 144 kbit/s vorgesehen sind.

Damit sind mit WLAN deutlich höherratige Datenübertragungen möglich als mit UMTS. Andererseits ist der Teilnehmer bei UMTS wesentlich mobiler als mit WLAN. Denn bei WLAN bricht die Verbindung bereits bei mäßigen Geschwindigkeiten ab und der Bereich der Funkabdeckung wird schnell verlassen.

Unter diesen Gesichtspunkten lässt sich resümieren, dass WLAN zwar schnell, dafür aber auch örtlich begrenzt ist. UMTS dagegen weist geringere Datenraten auf, bietet dafür aber hohe Mobilität in einem flächendeckenden Netz.

Damit stellt die Kombination der beiden Systeme eine interessante Herausforderung dar. Insbesondere wäre es denkbar, Prinzipien der Teilnehmeridentifikation und Verschlüsselung im Bereich des WLAN vom Mobilfunknetz zu integrieren. Auch im Bereich der Verrechnung haben die Mobilfunkbetreiber schon viele Erfahrungen gesammelt. Vielleicht ist auch eine sicherere Einwahl ins WLAN über die SIM-Karte des Handys möglich.

Für schnelle drahtlose Datenübertragung an jedem Ort sorgen also nur die Mobilfunknetze - heute schon GSM und GPRS, in der Zukunft UMTS. Dass WLAN-Hotspots eine willkommene Ergänzung, aber kein Ersatz für ein derart flächendeckendes Netz werden können, ist klar. Ideal wäre die Möglichkeit, im einen Netz eine Kommunikationsverbindung zu beginnen und in dem anderen Netz sie fortzuführen. Diese Vision ist technisch allerdings nicht ohne Weiteres umsetzbar.

Literaturverzeichnis

- [Boy02] BOYLAN, C.: *UMTS und WLAN werden einander ergänzen*. ntz, 4 2002.
- [Con01] CONOVER, J.: *802.11a: Making Space for Speed*, 2001. <http://www.networkcomputing.com/1201/1201ws1.html>.
- [Mur00] MURATORE, F. (Herausgeber): *UMTS: Mobile Communications for the Future*. John Wiley, 2000.
- [NMG01] NETT, E., M. MOCK und M. GERGELEIT: *Das drahtlose Ethernet*. Addison-Wesley, 2001.
- [OP01] OJANPERÄ, T. und R. PRASAD (Herausgeber): *WCDMA: Towards IP Mobility and Mobile Internet*. Artech House Publishers, 2001.
- [Sch00] SCHILLER, J.H.: *Mobile Communications*. Addison-Wesley, 2000.
- [Ste01] STEHLE, W.: *Digitale Netze*. J. Schlembach Fachverlag, 2001.
- [Tav00] TAVANGARIAN, L. UND ANDERE: *Organisation und Betrieb einer Beratungsstelle zum Einsatz drahtloser Kommunikationsinfrastruktur andeutschen Hochschulen*. Technischer Bericht, Universtität Rostock, Institut für Technische Informatik, 2000.
- [Wal01] WALKE, B.: *Mobilfunknetze und ihre Protokolle*, Band 2. Teubner, 3. Auflage, 2001.
- [Wie01] WIESLER, A.: *Parametergesteuertes Software Radio für Mobilfunksysteme*. Doktorarbeit, Universität Karlsruhe (TH), 2001.
- [Yac02] YACOUB, M.D.: *Wireless Technology: Protocols, Standards, and Techniques*. CRC Press, 2002.

Literaturverzeichnis