



12 . Juni 2015

Faktenblatt UMTS

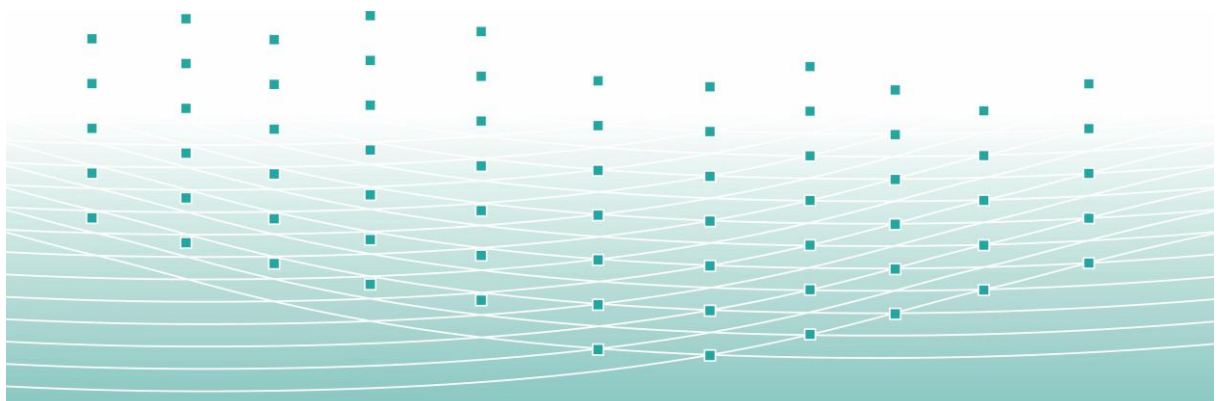
Universal Mobile Telecommunications System

Zusammenfassung

Mit dem Aufbau der UMTS-Mobilfunknetze im Jahre 2002 wurde der mobile Datenfunk lanciert. Datenraten von bis zu 2 MBit/s wurden damit zur Realität. UMTS ist ein Mobilfunkstandard der dritten Generation (3G) und die Nachfolgetechnologie von GSM (Global System for Mobile Communications), das als System der zweiten Generation (2G) bekannt geworden ist und hauptsächlich der Sprachübertragung dient. UMTS arbeitet mit dem Übertragungsverfahren WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) mit einer Kanalbandbreite von 5 MHz.

Der überwiegende Teil des Datenverkehrs in den Mobilfunknetzen wird heute mit der Technik UMTS/HSPA+ (Evolved High Speed Packet Access) bewältigt. HSPA+ ist eine Weiterentwicklung von UMTS und wurde ab 2010 eingeführt. Dank verbesserten Modulationsverfahren, durch die Bündelung von mehreren Kanälen, durch eine verbesserte Verwaltung der Kanalcodes und mit Mehrfachantennen (MIMO) konnte dem UMTS-Standard viel mehr abgewonnen werden, als ursprünglich geplant war. Der Datenturbo UMTS/HSPA+ ermöglicht derzeit theoretisch und unter optimalen Ausbreitungsbedingungen Übertragungsgeschwindigkeiten von bis zu 21 MBit/s pro Teilnehmer mit einem einzigen Kanal (5 MHz Bandbreite). Mit Mehrfachantennen sogar das Doppelte.

Auf längere Sicht wird UMTS/HSPA+ durch das modernere System LTE (Long Term Evolution) abgelöst oder ergänzt werden, zuerst wohl in Gebieten mit grosser Bevölkerungsdichte. Die beiden Systeme LTE und UMTS/HSPA+ werden jedoch noch längere Zeit parallel existieren. Nicht zuletzt darum, weil UMTS/HSPA+ eine sehr gute Flächenversorgung auch in ländlichen Regionen sicherstellt.



Inhalt

1	Einführung	1
2	Technologie	2
2.1	Luftschnittstelle	2
2.2	MIMO	4
2.3	Multi-Cell (Multi-Carrier)	4
2.4	Datenraten	4
3	Netze	7
4	Dienste	8
5	UMTS-Konzessionen in der Schweiz	8
	Abkürzungen	10
	Referenzen	
	Literatur	10

1 Einführung

Um den Bedürfnissen nach höheren Datenraten und grösserer Spektrumseffizienz gerecht zu werden, wurden bereits ab 1992 von der ITU (Internationale Fernmeldeunion) die Rahmenbedingungen für ein neues Mobilfunksystem entwickelt, welches als Nachfolgesystem für GSM dienen sollte. Diese Minimalanforderungen sind unter der Bezeichnung IMT-2000 (International Mobile Telecommunications of the year 2000) veröffentlicht worden. Landläufig sind IMT-2000-Systeme auch als 3G-Systeme bekannt, also als Systeme der dritten Generation. UMTS ist ein Mitglied dieser IMT-2000-Familie, wie auch die beiden aus den USA stammenden System CDMA2000 und Mobile WiMAX.

UMTS ist anfänglich in Europa entwickelt worden, doch schon bald haben sich auch einige wichtige nichteuropäische Länder (USA, China, Japan und Korea) für dieses System zu interessieren begonnen und sich aktiv an dessen Standardisierung beteiligt. UMTS wird heute – wie auch die anderen wichtigen Mobilfunksysteme GSM/EDGE und LTE – von der weltweiten Standardisierungsorganisation 3GPP (3rd Generation Partnership Project) getragen und weiterentwickelt. Die Europäische Standardisierungsorganisation ETSI ist ein Partner von 3GPP.

Mit der kommerziellen Einführung des Mobilfunkstandards UMTS im Jahre 2002 wurde der mobile Datenfunk lanciert. Datenraten von maximal 2 MBit/s, typischerweise 384 kBit/s pro Teilnehmer, sind damit möglich geworden.

Mit UMTS/HSPA+, einer Weiterentwicklung von UMTS, sind theoretisch und unter optimalen Ausbreitungsbedingungen Übertragungsgeschwindigkeiten von bis zu 21 MBit/s pro Teilnehmer mit einem einzigen Kanal (5 MHz Bandbreite) möglich. UMTS/HSPA+ hat zum heutigen Zeitpunkt mit Abstand die grösste Marktdurchdringung aller 3G-Mobilfunktechnologien. Weltweit kommunizierten im Jahre 2014 etwa 26% der Teilnehmer über diese Technik. Ovum schätzt, dass dieser Marktanteil in den kommenden Jahren sogar noch steigen wird und im Jahre 2020 einen Anteil von 42% erreichen sollte.

In der folgenden Abbildung ist die Entwicklung der Teilnehmerzahlen der wichtigsten Mobilfunktechnologien dargestellt:

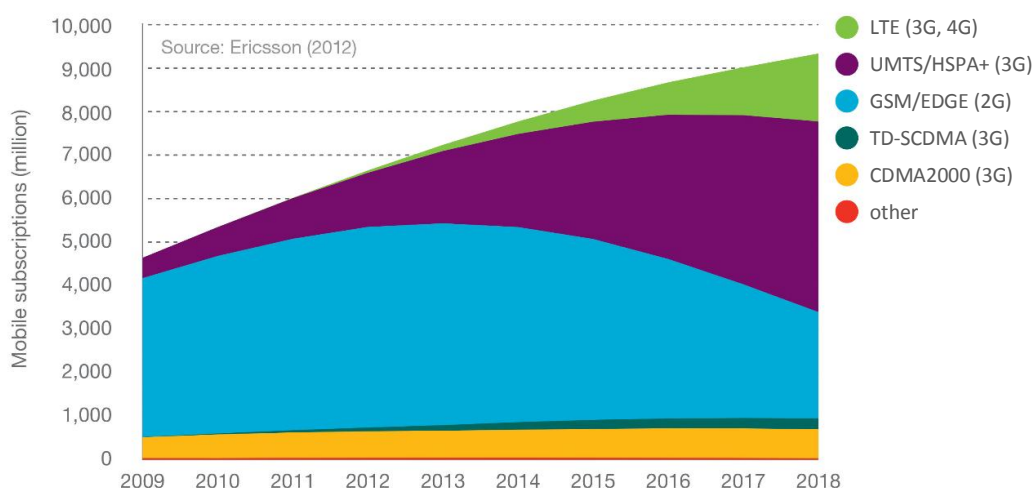


Abbildung 1: Entwicklung der Teilnehmerzahlen für verschiedene Mobilfunktechnologien

TD-SCDMA ist die chinesische Variante von UMTS und CDMA2000 ist ein amerikanisches Mobilfunksystem, welches hauptsächlich in Nordamerika aber auch in Teilen von Asien und Afrika aufgebaut wurde.

UMTS/HSPA+ wurde in den meisten Ländern auf der ganzen Welt eingeführt. Leider werden dafür aus historischen Gründen in den verschiedenen Weltregionen unterschiedliche Frequenzen verwendet. In Europa wird UMTS/HSPA+ fast ausschliesslich im 2,1-GHz- und im 900-MHz-Band (hier noch gemeinsam mit GSM) betrieben, in Nordamerika jedoch im 850-MHz- und 1900-MHz-Band. Roaming ist daher nicht in jedem Fall gewährleistet.

2 Technologie

2.1 Luftschnittstelle

Die Luftschnittstelle ermöglicht die drahtlose Kommunikation zwischen Teilnehmergerät (Handy) und Basisstation. Auf dieser Luftschnittstelle wird für UMTS eine verglichen mit GSM vollständig neue Übertragungsmethode eingesetzt: WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access). WCDMA ist ein Verfahren, bei welchem alle Teilnehmer eines Netzes auf der gleichen Frequenz kommunizieren. Die Trennung der einzelnen Kanäle wird mittels eines Kanalcodes durchgeführt, der jedem Teilnehmer beim Verbindungsaufbau zugeteilt wird. In der folgenden Abbildung ist das Verfahren schematisch dargestellt [1]:

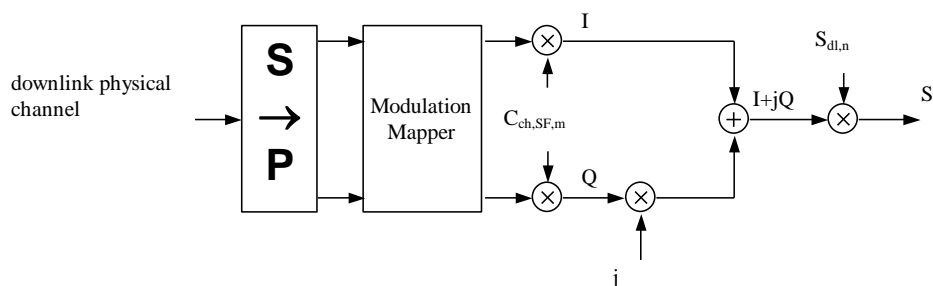


Abbildung 2: Aufbereitung von WCDMA im Downlink

Die zu sendenden Bits (*downlink physical channel*) für Teilnehmer m werden in der Basisstation n zuerst seriell-parallel-gewandelt (SP). Der Modulation Mapper erzeugt aus den Bits die Symbole entsprechend der gewählten Modulationsart (QPSK, 16QAM oder 64QAM). Die In-Phase- bzw. Quadratur-Komponente der Symbole werden dann mit dem Kanalcode für den Teilnehmer m ($C_{ch,SF,m}$) multipliziert (gespreizt). Die Kanalcodes aller Teilnehmer innerhalb einer Zelle sind zueinander orthogonal und stören sich darum gegenseitig nicht. Die beiden gespreizten Signale I und Q werden addiert und anschliessend mit dem komplexen Zellencode der Zelle n ($S_{dl,n}$) multipliziert. Das resultierende Signal S wird schliesslich in der Basisstation zu den Signalen für die anderen Teilnehmer in der Zelle addiert und ausgesendet. Die Chiprate der beiden Spreizcodes beträgt 3,84 Mchips/s. Diese Chiprate bestimmt die Kanalbandbreite. j in der Abbildung steht für die imaginäre Einheit.

Im Empfänger des Teilnehmergeräts wird dieser Prozess in umgekehrter Reihenfolge ausgeführt um damit wieder die gewünschten Bits zu erzeugen.

Dieses Verfahren unterscheidet UMTS grundlegend von anderen Funkssystemen (GSM, LTE, DECT, TETRA usw.), bei welchen die einzelnen aktiven Teilnehmer in einer Zelle durch verschiedene Frequenzen bzw. Zeitschlitze voneinander getrennt werden.

Mit WCDMA ist es möglich, mit einem einzigen 5 MHz breiten Kanal ein flächendeckendes Mobilfunknetz aufzubauen (bei GSM sind dafür ca. 9 bis 12 Kanäle notwendig, allerdings sind diese nur 200 kHz breit). In jeder Zelle kann dieser Kanal wiederverwendet werden (reuse 1). Die einzelnen Zellen werden mit einem individuellen Zellencode voneinander unterschieden um die Interferenz zwischen den Zellen zu reduzieren.

Ein Teilnehmer, der sich am Zellenrand im Versorgungsgebiet von mehreren Basisstationen befindet, kann mit dem WCDMA-Verfahren von mehreren Basisstationen gleichzeitig bedient werden. Die einzelnen Signale werden im Teilnehmergerät mit einem relativ einfachen sogenannten Rake-Empfänger kohärent kombiniert. Die Versorgung des Zellenrandes kann damit stark verbessert werden. Diese Fähigkeit, die Soft-Handover genannt wird, garantiert eine sehr gute Flächenversorgung; in diesem Fall allerdings auf Kosten von Code-Ressourcen und Sendeleistung der beteiligten Basisstationen. Mit diesem Rake-Empfänger können auch Reflexionen, die auf dem Ausbreitungspfad entstehen, optimal eingefangen werden.

Bei UMTS wird die Sendeleistung vor allem im Uplink (vom Teilnehmer zur Basisstation) aber auch im Downlink (von der Basisstation zum Teilnehmer) ständig und schnell den Ausbreitungsbedingungen (Abstand zwischen Teilnehmer und Basisstation, Hindernisse auf dem Übertragungskanal usw.) angepasst. Die Sendeleistung wird immer genau so hoch gewählt, wie sie für eine ausreichende Verbindungsqualität notwendig ist. Die UMTS-Teilnehmergeräte senden mit einer viel kleineren Leistungen als dies bei den GSM-Systemen der Fall ist. Bei UMTS ist es wichtig, dass mit den minimal notwendigen Sendeleistungen gearbeitet wird, ansonsten wird die Kapazität des Netzes stark reduziert oder bricht im schlimmsten Fall vollständig zusammen.

Für die Luftschnittstelle von UMTS sind zwei Betriebsarten vorgesehen: FDD-Betrieb (Frequency Division Duplex) und TDD-Betrieb (Time Division Duplex). Im FDD-Betrieb werden für eine Verbindung zwei getrennte Frequenzen verwendet, nämlich eine für die Verbindung vom Teilnehmer zur Basisstation (Uplink) und eine von der Basisstation zum Teilnehmer (Downlink).

Im TDD-Betrieb hingegen wird für eine Verbindung nur eine Frequenz benötigt. Der Up- bzw. Downlink erfolgt auf der gleichen Frequenz, jedoch in verschiedenen Zeitschlitzen. Für den TDD-Betrieb von UMTS wurden von der Industrie keine Geräte entwickelt und wohl von den Betreibern auch nicht nachgefragt. Abgesehen von China, wo eine spezielle Variante von UMTS TDD verbreitet ist, wird die Betriebsart TDD in den UMTS nicht eingesetzt. Die Frequenzen, die in Europa ursprünglich für UMTS TDD-Betrieb im 2,1-GHz-Band vorgesehen waren, werden nun einer anderen Verwendung zugeführt.

Die maximale Sendeleistung von UMTS-Teilnehmergeräten beträgt 250 mW. In einem realen Netz bewegen sich die aktuellen Sendeleistungen allerdings weit unter diesem Maximalwert. Simulationen von Hersteller und Netzbetreiber haben ergeben, dass die *mittlere* Sendeleistung von UMTS-Teilnehmergeräten in ländlicher Umgebung etwa 1,5 mW beträgt, in städtischer Umgebung sogar noch weniger [3]. Die Sendeleistung von Basisstationen hängt von der Zellengröße, den angebotenen Diensten, dem Verkehr und der Verteilung der Teilnehmer innerhalb der Zelle ab. Für Kompatibilitätsberechnungen rechnet man bei der Basisstationen von grossen Zellen mit einer abgestrahlten Sendeleistung (EIRP) von ungefähr 320 W (55 dBm) pro Trägerfrequenz [3].

Ähnlich wie bei GSM werden in jeder Zelle eines UMTS-Netzes Kontrollkanäle dauernd ausgesendet, unabhängig vom Verkehr in der Zelle. Typischerweise beträgt die Sendeleistung dieser Kanäle etwa 20% der totalen Sendeleistung der Basisstation.

Die Luftschnittstelle von UMTS wurde in den vergangenen Jahren ständig erweitert und ergänzt. Im Jahre 2006 wurde HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) eingeführt. Bei dieser Neuerung sind im Downlink bei idealen Verhältnissen Datenraten von bis zu 14 MBit/s möglich. Im darauffolgenden Jahr wurde dann HSUPA (High Speed Uplink Packet Access) implementiert. Damit sind im Uplink Datenraten von bis zu 5,76 MBit/s möglich. Beide Verfahren beruhen vereinfacht gesagt auf einer optimierten Verwaltung der Kanalcodes im Netz (es können jetzt auch pro Verbindung mehrere Kanalcodes zugewiesen werden), sowie auf der Einführung von höherwertigen Modulationsverfahren.

Der überwiegende Teil des Datenverkehrs in den Mobilfunknetzen wird heute mit der weiterentwickelten Technologie UMTS/HSPA+ (Evolved High Speed Packet Access) abgewickelt, die ab 2010 in den Netzen eingeführt wurde. Dank verbesserten Modulationsverfahren, durch die Bündelung von mehreren Kanälen (Dual Carrier) und durch die Einführung von Mehrfachantennen (MIMO) konnte dem

UMTS-Standard viel mehr abgewonnen werden, als ursprünglich geplant war. UMTS/HSPA+ ermöglicht derzeit theoretisch und mit optimalen Ausbreitungsbedingungen Übertragungsgeschwindigkeiten von bis zu 21 MBit/s pro Teilnehmer mit einem einzigen Kanal (5 MHz Bandbreite). Für UMTS/HSPA+ müssen auch die Empfänger im Teilnehmergerät entsprechend komplexer aufgebaut und mit einem linearen Equalizer ausgestattet werden. Die einfachen Rake-Empfänger, die bei UMTS ursprünglich eingesetzt wurden, sind nicht mehr leistungsfähig genug. Damit ist Soft-Handover an der Zellengrenze (siehe weiter oben) nicht mehr möglich.

Wesentliche Merkmale von HSPA+ sind schnelle und flexible Datenlastverteilung sowie Anpassung des Sendesignals an die Kanalqualität mittels adaptiver Modulation und Kodierung. Die mittlere Spektrumseffizienz (Ausnutzung der Funkfrequenzen in Bits pro Sekunde pro Hertz und pro Zelle) ist bei UMTS/HSPA+ etwa 8 Mal höher als bei GSM/EDGE.

2.2 MIMO

Schon seit einiger Zeit werden im Mobilfunk Mehrfachantennen (MIMO – Multiple Input Multiple Output) eingesetzt. Wie der Name vermuten lässt, werden hierbei bei der Basisstation und beim Teilnehmergerät mehrere Antennen eingesetzt. Über die einzelnen Antennen können unterschiedliche Datenströme auf der gleichen Frequenz und für die gleiche Verbindung übertragen werden. Auf der Empfangsseite können die Signale mit Hilfe komplizierter Algorithmen wieder dekodiert werden. Bei einer Verdoppelung der Anzahl Antennen auf beiden Seiten einer Funkverbindung kann damit theoretisch die Datenrate verdoppelt werden, ohne zusätzliche Frequenzressourcen und ohne zusätzliche Sendeleistung. Durch die Erweiterung von UMTS mit der MIMO-Technik kommt damit zur Frequenz- und Zeit- noch eine weitere Dimension hinzu, die Raumdimension. Man spricht daher in diesem Zusammenhang auch von *Space Multiplex*.

Alternativ kann mit MIMO-Techniken statt die Datenrate zu erhöhen das Signal-zu-Rauschverhältnis und damit die Qualität der Funkverbindung verbessert werden. Durch Aussenden des gleichen kodierten Sendesignals über mehrere Antennen kann die Qualität des Signals am Zellenrand – bei gleicher totalen Sendeleistung aller Antennen zusammen – erheblich verbessert werden (Diversitäts-Gewinn); allerdings jetzt ohne Erhöhung der Datenrate. Damit wird der Zellenradius vergrößert.

Bei UMTS/HSPA+ wird MIMO seit dem Release 7 (2008) unterstützt und implementiert. Die Simulation eines Mobilfunkausrüsters zeigte auf, dass in einem UMTS/HSPA+ Mobilfunknetz mit einem 2x2-MIMO (Zwei Sende- und zwei Empfangsantennen) der Mittelwert der Datenraten der einzelnen Teilnehmer um 20% erhöht werden kann, verglichen mit einem konventionellen 1x1-System. Für einzelne funktechnisch gut positionierte Teilnehmer in der Zelle beträgt die Kapazitätssteigerung sogar über 50% [4].

2.3 Multi-Cell (Multi-Carrier)

Ein weiteres Feature von UMTS/HSPA+ ist die Möglichkeit, mehrere Kanäle für eine einzige Verbindung zu bündeln. Durch diese Vergrößerung der Bandbreite kann die Datenrate entsprechend erhöht werden. Bei HSPA+ können bei Release 10 im Downlink bis zu 4 Kanäle zu je 5 MHz zu einer einzigen Verbindung mit einer Bandbreite von 20 MHz kombiniert werden. Je nach Anzahl gebündelter Kanäle spricht man von Dual-Cell, Triple-Cell oder Quad-Cell. Die Kanäle müssen unmittelbar nebeneinander liegen.

2.4 Datenraten

Die maximalen Datenraten von UMTS/HSPA+ werden von Release zu Release des Standards laufend erhöht. Dieser Prozess ist noch nicht abgeschlossen.

Durch

- neue Modulationsverfahren,
- Zuteilung von mehreren Kanalcodes für eine bestimmte Teilnehmerverbindung,

- Bündelung von mehreren Kanälen für eine Verbindung (siehe Kapitel 2.3)
- und den Einsatz von MIMO bei der Basisstation und beim Teilnehmergerät (siehe Kapitel 2.2)

sind mit UMTS/HSPA+ bei idealen Ausbreitungsbedingungen Datenraten bis zu 168 MBit/s pro Teilnehmer möglich geworden. Wie später dargelegt wird, sind diese maximalen Datenraten nur theoretisch erreichbar. In einem realen Netz müssen sich alle aktiven Teilnehmer diese Kapazität teilen. Auch sind in realen Netzen die Ausbreitungsbedingungen nie ideal und die Datenraten werden dadurch zusätzlich stark reduziert.

In der nachstehenden Abbildung ist diese Entwicklung der theoretisch möglichen maximalen Datenrate in Funktion der Releases (R) des Standards grafisch dargestellt:

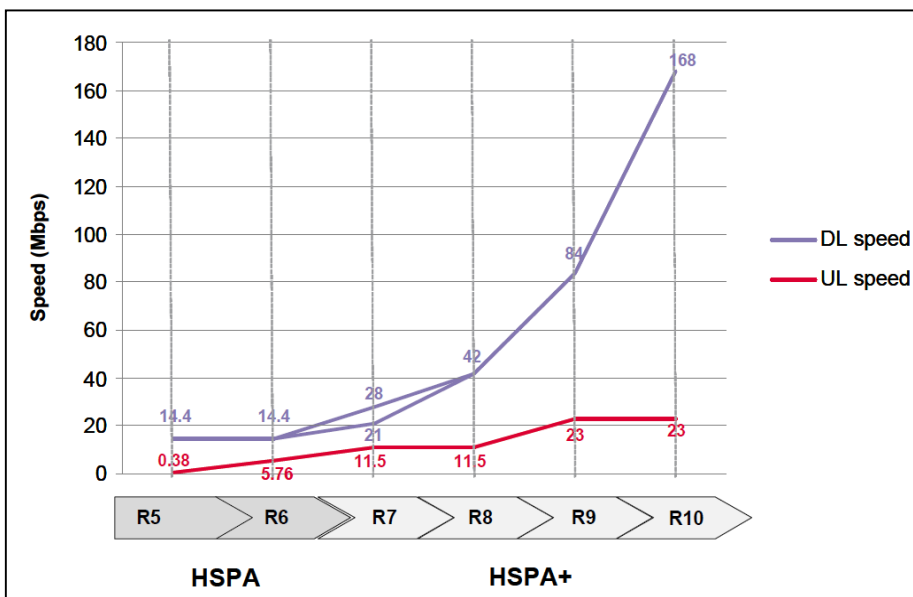


Abbildung 3: Entwicklung der maximalen Datenraten im UL und DL

Die Nummer der Releases gibt in Etwa das Jahr der Veröffentlichung des entsprechenden Standards an. Ausrüstungen gemäss Release 7 (R7) wurde beispielsweise im Jahre 2008 kommerziell eingeführt.

Die Geräteklasse (equipment category) bestimmt die maximale Datenrate, die ein Teilnehmergerät empfangen kann. Im Release 10 (R10) des Standards sind 32 Geräteklassen mit aufsteigender Komplexität definiert. Eine Liste mit den Funktionalitäten (MIMO, Multi-Carrier, Modulation, Anzahl paralleler Kanalcodes), die ein entsprechendes Gerät unterstützt, zusammen mit den theoretischen maximalen Datenraten, ist in der folgenden Tabelle ersichtlich [2].

Tabelle 1: Maximale Datenraten im Downlink für verschiedene Geräteklassen (R10)

equipment category	nbr. of codes	modulation scheme	# carriers (bandwidth)	MIMO	max. bit rate [Mbit/s]										
1	5	QPSK, 16QAM	1 (5 MHz)	no MIMO	1.2										
2	5				1.2										
3	5				1.8										
4	5				1.8										
5	5				3.6										
6	5				3.6										
7	10				7.2										
8	10				7.2										
9	15				10.1										
10	15				14.0										
11	5	QPSK	2 (10 MHz)	no MIMO	0.9										
12	5				1.8										
13	15	QPSK, 16QAM, 64QAM			MIMO	MIMO	17.6								
14	15						21.1								
15	15	QPSK, 16QAM					MIMO	MIMO	23.4						
16	15								28.0						
17	15	Cat. 13 & Cat. 15							MIMO	MIMO					
18	15	Cat. 14 & Cat. 16									MIMO	MIMO			
19	15	QPSK, 16QAM, 64QAM											MIMO	MIMO	35.3
20	15														42.2
21	15	QPSK, 16QAM	3 (15 MHz)	no MIMO											23.4
22	15														28.0
23	15	QPSK, 16QAM, 64QAM			4 (20 MHz)	no MIMO									35.3
24	15														42.2
25	15	QPSK, 16QAM					MIMO	MIMO							46.7
26	15														55.9
27	15	QPSK, 16QAM, 64QAM							MIMO	MIMO					70.6
28	15										84.4				
29	15										3 (15 MHz)	MIMO	MIMO	63.3	
30	15													126.6	
31	15		4 (20 MHz)	MIMO							MIMO			84.4	
32	15													168.8	

Geräteklasse 10 beispielsweise erlaubt in der Bandbreite von 5 MHz (1 Kanal) und der Modulation 16QAM sowie mit 15 parallelen Kanalcodes eine Bitrate von 14 MBit/s. Dies deutet darauf hin, dass die übertragenen Daten auf dem Funkkanal nicht kodiert (geschützt) werden und die Störanfälligkeit damit erheblich ist¹. Typische Teilnehmergeräte ohne MIMO und ohne die Multi-Carrier-Fähigkeit gehören zur Geräteklasse 6 (3,6 MBit/s) oder zur Geräteklasse 8 (7,2 MBit/s). Vor allem für die Teilnehmer am Zellenrand sind die in der obigen Tabelle dargestellten maximalen Datenraten wegen der Ausbreitungsdämpfung und der Interferenz aus benachbarten Zellen bei Weitem nicht zu erreichen.

Aus der Tabelle ist auch ersichtlich, dass für bestimmte Geräteklassen entweder die Option MIMO oder Multi-Cell aber nicht beide Optionen gleichzeitig existieren. Beispielsweise kann die Datenrate von 42,2 MBit/s entweder mit Dual-Cell (10 MHz Bandbreite, Geräteklasse 24) oder mit MIMO und nur einem Kanal (5 MHz Bandbreite, Geräteklasse 20) realisiert werden. Es ist dem Betreiber überlassen, mit welcher Technik (MIMO vs. Multi-Cell) er die Kapazität in seinem Netz ausbauen will. Für Dual-

¹ 16QAM in der Bandbreite von 3,84 MHz (Chiprate) mit 15 von 16 Kanalcodes ohne Kanalkodierung ergibt theoretisch eine Bitrate von: $3,84 \text{ MHz} \times 4/\text{bit/s/Hz} \times 15/16 = 14,4 \text{ MBit/s}$

Cell braucht er dann allerdings zwei Trägerfrequenzen. In jedem Fall sind entsprechende Teilnehmergeräte eine Voraussetzung zur Erhöhung der Datenrate.

In der Praxis unter realen Ausbreitungsbedingungen können diese theoretischen maximalen Datenraten von Tabelle 2 kaum erreicht werden. In der untenstehenden Tabelle sind die typischen mittleren Datenraten von modernen Mobilfunktechnologien den maximalen Datenraten gegenübergestellt:

Tabelle 2: Maximale Datenraten und mittlere Datenraten für verschiedene Mobilfunktechnologien

technology	bandwidth [MHz]	max. bitrate [Mbit/s]		typical bitrate [Mbit/s]		MIMO
		Downlink	Uplink	Downlink	Uplink	
HSPA+ (3.75G)	5	42.2	11.5	7	2	DL: 2x2, UL: 1x2
LTE (3.9G)	10	86	43	18	7	DL: 2x2, UL: 1x2
LTE-A (4G)	10	150	68	24	12	DL: 4x4, UL: 2x2

Die typische (mittlere) Datenrate eines Teilnehmers in einer realen Umgebung ist 5 bis 6 Mal niedriger als der theoretische Maximalwert. Es ist zu beachten, dass für HSPA+ in obiger Tabelle die Übertragungsbandbreite von 5 MHz, für LTE hingegen 10 MHz zugrunde gelegt wurde.

3 Netze

Die Netzarchitektur von UMTS besteht aus dem Zugangnetz UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) und dem Kernnetz CN (Core Network). In der folgenden Abbildung ist die Netzarchitektur von UMTS mit den entsprechenden Schnittstellen stark vereinfacht dargestellt:

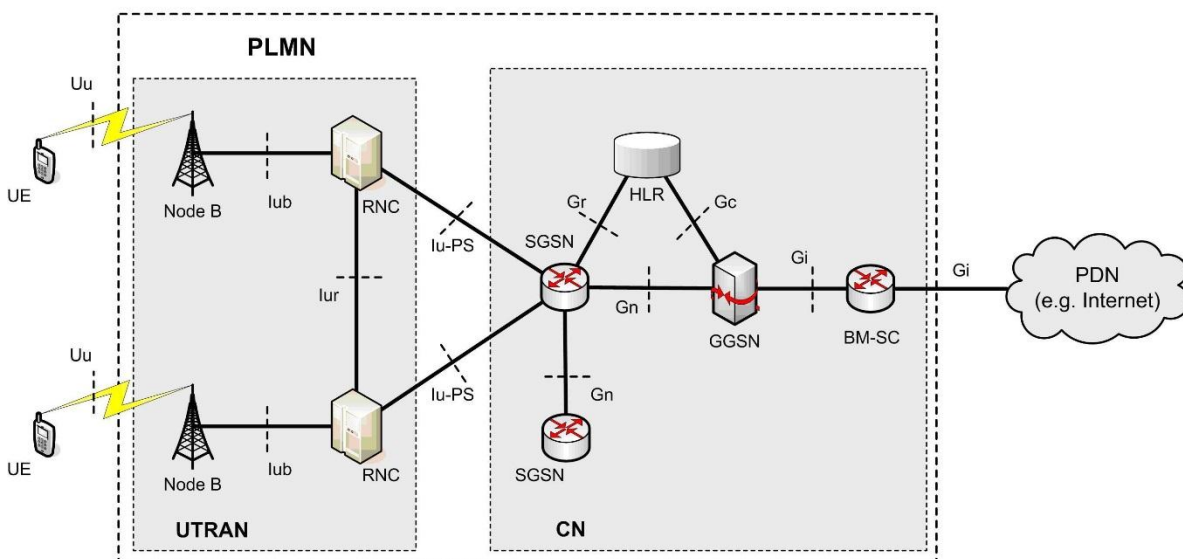


Abbildung 4: Netzarchitektur von UMTS

Das Zugangnetz besteht aus den Basisstationen, die bei UMTS als Node B bezeichnet werden, und den RNC (Radio Network Controller). Hauptfunktionen der RNC sind das Routen der Verbindungen zwischen den Node B, die Überwachung der Node B und die Zuweisung von Ressourcen für die Luftschnittstelle. Im UTRAN sind die RNC untereinander vernetzt (Iur-Schnittstelle). So ist unter anderem das sogenannte Soft-Handover möglich. Damit können mehrere Basisstationen ein einzelnes Teilnehmergerät (UE) versorgen und damit die Versorgung am Zellenrand wesentlich verbessern.

Im Kernnetz wird der paketorientierte Datenverkehr vom SGSN (Serving GPRS Support Node) abgewickelt. Der SGSN leitet IP-Pakete weiter, die für das Teilnehmergerät im SGSN-Versorgungsbereich bestimmt sind oder von einem solchen abgeschickt werden. Zu den Aufgaben eines SGSN gehören das Routing und die Übergabe von Paketen in den bzw. aus dem Versorgungsbereich des SGSN. Der Knoten bedient alle Teilnehmergeräte, die sich im Versorgungsbereich des SGSN befinden. Darüber hinaus sorgt der SGSN für die Verschlüsselung und Authentifizierung, das Session- und das Mobilitätsmanagement sowie für die Verbindung zum HLR (Home Location Register) und zum GGSN (Gateway GPRS Support Node).

Das HLR ist die zentrale Teilnehmerdatenbank im Mobilfunknetz. Darin sind die Teilnehmer- und Abonnenten-Informationen abgelegt. Die im HLR gespeicherten Informationen dienen dem Mobility Management und der Teilnehmeridentifikation und damit dem sicheren Zugang zum Mobilfunknetz. Ausserdem sind die Dienste eingetragen, auf die der Teilnehmer Zugriff hat sowie seine Standortangaben.

Das Routing ins Internet übernimmt schliesslich der GGSN. Er stellt alle für die Abwicklung des Datenverkehrs notwendigen Gateway-Funktionen zur Verfügung. Dazu gehören die Bereitstellung der Schnittstelle zu externen IP-Netzen bzw. dem Internet. Aus Sicht eines externen IP-Netzes fungiert der GGSN als ein Router für IP-Adressen aller Teilnehmer, die durch das UMTS-Netz bedient werden.

4 Dienste

Die Leistungsfähigkeit vom UMTS hat eine Reihe von neuen Diensten ermöglicht. Dazu gehören neben dem Sprachtelefoniedienst mit guter Sprachqualität insbesondere multimediale Datendienste, die auf dem Internet-Protokoll basieren.

Bei den ersten Netzen wurden vom UMTS-Kernnetz leitungsvermittelte Übertragungsdienste (CS) für den Sprachtelefoniedienst und paketvermittelte Übertragungsdienste (PS) für den Datenverkehr unterstützt. Der Sprachtelefoniedienst wurde dann ins Kernnetz der damals noch dominanten GSM-Systeme geleitet, das für Sprachdienste optimiert und am traditionellen Telefon-Festnetz (ISDN) angeschlossen war. Heute basiert die Übertragung im Kernnetz weitestgehend auf dem paketvermittelten Internet-Protokoll (IP). Auch die Sprachdienste werden über IP transportiert (VoIP). Damit hat man ein einheitliches paketvermitteltes Kernnetz für alle Dienste (Full-IP).

Unterschiedliche Anwendungen im Netz haben unterschiedliche Leistungs- und Qualitätsanforderungen. Qualitätsanforderungen sind beispielsweise die zulässigen Verzögerungszeiten (speziell für Sprachübertragung ein kritischer Faktor), Schwankungen dieser Verzögerungszeiten, Fehlerraten und garantierte Datenraten. Für UMTS wurden für Applikationen mit qualitativ ähnlichen Anforderung die folgenden vier QoS-Klassen definiert:

- Conversational: VoIP, Videokonferenz, Audiokonferenz . . .
- Streaming: Audio- und Video-Broadcast, Audio- und Video-Clips . . .
- Interactive: Surfen im Internet, Chat, Spiele . . .
- Background: E-mail, Dow- und Uploads von Daten, Telemetrie . . .

5 UMTS-Konzessionen in der Schweiz

Nach Durchführung eines Auktionsverfahrens Ende 2000 hat die Eidgenössische Kommunikationskommission (ComCom) vier UMTS-Konzessionen vergeben. Konzession Nummer 1 ging an Swisscom AG für die Summe von 50 Mio. Franken, Konzession Nummer 2 ging an Sunrise für die Summe von 50 Mio. Franken, Konzession Nummer 3 ging an Orange Communications SA (heute Salt) für die Summe von 55 Mio. Franken und die Konzession Nummer 4 hat die 3G Mobile AG für die Summe von 50 Mio. Franken ersteigert.

Jeder Betreiber erhielt im 2,1-GHz-Band (UMTS-Kernband) 2x15 MHz FDD-Frequenzen und 5 MHz TDD-Frequenzen; insgesamt wurden also jedem Betreiber 35 MHz aus dem 2,1-GHz-Band zugeteilt.

Die Betreiber hatten in ihrer Konzessionsverfügung die Auflage, bis spätestens Ende 2004 50% der Schweizer Bevölkerung mit UMTS-Diensten zu versorgen. Betreiber von UMTS-Netzen, die bereits ein GSM-Netz besitzen, haben im Weiteren die Verpflichtung, dem neuen UMTS-Betreiber ohne GSM-Netz Nationales Roaming anzubieten. Somit hat ein neuer Betreiber die Möglichkeit mittels eines Roaming-Vertrages mit einem etablierten GSM-Netzbetreiber von Anfang an eine gute Flächen- deckung zu erreichen.

Die Konzessionen wurden für die Dauer von 15 Jahren erteilt.

Von Seiten Orange, Sunrise und Swisscom wurden die Versorgungsaufgaben hinsichtlich einer Bevöl- kerungsabdeckung von 50% zum 31. Dezember 2004 erfüllt. Lediglich 3G Mobile als vierte UMTS Konzessionärin hatte bis zum Stichtag keine entsprechende Infrastruktur aufgebaut. In der Folge ent- zog die ComCom mit ihrem Entscheid vom 12. April 2006 3G Mobile die Konzession. Mit dem Ent- scheid des Bundesgerichts vom 26. Oktober 2006 wurde der Konzessionsentzug bestätigt.

Den Unternehmen Orange, Sunrise und Swisscom wurden im Rahmen einer weiteren Auktion, die An- fang 2012 stattfand, Mobilfunkfrequenzen zugeteilt. Die Zuteilung betraf einerseits die damals freien und in absehbarer Zukunft frei werdenden Frequenzen und andererseits alle Frequenzen, die den An- bieterinnen in der Vergangenheit zugewiesen worden waren. Die insgesamt zugeteilte Bandbreite nach dieser Auktion präsentierte sich wie folgt:

Tabelle 3: Zugeteilte Bandbreiten für Mobilfunk in der Schweiz

Frequenzband	Salt (Orange)	Sunrise	Swisscom
800 MHz	20 MHz	20 MHz	20 MHz
900 MHz	10 MHz	30 MHz	30 MHz
1800 MHz	50 MHz	40 MHz	60 MHz
2.1 GHz FDD	40 MHz	20 MHz	60 MHz
2.1 GHz TDD	0	0	0
2.6 GHz FDD	40 MHz	50 MHz	40 MHz
2.6 GHz TDD	0	0	45 MHz

Die neue Zuteilung des UMTS-Kernbandes bei 2,1 GHz ist ab Anfang 2017 wirksam.

Die neu erteilten Konzessionen haben eine Nutzungsdauer bis Ende 2028. Sie sind technologie- neutral ausgestaltet. Das bedeutet, dass die Betreiber in all ihnen zugeteilten Frequenzbereichen UMTS benützen können sofern es die technischen Rahmenbedingungen zulassen.

Gemäss Angaben eines Betreibers können mit UMTS/HSPA+ heute (2014) bereits über 99% Prozent der Schweizer Bevölkerung mit einer Datenrate von 7,2 MBit/s (an ausgewählten Orten sogar mit 42 MBit/s) mobil surfen.

Abkürzungen

CDMA	Code Division Multiple Access
CS	Circuit Switched (leitungsvermittelt)
DL	Downlink
EDGE	Enhanced Data Rates for GSM Evolution
EIRP	Equivalent isotropically Radiated Power (äquivalente Strahlungsleistung)
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FDD	Frequency Division Duplex
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communications
HLR	Home Location Register
HSDPA	High Speed Downlink Packed Access
HSPA+	Evolved High Speed Packet Access
HSUPA	High Speed Uplink Packed Access
IMT-2000	International Mobile Telecommunications of the year 2000
IP	Internet Protocol
ITU	International Telecommunication Union
LTE	Long Term Evolution
MIMO	Multiple Input Multiple Output (Mehrfachantenne)
PDN	Paket Data Network
PLMN	Public Land Mobile Network (Mobilfunknetz)
PS	Paket Switched (paketvermittelt)
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
RNC	Radio Network Controller
SGSN	Serving GPRS Support Node
TDD	Time Division Duplex
TD-SCDMA	Time Division Synchronous Code Division Multiple Access
UE	User Equipment (Teilnehmergerät)
UL	Uplink
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UTRAN	UMTS Terrestrial Access Network
VoIP	Voice over IP
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access

Literatur

- [1] 3GPP TS 25.213: Spreading and modulation (FDD) (Release 10).
- [2] 3GPP TS 25.306: UE Radio Access capabilities (Release 10).
- [3] Report ITU-R M.2039-2: Characteristics of terrestrial IMT-2000 systems for frequency sharing/interference analyses (11/2010).

[4] GSMA: MIMO in HSPA: the Real-World Impact, 2010.