

# Proseminararbeit : What's next after UMTS?

Tobias Albig

Freie Universität Berlin

## 1 Einleitung

Die Zugangstechnologien zum Internet für mobile Endgeräte werden stetig weiterentwickelt. Die neueste Technologie, die auf UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) folgt, heißt LTE (Long Term Evolution)[1][2][4]. LTE verspricht viele Neuerungen: höhere Downloadraten von bis zu 300 Mbit/s, eine vereinfachte Netzinfrastruktur, geringere Latenzzeiten, eine höhere Spektraleffizienz sowie eine flexible Nutzung des vorhandenen Frequenzspektrums[1][2][4]. Im Folgenden wird diese Technologie vorgestellt, Probleme bei ihrer Einführung beschrieben sowie einen kurzen Ausblick auf ihren Nachfolger gegeben.

## 2 Hauptcharakteristika im Vergleich LTE/UMTS

Eine der wichtigsten Neuerungen von LTE im Vergleich zu UMTS sind die gesteigerten Down- und Uploadraten. Bei UMTS lagen diese zur Einführung bei 384 kbit/s in Abwärtsrichtung, sowie 128 kbit/s in Aufwärtsrichtung. Mit der Erweiterung von UMTS um HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) konnten Übertragungsraten von 14 Mbit/s realisiert werden. LTE hingegen ist so ausgelegt, dass theoretisch Downloadraten von 300 Mbit/s und Uploadraten von 75 Mbit/s erreicht werden können. Hierfür nutzt LTE eine Bandbreite von bis zu 20 MHz wohingegen

UMTS eine 5 MHz-Bandbreite zur Verfügung steht[1][2]. Weitere wichtige Neuerungen, auf die im Folgenden zu sprechen gekommen wird, sind die Vereinfachung des Kernnetzes sowie die volle Umstellung auf eine paketorientierte Übertragung.

### 3 Aufbau des LTE Netzes

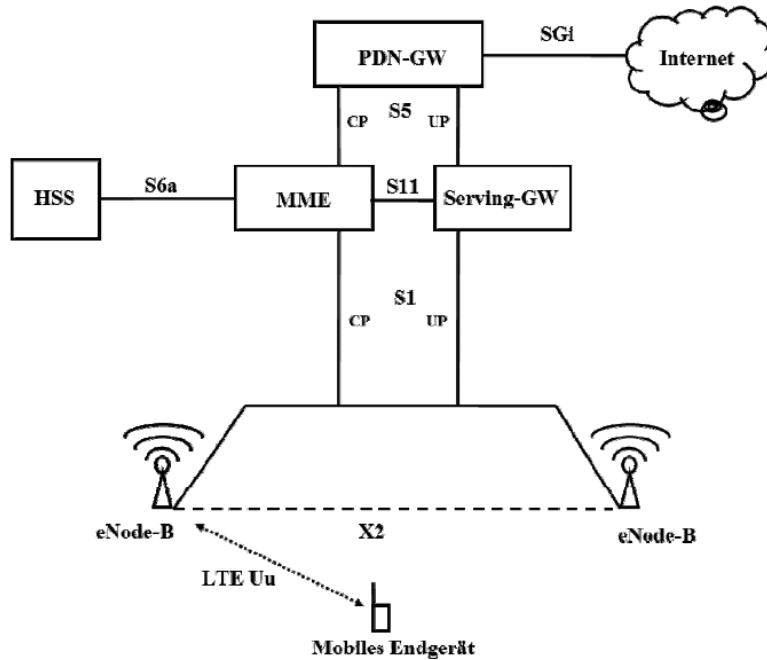


Fig. 1. LTE-Architektur [1] (S.282)

In Abbildung 1 ist der schematische Aufbau des LTE Netzes zu sehen. Es werden nun nacheinander die Aufgaben und Eigenschaften der einzelnen Komponenten erklärt.

### 3.1 LTE User Equipment

Als User Equipment bezeichnet das Standardisierungsgremium für Mobilfunk (3GPP) die LTE-Endgeräte. Sie werden in mehrere Kategorien eingeteilt. Dabei wird nach Anzahl der Antennen, Transferraten sowie unterstützten Modulationsarten unterschieden. Ein Endgerät muss mindestens 2 Antennen haben, auf denen parallele Datenströme laufen können. Diese Technik wird als MIMO (Multiple Input Multiple Output) bezeichnet, auf die im Späteren noch genauer eingegangen wird. In der höchsten Kategorie unterstützt ein Gerät 4 Antennen.[1][2] Hinsichtlich der Modulationsarten müssen alle Geräte QPSK, 16 QAM und 64 QAM in Abwärtsrichtung unterstützen. Es sind für die Endgeräte zwei Zustände vorgesehen – den Connected-State und, um Strom zu sparen, den Idle-State, aus dem jedoch schnell zurückgekehrt werden kann.[1][2][4]

### 3.2 eNodeB

Ein so genannter eNodeB ist die Basisstation, die direkt mit dem Endgerät kommuniziert. Der eNodeB setzt sich aus mehreren Antennen, einem Radiomodul, sowie einem Digitalmodul zusammen. Hierbei moduliert, demoduliert und verstärkt das Radiomodul Signale und das Digitalmodul übernimmt die Signalverarbeitung. Die eNodeBs kümmern sich nicht nur um das Senden und Empfangen von Signalen sondern auch um das Scheduling des Datenverkehrs der Teilnehmer, die Sicherstellung der Dienstgüte, das Mobilitätsmanagement sowie das Interferenzmanagement mit Nachbarstationen. Dies bedeutet beispielsweise, dass die Basisstation entscheidet wann ein Handover eines Gerätes zu einer anderen Station stattfindet. Sie tut dies aufgrund von übermittelten Messungen der Endgeräte. Für die Kommunikation mit anderen Einheiten des LTE-Netzwerkes stehen

einige Schnittstellen bereit. Dies ist das so genannte Uu-Interface zur Kommunikation mit den Endgeräten, das X2-Interface um mit benachbarten Basisstationen zu kommunizieren sowie die S1-Schnittstelle. Über die S1-Schnittstelle werden Nutzdaten an das Serving-GW (Serving Gateway) und Signalisierungsinformationen an die MME (Mobility Management Entity) verschickt bzw. empfangen. Diese beiden Einheiten werden im Folgenden erläutert[1][2].

### **3.3 MME (Mobility Management Entity)**

Der Kernbereich der MME ist die Nutzerverwaltung. Dabei fallen folgende Aufgaben in ihren Bereich: Die MME kümmert sich um die Authentifizierung der Endgeräte mit Hilfe der Informationen des HSS (Home Subscriber Server) wo die Benutzerdaten abgerufen werden können. Sie erstellt IP-Tunnel für Endgeräte um mit anderen Netzwerken zu kommunizieren. Des Weiteren informiert sie Endgeräte, wenn IP-Pakete für sie bereitstehen und hilft den eNodeBs bei einem Handover, falls keine direkte Verbindung zwischen den beiden Basisstationen besteht. Meldet sich ein Nutzer am Netzwerk an, wird ihm ein Serving Gateway zugewiesen[1][2].

### **3.4 Serving Gateway (S-GW)**

Das Serving Gateway wird vom MME beauftragt IP-Pakete von Endgeräten bzw. eNodeBs zum PDN-Gateway zu tunneln. Das S-GW erstellt dabei einen S1-Tunnel zu einem Nutzer bzw. einer Basisstation und einen S5-Tunnel zum PDN-GW. Diese Verbindungen sind pro Endgerät unabhängig voneinander. Bei einem Handover eines Endgeräts muss lediglich der S1-Tunnel erneuert werden. Das Erstellen dieser Tunnel sowie deren Modifikation wird vom MME kontrolliert. Dafür ist eine Schnittstelle S11

zwischen S-GW und MME eingerichtet. Des Weiteren speichert es IP-Pakete temporär, falls sich ein Endgerät im Idle-Status befindet[1][2].

### **3.5 PDN Gateway (Packet Data Network Gateway)**

Das PDN-Gateway bildet den Übergang zu anderen Netzwerken – meist dem Internet. Es leitet die Nutzdatenpakete vom und zum SG-W weiter und ist dabei für die Sicherstellung der Dienstgüte zuständig. Beim Anmelden neuer Endgeräte wird es vom MME beauftragt eine IP-Adresse für das Gerät bereitzustellen[1][2].

### **3.6 HSS (Home Subscriber Server)**

Die letzte Komponente des LTE-Netzwerks bildet der HSS. Dies ist eine Teilnehmerdatenbank, die zusammen mit GSM und UMTS verwendet wird. In den beiden Systemen heißt es jedoch HLR (Home Location Register). In dieser Datenbank stehen u.a. Benutzerinformationen wie Zugangsdaten und der letzte Aufenthaltsort des Nutzers. Diese Information fordert die MME bei der Anmeldung eines neuen Endgerätes an.[1]

## **4 Die Luftschnittstelle**

Die Luftschnittstelle wurde in LTE im Gegensatz zu UMTS komplett erneuert. Sie ist nun flexibler und passt sich an die lokal verfügbare Bandbreite an. In der Abwärtsrichtung kommt das Übertragungsverfahren OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) zum Einsatz und im Uplink SC-FDMA (Single Carrier – Frequency Division Multiple Access)[1][2]. Die Funktionsweisen und Vorteile dieser Verfahren werden nun im Folgenden kurz erläutert.

#### 4.1 OFDMA

Mit OFDMA wird ein Datenstrom in mehreren Datenströmen mit niedrigeren Datenraten übertragen. Dies hat zum Vorteil, dass die Überlappungseffekte (Multi-Path Fading) minimiert werden. Dieser Effekt tritt hervor, wenn Signale an Objekten reflektiert werden. Damit erhält der Empfänger mehrere Signale zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Werden nun Signale sehr schnell hintereinander gesendet, kann ein reflektiertes Signal ein neu gesendetes Signal stören und somit kann es zu Datenverlusten kommen. Steht nun z.B. eine Bandbreite von 20 MHz zur Verfügung, wird sie auf 1200 Unterträger aufgeteilt. Somit können die einzelnen Datenströme mit einer 1200 mal niedrigeren Datenrate senden als der gesamte Datenstrom. Ein weiterer Vorteil ist Anpassungsfähigkeit an örtlich benutzbare Frequenzbereiche. Steht z.B. statt eines 20 MHz-Frequenzbereichs nur ein 10 MHz-Frequenzbereich zur Verfügung, halbieren sich lediglich die Anzahl der Unterträger.[1] Am System muss jedoch nichts verändert werden. Damit die einzelnen Unterträger möglichst wenig miteinander interferieren, stehen die Signale der einzelnen Träger orthogonal zueinander. In Abbildung 2 ist der schematische Aufbau der Unterträger zu sehen. Die Orthogonalität ist dadurch gegeben, dass bei der Mittelfrequenz der einzelnen Träger, sich die Nachbarträger im Nulldurchgang befinden.[1][2]

#### 4.2 SC-FDMA

Für die Aufwärtsrichtung wird ein möglichst energieeffizientes Verfahren benötigt, das den Stromverbrauch in den Endgeräten möglichst niedrig hält. Hierfür wird das SC-FDMA Verfahren benutzt. Es arbeitet ähnlich wie OFDMA ist jedoch energieeffizienter.[1][2]

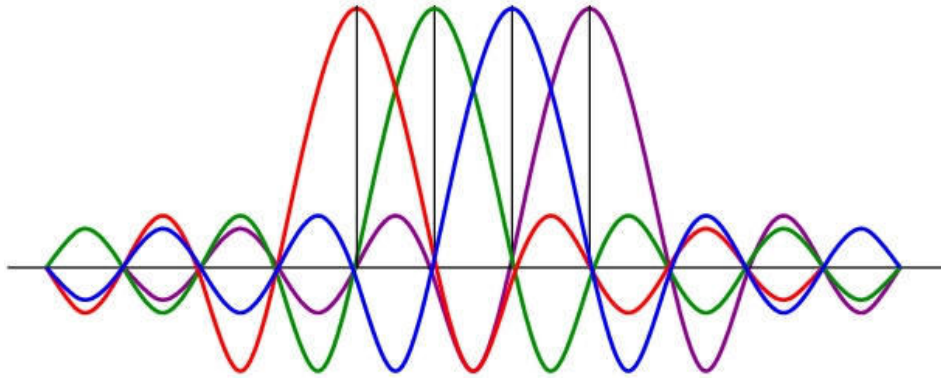


Fig. 2. OFDMA [5]

## 5 Modulationsarten

Für die einzelnen Unterträger kommen unterschiedliche Modulationsarten zum Einsatz. Diese sind QPSK, QAM 16 und QAM 64. Die Modulationsarten können bei Übertragungen stetig angepasst werden. So wird bei guten Übertragungsverhältnissen QAM 64 benutzt und bei schlechten QPSK[1][2].

## 6 MIMO

Neben dem Beherrschen der oben genannten Modulationsarten müssen Endgeräte im LTE-Netz auch mehrere Antennen besitzen, mit denen sie gleichzeitig Senden oder Empfangen können. Vorgeschrieben sind mindestens zwei Antennen. In der höchsten Kategorie haben Endgeräte 4 Antennen. Diese Datenübertragung wird auch MIMO (Multiple Input Multiple Output) genannt. Damit könnte es theoretisch zu einer Verdoppelung bis zu einer Vervielfachung der Übertragungsrate kommen. Jedoch interferieren die Signale der Antennen leicht wodurch die Datenrate wiederum gesenkt wird. Unter guten Bedingungen kommt es jedoch zu einer deut-

lichen Steigerung der Datenraten. Diese Technik wird auch beim WLAN Standard 802.11n benutzt sowie in HSPA. In HSPA wurde es jedoch nur in den Spezifikationen eingeführt, erhielt jedoch keinen Einzug in die tatsächlichen Netze[1][2].

## 7 Dateneinheiten

Die kleinste Zuweisungseinheit eines Unterträgers auf der Luftschnittstelle beträgt 66,667 Mikrosekunden. In dieser Zeit wird ein Symbol in einer der Situation angepassten Modulationsart übertragen. Ein Symbol wird auch als Resource Element (RE) bezeichnet. Ein Resource Block besteht aus 12 Subcarriern mit je 7 Symbolen. Diese Einheit wird auch Slot genannt. Zwei Slots wiederum ergeben einen Subframe. Subframes können als verfügbarer Platz zum Senden und Empfangen vom eNodeB an die Endgeräte zugewiesen werden. Ein Subframe hat die Länge von einer Millisekunde, das heißt, dass der eNodeB pro Millisekunde die verfügbaren Subframes – je nach Bandbreite – an die auf Ressourcen wartenden Endgeräte aufteilt.[1]

## 8 Referenzsymbole

Nicht alle auf der Luftschnittstelle verfügbaren Dateneinheiten können für die Nutzdaten verwendet werden. Es werden u.a. auch Referenzsymbole benötigt, mit Hilfe derer ein Endgerät das LTE-Signal identifizieren und später für Signalqualitätsmessungen nutzen kann. Die Referenzsymbole werden dabei in regelmäßigen Abständen auf die Resource Blocks verteilt. Die Referenzsequenzen enthalten unter anderem die ID der Basisstation. Somit kann das Endgerät die Signalqualität der verschiedenen



erreichbaren Basisstationen überwachen und dem eNodeB übermitteln. Dieser entscheidet dann ggf. über einen Handover[1].

## **9 Probleme bei der LTE-Einführung**

Ein großes Problem bei der Einführung von LTE bei Mobiltelefonen ist, dass Sprachübertragungen und SMS in GSM und UMTS durch ein leitungsorientiertes Netzwerk übertragen werden und somit nicht ohne weiteres in LTE zur Verfügung stehen. Es gibt jedoch einige Ansätze wie mit diesem Problem umgegangen werden kann.

### **9.1 Circuit switched fallback**

Eine relativ schnelle Lösung wäre der sogenannte circuit switched fallback. Das heißt, dass für eingehende und ausgehende Gespräche oder SMS auf das GSM- oder UMTS-Netz zurückgegriffen wird. Hiermit sind jedoch entsprechende Nachteile verbunden. Es müsste neue Software in die GSM/UMTS-Netzwerkkomponenten installiert werden damit sie die MME über neue Nachrichten informieren können. Dies ist erforderlich, da die MME Nachrichten nur im IP-Format empfängt. Des Weiteren würde sich die Dauer für das Starten eines Anrufes deutlich erhöhen, da erst das Netzwerk gewechselt werden müsste.[3][4]

### **9.2 IP Multimedia Subsystem**

Eine längerfristige Lösung ist die Nutzung des IMS (IP Multimedia Subsystem). Dies ist ein Subsystem, welches unter anderem das Ziel hat paketvermittelnde und leitungsvermittelnde Netze zu verbinden. Dieses System ist jedoch sehr komplex und der Standardisierungsprozess dauert

an. Es wird also unwahrscheinlich sein, dass zum Start von LTE bei Mobiltelefonen das IMS für die kommerzielle Nutzung zur Verfügung stehen wird[3].

### 9.3 Voice over LTE via Generic Access Network

Die dritte Lösung dieses Problems ist Voice over LTE via Generic Access Network (VoLGA). Das GAN kann zurzeit in einigen Ländern genutzt werden um sich über WLAN an einem GSM/UMTS-Netzwerk anzumelden. Dies beinhaltet auch Handover vom GSM/UMTS-Sender zum WLAN und zurück. Diese Technologie lässt sich nutzen um Anrufe aus dem LTE-Netz in ein GSM/UMTS-Netzwerk zu überführen. Es werden dabei zwar einige Software Updates in den Gateways des GAN nötig sein, jedoch keine im LTE- oder in den GSM/UMTS Netzwerken. Daher ist dies eine mögliche Vorgehensweise in der Anfangszeit von LTE mit diesem Problem umzugehen[3][4].

## 10 Nachfolger von LTE

Für den Nachfolger von LTE – bekannt unter dem Name LTE-Advanced – stehen bereits die ersten Standards fest. Dies soll die erste Mobilfunktechnologie werden, die dem 4G-Standard (IMT-Advanced) der ITU (International Telecommunication Union) entspricht. Es sind Übertragungsraten von 1 Gbit/s vorgesehen. Diese zu erreichen wird eine große Herausforderung. Es wird nicht reichen lediglich die Bandbreite auf z.B. 100 MHz zu erhöhen, sondern dies muss auch bei der Spektraleffizienz(bit/s/Hz) erfolgen. Als besonders problematisch kann hierbei das Erlangen eines zusammenhängenden Frequenzbereich von 100 MHz betrachtet werden. Eine Lösung stellt das Aggregieren mehrerer Frequenzbereiche dar. Eine

Möglichkeit die Spektraleffizienz zu erhöhen, liefert möglicherweise die Erweiterung der MIMO Technologie. Hierbei sind zum einen weitere Antennen und zum anderen eine effizientere Nutzung der parallelen Antennen erforderlich. Eine weitere Möglichkeit die Spektraleffizienz zu erhöhen stellt die Nutzung von so genannten Relay-Nodes dar, welche die Abdeckung in Grenzbereichen erhöhen. Auch in Betracht zu ziehen wäre eine stärkere Kommunikation zwischen den eNodeBs zum besseren Scheduling der einzelnen Endgeräte und zur Minimierung der Interferenzen.[2]

## 11 Zusammenfassung

LTE, der 3GPP-Nachfolger von UMTS, bringt viele Neuerungen mit sich. Die wichtigsten unter ihnen sind die erhöhten Transferraten, die Vereinfachung der Netzwerstruktur sowie die Verringerung der Latenzzeiten. Die Hauptfaktoren, die diese Transferraten möglich machen, sind die erhöhte Bandbreite, das Übertragungsverfahren OFDMA sowie die MIMO-Technik. In dieser Arbeit wurde ein Überblick über die einzelnen Netzwerkkomponenten gegeben, einige Eigenschaften der Luftschnittstelle erläutert sowie Probleme und Herausforderungen für die Zukunft umrissen.

## Referenzen

- [1] M. Sauter, Grundkurs Mobile Kommunikationssysteme, 4. Auflage, Vieweg-Teubner, 2011, S. 279 - 336
- [2] S. Sesia, LTE – The UMTS Long Term Evolution, 1. Auflage, John Wiley & Sons, 2009
- [3] M. Sauter, Voice over LTE via Generic Access (VoLGA), Aug. 2009, [cm-networks.de/volga-a-whitepaper.pdf](http://cm-networks.de/volga-a-whitepaper.pdf)(22.06.2011)

[4] G. Punz, Evolution of 3G Networks, 1. Auflage, Springer, 2010

[5] [http://www.s3.kth.se/signal/project\\_course/2007/green/ofdm.jpg](http://www.s3.kth.se/signal/project_course/2007/green/ofdm.jpg),(22.06.11)