

Tendenz steigend

Mit LTE steht der bisher schnellste Mobilfunkstandard vor der Tür

Wolfgang Schulte

Die rasante Entwicklung der Standards für drahtlose Netze der Sprach- und Datenübertragung geht ungebrochen weiter. Neben den bekannten IEEE-Standards wird im 3. Generation Partnership Project (3GPP) an der Weiterentwicklung der Standards von Global System for Mobile Communication (GSM) gearbeitet. Der Bedarf an immer höheren Bitraten für neue Anwendungen führte zu graduellen Erweiterungen der Standards bis zu den aktuellen Spezifikationen von LTE (Long Term Evolution).

In diesem Jahr wurden von der Bundesnetzagentur bereits LTE-Frequenzen versteigert, die Telekom und Vodafone stellen im Internet Seiten zur Registrierung für Interessierte bereit, und die Industrie bemüht sich, Endgeräte auf den Markt zu bringen – Zeit für einen Blick auf diesen wichtigen Mobilfunkstandard.

Die Architektur

Die Systemarchitektur von LTE hat das Ziel, ein gemeinsames Konzept zu implementieren, das ein optimales drahtloses, paketorientiertes IP-Netz (Internet Protocol) mit einer hohen Datenrate für Sprach- und Datenverkehr von Ende zu Ende ermöglicht. Drei spezielle Bereiche sind definiert: *Erstens* der Kundenbereich mit den Endgeräten, dem User Equipment (UE), den mobilen Endgeräten wie Handys, Personal Digital Assistants (PDA), Netbooks oder Laptops. Die Übertragungen zum bzw. vom LTE-Kernnetz werden in Radio Frames von 10 ms Dauer durchgeführt. Der Downlink wird im Übertragungsverfahren OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access), der Uplink im Frequenzmultiplexverfahren (FDMA) durchgeführt.

Zweitens das LTE-Funknetz E-UTRAN mit der Basisstation, hier Evolved NodeB (eNodeB) genannt. Bei UMTS wird die Basisstation mit NodeB bezeichnet. E-UTRAN (Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network) ist detailliert im 3GPP-Standard TS 36.300 beschrieben.

Die wesentlichen Aufgaben der Basisstationen sind u.a. das Radio Resource Management mit der Steuerung des Zugangs zum Netz und der Mobilitätssteuerung, die IP-Header-Kompression und die Verschlüsselung der Nutzerdaten. Weiterhin werden von der Basisstation die Nutzerdaten vom UE über das Serving Gateway (S-GW)

an das Packet Data Network Gateway (P-GW) im LTE-Kernnetz geleitet.

Drittens das LTE-Kernnetz, das Evolved Packet Core Network (EPC), mit dem Serving Gateway (S-GW) für die Anbindung des LTE-Funknetzes über die User Plane an das LTE-Kernnetz. Das Packet Data Network Gateway (P-GW) – auch PDN-GW – verbindet das LTE-Kernnetz mit dem paketorientierten Internet. Für die zentrale Steue-

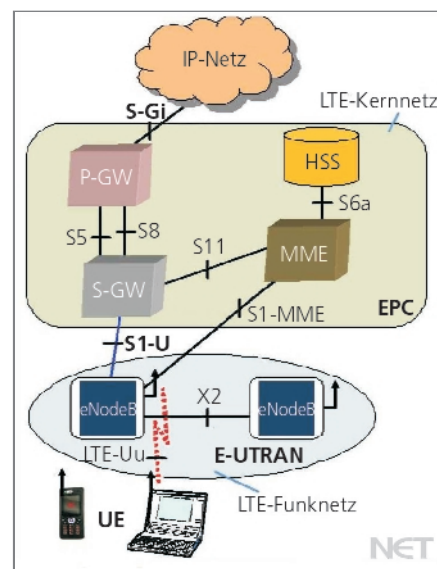


Bild 1: Die Netzarchitektur von LTE

rung des LTE-Kernnetzes über die Control Plane ist die Mobility Management Entity (MME) zuständig. MME verwaltet und steuert für die UEs die Aufenthaltsbereiche; diese Bereiche sind zu Gruppen zusammengefasste Zellen. Die Zellgruppen werden bei LTE mit Tracking Area bezeichnet. Mit Hilfe des Home Subscription Servers (HSS), dies entspricht bei den GSM-Netzen dem Home Location Register (HLR), wird die zentrale Datenbank des LTE-Netzes für die permanenten Teilnehmerdaten implementiert.

Diese drei Bereiche werden auch als IP-Connectivity-Schicht oder Evolved Packet System (EPS) bezeichnet. Bei LTE sind zwei Ebenen, hier Planes genannt, spezifiziert:

Die *Control Plane* dient zur Unterstützung und Steuerung der User-Plane-Funktionen wie Steuerung des Verbindungsauf- und -abbaus zum E-UTRAN-Funknetz, Aktivierung der IP-Adresse und Unterstützung der Mobilität der Benutzer. Durch die Control Plane sollten mindestens 200 Teilnehmer pro Zelle unterstützt werden.

Das GPRS Tunnelling Protocol for Control plane (GTPv2-C) benutzt den UDP-Port 2123 und führt das Tunneling von Signalisierungsnachrichten u.a. zwischen MME und S-GW über die Schnittstelle S11 durch.

Die *User Plane*, siehe *Bild 2*, regelt vor allem die Funktion der Technischen Spezifikation TS 29.281, das GPRS Tunnelling Protocol User plane (GTP-U). GTP-U nutzt über UDP den Port 2152 und tunnelt die Benutzerdaten zwischen der Basisstation und des S-GW und P-GW. Mit GTP werden alle Benutzerdaten in IP- und UDP-Pakete gepackt.

Mit der Schicht 1, dem Physical Layer (PHY), wird die Luftschnittstelle LTE-Uu spezifiziert. Über der Schicht 1 liegen für die Schicht 2 (L2) zwei Teilschichten: Die Teilschicht Medium Access Control (MAC) dient der Bildung des Rahmens und zur Fehlererkennung. Zusammen mit der Teilschicht Radio Link Control (RLC) unterstützt die Schicht 2 den bestätigten und unbestätigten Datentransfer. Das Packet Data Convergence Protocol (PDCP), spezifiziert in TS 36.323, dient u.a. zur Header Compression, der Sicherstellung der Reihenfolge der Protocol Data Units (PDU) für die höheren Schichten und der Verschlüsselung.

Der Zugang zum LTE ist einerseits für Geräte entsprechend den Standards 3GPP bzw. UMTS im Dokument TS 23.401 beschrieben (www.3gpp.org/ftp/Specs/html-info/23401.htm), andererseits ist auch ein Zugang von Geräten aus den WiFi- oder Wimax-Netzen, den IEEE-Standards für drahtlose Netze, im LTE-Standard TS 23.402 spezifiziert (www.3gpp.org/ftp/Specs/html-info/23402.htm).

Die Anbindungen an LTE über einen Service GPRS Support Node (SGSN) für das GSM EDGE Radio Access Network (GERAN) und das UMTS Terrestrial Radio Access Network (UTRAN)

sind hier der Übersichtlichkeit wegen nicht beschrieben.

Die Schnittstellen

Die Schnittstellen, hier auch als Reference Points bezeichnet, haben folgende Aufgaben:

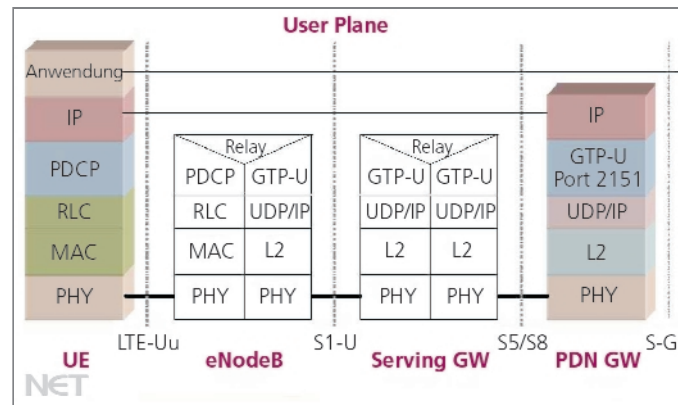


Bild 2: Die Protokollschichten der User Plane

- **LTE-Uu:** Diese Luftschnittstelle verbindet das Benutzerendgerät UE mit der Basisstation eNodeB und ist im Standard TS 36.300 festgelegt.
- **S1-U:** Dies ist die Verbindung von E-UTRAN und dem Serving GW (S-GW) für das Tunneln der Information von der User Plane.
- **S1-MME:** Dies ist der Referenzpunkt für die Control Plane zwischen E-UTRAN und MME. Über diese Schnittstelle kommuniziert die Control Plane der Basisstation mit MME via Stream Control Transmission Protocol (SCTP) nach RFC 4960.
- **S5:** Diese Schnittstelle verbindet das S-GW mit dem P-GW sowohl für ein User Plane Tunneling und für das Tunnel-Management zwischen diesen Einheiten als auch für das Tunneling von Signalisierungsnachrichten von GTPv2-C.
- **S6a:** Diese Schnittstelle zwischen MME und HSS unterstützt die Registrierung, Authentifizierung und die Autorisierung. Sie wird auch AAA-Schnittstelle (Authentication, Authorization, Accounting) genannt.
- **S8:** Mit diesem Interface wird ein Inter-PLMN-Referenzpunkt (Public Land Mobile Network) für die User- und Control Plane zwischen S-GW und P-GW spezifiziert.
- **S11:** Über diese Schnittstelle empfängt MME u.a. QoS-Parameter (Quality of Service) zur Bildung oder

Modifikation des Übermittlungsdienstes (Bearer Services). Das GPRS Tunnelling Protocol for Control plane, beschrieben in TS 29.274, über UDP mit Port 2123, sendet über diese Schnittstelle auch Signalisierungsnachrichten der Control Plane zwischen MME und S-GW.

- **S-Gi:** Dies ist der Referenzpunkt zwischen dem PDN Gateway und dem paketorientierten Internet. Über diese Schnittstelle kommunizieren sowohl 3GPP-Netze als auch andere drahtlose Netze.
- **X2:** Über diese Verbindung können die Basisstationen miteinander speziell bei einem Handover, d.h. dem Wechsel einer Area (bei UMTS ist das der Location Update), kommunizieren.

Die MIMO-Antennentechnik (Multiple Input Multiple Output) ist bei LTE nicht neu, dient aber auch hier zur Verbesserung der Spektraleffizienz, d.h. mehr Bit pro Hertz (2 x 2 oder 4 x 4 Antennenpaare). Mehrere Send- und Empfangsantennen können neben der zeitlichen auch die räumliche Dimension der Übertragung nutzen.

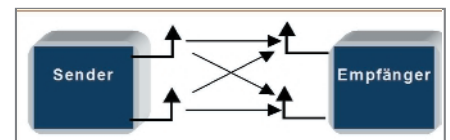


Bild 3: Darstellung der MIMO-Technik

Die Anzahl der Antennenpaare definiert hier u.a. die Güte der Spektraleffizienz (*Bild 3*).

Neben der Antennentechnik werden zur Optimierung der Datenrate auch verschiedene Modulationsverfahren eingesetzt, z.B. die Quadraturamplitudenmodulation (QAM16 oder 64)

oder bei größerer Entfernung die QPSK-Modulation (Quadrature Phase Shift Keying). Die Codierung der zu übermittelnden Daten erfolgt nach dem OFDMA-Verfahren (Orthogonal Frequency Division Multiple Access).

Verbindungsaufbau

Wenn ein Teilnehmer (TN) UE sich an einem LTE-Netz anmelden möchte (siehe *Bild 4*), wird die UE ein Attach Request zur Basisstation senden. Die Basisstation sendet diesen Antrag an die neue MME in der Area, in der sich der TN gerade befindet. Die neue MME sendet diesen Verbindungswunsch zur alten MME zur Identifikation. Von dieser alten MME wird jetzt eine Identifikation der UE abgefragt. Diese abgefragte Identifikation wird zur neuen MME gesendet. Die neue MME startet eine Anfrage an die HSS zur Authentifizierung. Die HSS korrigiert eventuell den Eintrag in ihrer Datenbank über den aktuellen Aufenthalt der UE. Ist die Authentifizierung erfolgreich, kann von der neuen MME eine Verschlüsselung mit der UE ausgehandelt werden. Es folgt jetzt noch ein Session-Aufbau mit dem S-GW. Bei erfolgreicher Session können von der UE Daten übertragen werden.

Verbindungsabbau

Mit einem Detach Request der UE an die aktuelle MME wird der Verbindungsabbau eingeleitet. Die MME signalisiert an die S-GW diesen Wunsch des Verbindungsabbaus. Die S-GW bestätigt der MME den Detach Request mit einer Detach-ACK-Nachricht. Die MME sendet daraufhin ein Detach Accept an die UE.

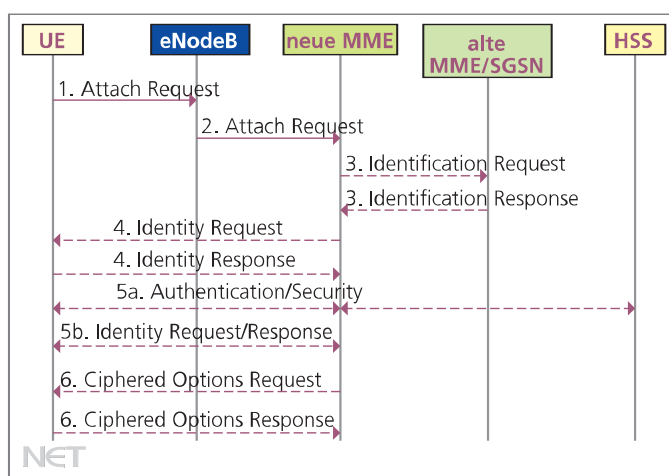
Nachfolger und Mitbewerber des Standards LTE

Der nächste Schritt nach LTE soll LTE Advanced sein, er ist von der 3GPP im Release 10 vorgesehen, an dem derzeit noch gearbeitet wird.

LTE Advanced wird die vollen Anforderungen für die vierte Generation der drahtlosen Netze der ITU, beschrieben im IMT-Advanced-Dokument (International Mobile Telecom-

munications - Advanced), erfüllen. Eine Kompatibilität mit der jetzigen Version von LTE soll sichergestellt sein. Die Antennentechnik könnte als 8 x 8 MIMO realisiert werden. Zusätzlich soll auch MU-MIMO (Multi User MIMO) erstmalig spezifiziert werden. Mit größeren Bandbreiten sowohl im Upload als auch im Download werden auch höhere Datenraten angestrebt. Durch ein Relay Node, eine Relay Station, soll die Abdeckung einer Zelle vergrößert werden. Die Europäische Kommission unterstützt seit Januar

Bild 4: Ablauf des Verbindungsaufbaus



dieses Jahres die Forschungsarbeiten für die vierte Generation von Mobilfunknetzen mit 18 Mio. €.

In der IEEE 802.11 WLAN Working Group (WG) sind zurzeit zwei Projekte zum Thema Very High Throughput (VHT) aktiv:

Erstens das Projekt IEEE 802.11ad VHT in der Task Group (TG) TGad – es definiert ein WLAN im 60-GHz-Band mit einer Datenrate von mindestens 1 Gbit/s. Der Standard soll im Dezember 2012 zur Verfügung stehen.

Zweitens wird in der Task Group (TG) TGac das Projekt für einen Standard IEEE 802.11 ac VHT im Frequenzband kleiner als 6 GHz mit einer Datenrate von 1 Gbit/s bearbeitet. Auch dieser Standard soll im Dezember 2012 abgeschlossen sein.

Eine interessante Arbeit läuft in der TGu – dort wird seit längerem an einer Erweiterung des Standards IEEE 802.11 (u) gearbeitet. Der Titel dieser Erweiterung lautet IEEE 802.11 Interworking with External Networks. In dieser Gruppe wird die Kooperation der Protokolle und Geräte nach IEEE-

und z.B. 3GPP-Standards angestrebt. Ende dieses Jahres soll ein abgeschlossener Standard vorliegen.

Die NGMN-Organisation (New Generation Mobile Networks) unterstützt die weitere Entwicklung drahtloser Netze auf IP-Basis (www.ngmn.org). Das Ziel für die vierte Generation dieser Netze sollte eine Datenrate von 100 Mbit/s und eine Ende-zu-Ende-Verzögerungszeit von 20 bis 30 ms sein. Die High-Level-Architektur von NGMN aus dem Jahr 2006 zeigt alle Elemente des LTE-Konzepts.

Resümee

Wenn die Informationsübertragung (Daten, Sprache, SMS) ohne merkliche Verzögerungen mit den angegebenen Bandbreiten im Upload und Download so funktioniert, kann LTE in Deutschland auf absehbare Zeit *das* drahtlose Breitbandnetz werden. GSM und UMTS werden dann früher oder später ganz von LTE abgelöst. Mit den stetigen Erweiterungen der Endgeräte mit immer neueren Anwendungen, z.B. HDTV auf dem Handy, wird sich ein profitabler Markt entwickeln. Der Preis für diese Dienste bestimmt dann im Wesentlichen die Akzeptanz.

Was von der IEEE in dieser Richtung noch zu erwarten ist, steht bisher nicht fest. Es gilt als sicher, dass die Bandbreiten auch in diesen Netzen noch enorm steigen werden. Die Mobilität und die Reichweite werden zunächst LTE vorbehalten sein. Die Integration der vorhandenen drahtlosen Netze kann die ultimative Lösung sein. (we)