

# Systemarchitektur der Zukunft

Von Klaus Schwaiger

E-Mail, Mobile TV, Web 2.0 – immer mehr Daten werden drahtlos übertragen. Long Term Evolution (LTE) soll's richten. Aber welche Auswirkungen wird die anstehende Einführung des Mobilfunks der vierten Generation auf die Technik im Core-Netz haben?

Die Weiterentwicklung des Mobilfunks manifestiert sich vor allem in einer höheren verfügbaren Bandbreite für den User bei gleichzeitig niedrigeren Übertragungskosten pro Bit für den Carrier. Darüber hinaus sollen langfristig sämtliche Mobilfunk-Dienste über ein einziges, konvergentes Netz übertragen werden. Ziel ist es dabei, eine Ende-zu-Ende-Übertragung mittels IP (Internet Protocol) für sämtliche Dienste zu erreichen.

Diese Anforderungen führten dazu, dass mit LTE eine Entwicklung auf der Luftschnittstelle vorangetrieben wurde, die mit deutlichen Veränderungen gegenüber dem Mobilfunk der dritten Generation im Allgemeinen und UMTS im Besonderen aufwartet. Diesen Veränderungen muss das Core-Netz gerecht werden und soll zusätzlich dazu in der Lage sein, bestehende IP-basierte Zugangsnetze wie WLAN oder Wimax zu integrieren.

## E-Utran – die neue Luftschnittstelle

Mit LTE beschreibt die 3GPP-Standardisierungsgruppe den Entwicklungsprozess für die Luftschnittstelle (siehe Bild 1). Das Endresultat von LTE ist die „neue“ Luftschnittstelle E-Utran (Evolved-Utran). Die zahlreichen Veränderungen von LTE im Bereich der Luftschnittstelle, zu denen beispielsweise der Einsatz von OFDM oder MIMO gehört, sollen hier nicht im Detail dargestellt werden. Eine essentielle Veränderung gegenüber UMTS, die besonders auf das Core-Netz Bedeutung hat, ist die Einführung einer paketbasierten Luftschnittstelle für sämtliche Dienste. Die Leitungsvermittlung für Sprache fällt mit LTE weg, auch Sprache wird über IP übertragen.

Zudem verzichtet LTE auf das zweistufige Konzept von UMTS mit Node B und RNC im Radionetz und setzt auf einen intelligenten Knotenpunkt, den eNode B (evolved Node B),

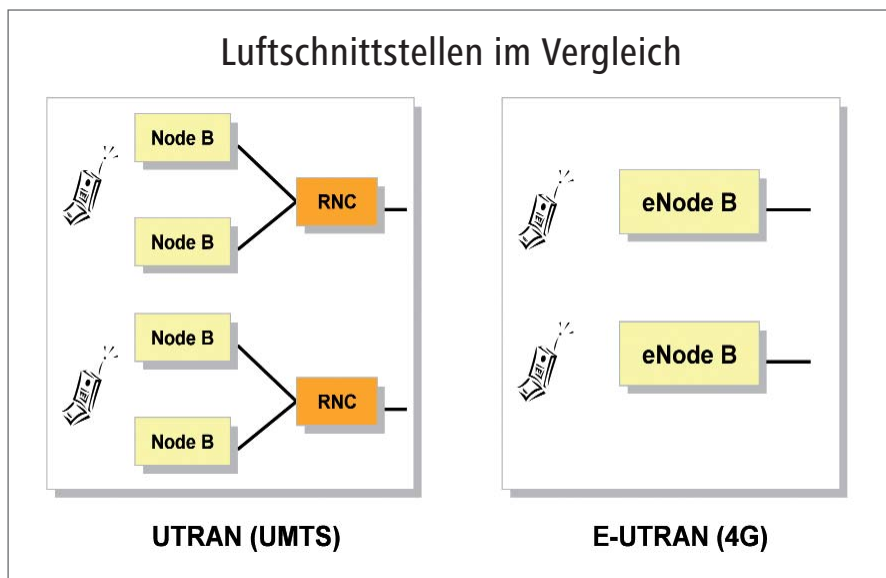


Bild 1: Luftschnittstelle bei UMTS (links) und bei 4G (rechts).

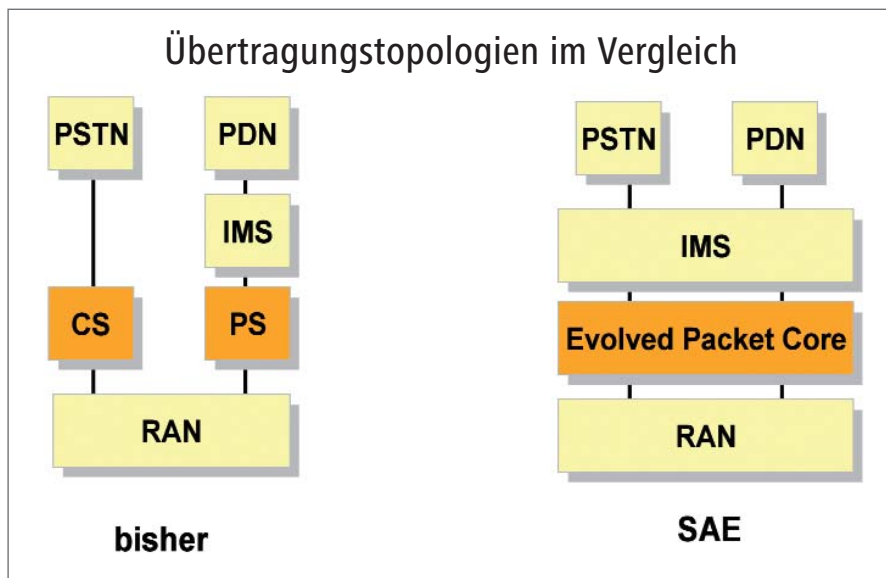


Bild 2: Evolved Packet Core – ein anstelle von zwei Übertragungsnetzen.

der ebenfalls über IP an das Core-Netz angebunden ist. Durch dieses Konzept wird die Verzögerungszeit reduziert und die Netzstruktur des Radionetzes deutlich flexibler und einfacher. Dies wiederum wird sich positiv auf die Übertragungsqualität von Diensten auswirken.

## EPC – das neue Übertragungsnetz

Die Idee ein Netz anstelle von zwei Netzen betreiben und unterhalten zu können, besteht schon seit langem. Mit der Einführung von GPRS (Mobilfunk Release 97) wurde damit begonnen neben dem leitungsvermittelnden Übertragungsnetz zusätzlich ein paketbasiertes Core-Netz einzuführen – dieses

jedoch lediglich für Datendienste ohne Anspruch auf Echtzeitfähigkeit. Mit Release 8 und den durch LTE notwendigen Veränderungen am Zugangsnetz bietet sich erstmalig die Möglichkeit vollständig auf ein leitungsvermittelndes Core-Netz zu verzichten und eine vollständig paketbasierte Netzwerk-Architektur in die Tat umzusetzen, die Daten- und Sprachdienste vereint (siehe Bild 2).

Mit SAE (System Architecture Evolution) beschreibt die 3GPP-Standardisierungsgruppe den Entwicklungsprozess für das Core-Netz. Das Endresultat der SAE wird im Allgemeinen als EPC (Evolved Packet Core) bezeichnet. Die Begriffe SAE und EPC haben

jedoch eine sehr ähnliche Bedeutung und werden deshalb häufig synonym verwendet. Bei SAE wird das Core-Netz mit möglichst wenigen Elementen auf Basis einer reinen paketbasierten (IP-) Infrastruktur aufgebaut.

kann – völlig unabhängig vom Core-Netz – diejenige Zugangstechnik lokal favorisiert werden, die gerade besonders vorteilhaft erscheint. Zwischen diesen unterschiedlichen Zugangssystemen muss Mobilität, sprich Roa-

können, muss die Übertragungszeit für ein Datenpaket Ende-zu-Ende deutlich niedriger liegen als dies heutige UMTS-Netze bieten können – im Idealfall bis zu 20 Millisekunden und darunter. Im Core-Netz selbst muss die Zeitverzögerung entsprechend auf wenige Millisekunden reduziert werden. Dies kann nur mit einem ausgeklügeltem QoS-Konzept (Quality of Service; Dienstgüte) erreicht werden.

Weitere zentrale Aufgaben neben Quality of Service, die das Core-Netz übernehmen muss, sind die Signalisierung zum User Equipment, Mobility Management und Charging. Aufgaben wie Modulation, Coding, Header-Komprimierung, ARQ (Automatic Repeat Request), Handover und weitere RRC-Aufgaben (Radio Resource Control) werden hingegen von der Luftschnittstelle bewältigt.

### Komponenten des EPC

Im EPC werden wie in All-IP-Umgebungen üblich die Netzelemente zum Transfer von Nutzerdaten und zur Signalisierung getrennt. Für die Signalisierung ist die MME (Mobility Management Entity) zuständig. Der Nutzdatentransport wird über S-GW (Serving Gateway) und PDN-GW (Packet Data Network Gateway) abgewickelt (siehe Bild 3).

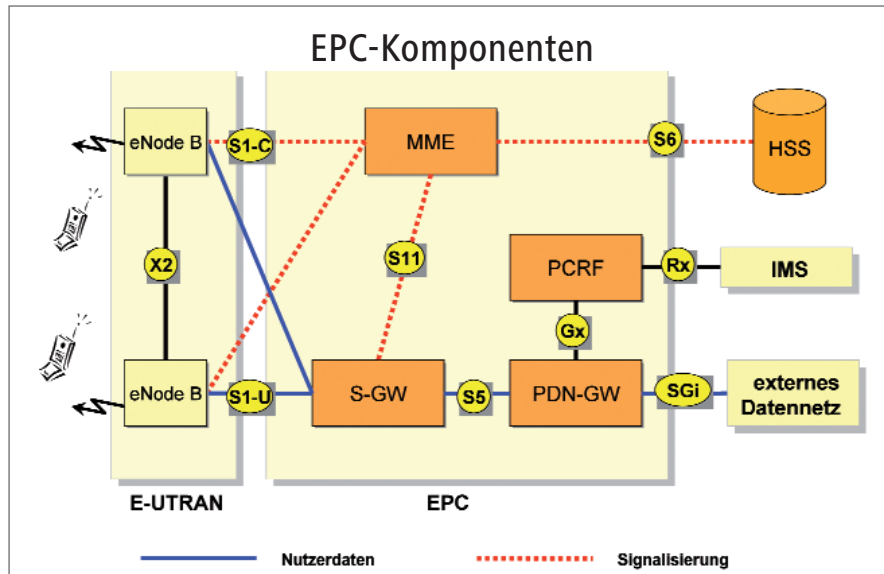


Bild 3: Komponenten und Schnittstellen des EPC.

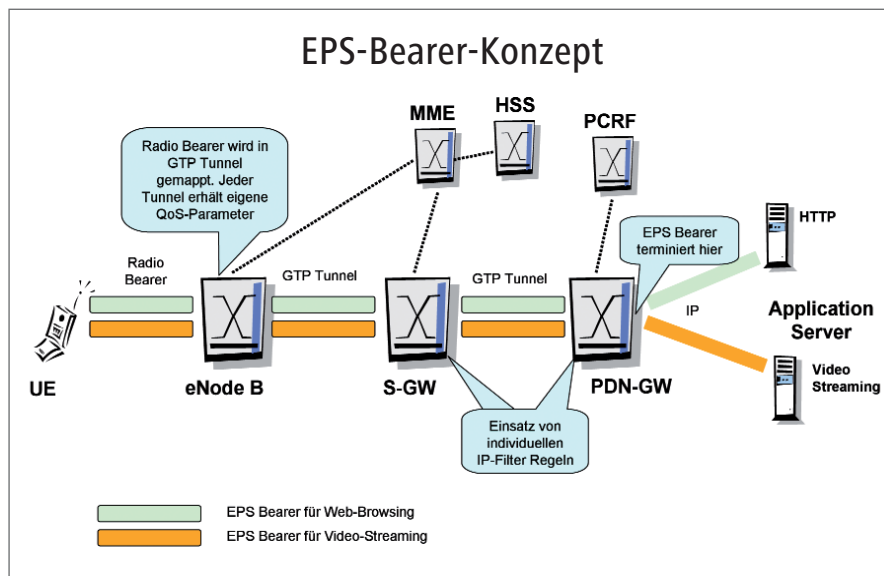


Bild 4: Der EPS-Bearer wird zwischen dem UE und dem PDN-Gateway aufgebaut.

Dieses Core-Netz (EPC) bietet Schnittstellen zu den verschiedenen Zugangnetzen (neben LTE) sowie darüber hinaus auch zum IMS – dem Signalisierungsnetz, das sich hinter dem EPC anschließt, um alle bestehenden und zukünftigen Netzarchitekturen zu konvergieren.

Ein Schwerpunkt bei der Standardisierung der vierten Generation des Mobilfunks war, dass auf der Luftschnittstelle neben LTE verschiedenste Techniken wie UMTS, GPRS, GSM aber auch Wimax oder WLAN eingesetzt werden können. Auch Festnetzstrukturen müssen als Zugangnetze möglich sein. Alle diese Techniken sollen in der Lage sein, auf das neue einheitliche Core-Netz zuzugreifen. Damit

ming und Handover, gewährleistet sein. In diesem Zusammenhang kann der Mobilfunkanbieter an das Endgerät (UE) eine Liste mit den bevorzugten Zugangstechniken senden. Wenn eine Zugangstechnik mit einer höheren Leistungsfähigkeit als der momentan vom Endgerät benutzten verfügbar sein, so soll es versuchen, diese Zugangstechnik (zum Beispiel WLAN) zu benutzen. Ebenso kann in dieser Liste auch eine Priorisierung für mögliche bevorzugte Netzbetreiber angegeben werden.

### Geringe Verzögerung

Um eine gute Übertragungsqualität für die verschiedenen Endanwendungen anbieten zu

### MME (Mobility Management Entity)

Die MME übernimmt alle Funktionen des Subscriber Management sowie Session Management. Hier meldet sich zum Beispiel das UE an, wenn es eingeschaltet wird. Das MME kontaktiert daraufhin die zentrale Teilnehmerdatenbank – den Home Subscriber Server (HSS) – die in GSM/UMTS dem Home Location Register (HLR) entspricht.

Die MME weist dem UE das Serving Gateway zu. Die gesamte Signalisierung beim Verbindungsaufbau läuft über das MME. Auch das Mobility Management beim Wechsel zwischen verschiedenen Accessnetzen wird vom MME übernommen. Die MME ist am besten mit der Mobility-/Session-Management-Funktion beim SGSN aus der 2G/3G-Architektur vergleichbar.

### S-GW (Serving Gateway)

Die beiden Gateways S-GW und PDN-GW sind für die Verarbeitung und Übermittlung der Nutzerdaten zuständig. Dabei können diese beiden Gateways auch zu einem Netzelement zusammengefasst sein. Es besteht sogar die Möglichkeit die MME und den S-GW physikalisch zusammenzufassen. Der S-GW übernimmt das IP-Routing der Nutzdaten zwischen eNode B und PDN-GW. Zusätzlich fungiert der S-GW als mobiler Ankerpunkt beim Handover zwischen verschiedenen eNode B sowie zwischen verschiedenen 3GPP-Zugangnetzen. Auch die Zuweisung des

entsprechenden PDN-GW geschieht über S-GW/MME. Der S-GW ist am besten mit der Funktion der Weiterleitung von Nutzerdaten beim SGSN in 2G/3G-Netzarchitekturen vergleichbar.

### PDN-GW (Packet Data Network Gateway)

Der PDN-Gateway bildet die Schnittstelle zum externen IP-Netz (PDN). Er terminiert den EPS-Bearer, der eine Verbindung zwischen UE und dem Ausgang am PDN-GW in das IP-Netz darstellt. Dieser entspricht in GPRS und UMTS dem PDP-Context. Der PDN-GW ist somit auch eine zentrale Komponente bei der Vergabe von QoS.

Zusätzlich wird hier dem Endgerät vom PDN-GW eine IP-Adresse zugewiesen. Zu beachten ist, dass ein Endgerät parallel auch mehrere Verbindungen zu externen Daten-netzen aufweisen kann und damit auch mit mehreren PDN-GW Kontakt haben beziehungsweise mehrere Verbindungen zum gleichen PDN-GW haben kann.

Der PDN-GW dient als mobiler Ankerpunkt beim Handover zwischen 3GPP und Non-3GPP-Zugangsnetzen (zum Beispiel Wimax). Vergleichbar ist er somit am besten mit einem GGSN in bisherigen GPRS- und UMTS-Netzarchitekturen.

### PCRF (Policy and Charging Rules Function)

In diesem Netzelement werden Policy- und Charging-Regeln festgelegt. Diese Regeln werden auf dem PDN-GW angewendet und können Datenströme erlauben oder ablehnen (Policy). Zudem wird festgelegt wie erlaubte Datenströme vergibt werden (Charging). Das PCRF ist ein zentrales Netzelement für Ende-zu-Ende-QoS, da es ermöglicht, dass QoS-Vereinbarungen über Netzgrenzen hinweg synchronisiert werden können.

### HSS (Home Subscriber Server)

Der HSS stellt den zentralen Teilnehmerdatenbasis-Server für das gesamte Mobilfunknetz eines Betreibers dar und ist damit keine Neuentwicklung von SAE, sondern ist bereits bei GSM/GPRS/UMTS als HLR vorhanden. Im HSS ist das HLR (Home Location Register) um Einträge, Schnittstellen und Funktionsabläufen für EPC erweitert. Zudem dient es auch als Teilnehmerdatenbasis für das IP Multimedia Subsystem (IMS).

### Deutlicher Kostenvorteil

Der größte Vorteil von EPC beziehungsweise vom Mobilfunk der vierten Generation liegt darin, dass diese Architektur zum ersten Mal eine durchgehende paketbasierende Lösung für sämtliche Dienste anbietet. Sowohl auf der Luftschnittstelle als auch im Core-Netz kann die Bandbreite hochflexibel an die Bedürfnisse der Nutzer angepasst werden. Auf ein leitungsvermittelndes Netz, das in den meisten Fällen bereits besteht, kann in Zukunft vollständig verzichtet werden. Somit können auch die Kosten, die für den Betrieb und die Wartung eines solchen Netzes anfallen, komplett eingespart werden. SAE kann hiermit gegenüber bisherigen Mobilfunk-Netzarchitekturen einen deutlichen Kostenvorteil für den Betreiber anbieten.

### Herausragende Performance

Was die Leistungsfähigkeit anbelangt, so lassen sich die Signallaufzeiten im Core auf wenige Millisekunden deutlich reduzieren, entsprechend dimensionierte Leitungen und damit kurze Pufferzeiten vorausgesetzt. Die dem Endnutzer zur Verfügung stehenden Bandbreiten können unter guten Bedingungen bei mehr als 100 MBit/s beim Download von Daten beziehungsweise bei 50 MBit/s beim Upload von Daten liegen.

### Quality of Service

Echte Ende-zu-Ende-QoS-Garantien sind bisher im Mobilfunk kaum realisiert. Obwohl die IMS-Architektur vor allem deshalb implementiert wurde, um QoS-Garantien auch mit dem externen Datennetz auszuhandeln, gibt es Schwierigkeiten, die relativ große Anzahl der vorhandenen QoS-Parameter umzusetzen und zwischen den Netzen zu synchronisieren. QoS ist sehr stark mit dem Begriff des Nutzdatenstroms (traffic flow) verbunden. Dieser Nutzdatenstrom wird bei LTE nun EPS-Bearer genannt und steht synonym für den PDP-Context bei 2G/3G.

Der EPS-Bearer wird zwischen dem Endgerät und dem PDN-Gateway aufgebaut (siehe Bild 4). Festgelegt werden sowohl die IP-Adressen als auch die logischen Ports für die beiden Endpunkte des EPS-Bearer. Damit ist die Anwendung eindeutig beschrieben.

Jeder Anwendung können nun folgende EPS-Bearer-Parameter zugewiesen werden (siehe Quellenverzeichnis <sup>1)</sup>):

■ **Allocation Retention Priority (ARP)** wird beim Aufbau eines EPS-Bearer beziehungsweise beim Handover verwendet; gibt die Priorität des Bearer an; wichtig zum Beispiel im Überlastfall für Lastabwurf.

■ **Guaranteed Bit Rate (GBR)** die garantierte Datenrate wird nur bei EPS-Bearer verwendet, die QoS-Garantien benötigen; zum Beispiel Voice oder Live Video.

■ **Maximum Bit Rate (MBR)** höhere Datenraten als die MBR können sanktioniert werden.

■ **QoS Class Identifier (QCI)** steht als Referenz für die QoS-Parameter des Zugangsnetzes zwischen Endgerät und eNode B. Hier werden der Bearer Type, L2 Packet Delay Budget (L2PDB), L2 Packet Loss Ratio (L2PLR) angegeben, sprich die maximal erlaubten Parameter zu Verzögerung und Datenverlust sowie die Qualität der Übertragung (zum Beispiel Echtzeit oder Nicht-Echtzeit) spezifiziert.

Zusätzlich wird am Endgerät für alle Non-Guaranteed Services die Aggregate Maximum Bit Rate (AMBR) zugewiesen. Wird diese Bandbreite überschritten, kann das Core-Netz darauf reagieren und zum Beispiel Pakete verwerfen. Die konkrete Mindestanforderung an das EPS ist es, mindestens acht (davon vier echtzeitfähige) parallele QoS-Levels zu unterstützen und diese entsprechend unterschiedlich zu parametrisieren (siehe Quellenverzeichnis <sup>2)</sup>).

Der erste Bearer, der aufgebaut wird sobald sich das Endgerät mit dem PDN-Netzwerk verbindet, ist zunächst immer ein Non-GBR-Bearer. Für den Aufbau weiterer Bearer werden vom Endgerät die gewünschten QoS-Attribute mitgeschickt. Diese werden von der MME überprüft. Das Teilnehmerprofil hat sich das MME zuvor bei der Anmeldung des UE im Netz geholt, um die Rechte des Teilnehmers prüfen zu können. Falls nicht genügend Ressourcen zur Verfügung stehen, kann dies mitsamt einer möglichen Bandbreite dem Endgerät mitgeteilt werden.

Genauso gut kann es notwendig sein, dass bestimmte QoS-Garantien von der Netzwerkseite her initiiert werden. In diesem Fall müssen die QoS-Attribute von der eNode B in die notwendigen Parameter zur Radio Resource Allocation, Scheduling Priority et cetera übersetzt werden.

### Fazit

SAE stellt keine komplett neue Core-Netz-Strategie dar, sondern ist eine logische Fortentwicklung – Evolution – des Ansatzes, der schon mit GPRS begonnen wurde. Das Ergebnis von SAE – nämlich EPC – basiert darauf, alle Dienste über eine einheitliche IP-Core-Netz-Architektur abzubilden und damit das mit LTE eingeführte paketorientierte Radionetz konsequent ins Core-Netz zu verlängern. Dienstgüte-Aspekte werden in diesem Zusammenhang immer wichtiger und müssen Ende-zu-Ende abgebildet werden. Dies kann mit EPC im Interworking mit IMS Realität werden. Die Relevanz von LTE und SAE lässt sich auch daran ermesen, dass die großen Mobilfunkprovider in Deutschland bereits dieses Jahr mit Feldversuchen beginnen werden. Ein kommerzieller Einsatz ist dann für das Jahr 2010 vorgesehen. (AW)

## Quellenverzeichnis

<sup>1)</sup> P. Lescuyer, T. Lucidarme: Evolved Packet System (EPS); 2008

<sup>2)</sup> 3GPP: Service Requirements for EPS. TS 22.278 V 8.7.0; Dez. 2008