

# Next Generation Networks und UMTS

Ulrich Trick, Fachgebiet Digitale Übertragungstechnik - Telekommunikationsnetze,  
 FH Frankfurt am Main, Kleiststr. 3, D-60318 Frankfurt/M., E-Mail: [trick@e-technik.org](mailto:trick@e-technik.org)

## 1 Einführung

Die Anforderungen an die Telekommunikationsnetze der Zukunft können mit Stichworten wie „Paketvermittlung“, „Multimedia“, „Investitionsschutz“, „Netzintegration“, „Dienstgüte“, „Offenheit“, „nahtlose mobile Kommunikation“, „Sicherheit und Datenschutz“ sowie „Anwenderfreundlichkeit“ umschrieben werden. Die meisten dieser Punkte wurden und werden durch das Konzept „Next Generation Networks (NGN)“ aufgegriffen und im Hinblick auf eine technische Umsetzung präzisiert. Parallel dazu wird UMTS Release 99 realisiert, Folgeversionen sind oder werden noch spezifiziert. Der vorliegende Aufsatz geht daher der Frage nach, wo die Gemeinsamkeiten und Unterschiede von NGN und UMTS liegen und spannt dann den Bogen bis zur nächsten Generation (4G bzw. beyond 3G) der Telekommunikationsnetze.

## 2 Next Generation Networks

Die derzeit wichtigsten Neuerungen bei Telekommunikationsnetzen lassen sich unter dem Stichwort „Next Generation Networks (NGN)“ zusammenfassen. Hierunter verbirgt sich ein nirgends exakt definiertes Konzept, das aber trotzdem relativ präzise durch die nachfolgend genannten Punkte und die prinzipielle Netzstruktur in Bild 1 beschrieben werden kann [Tri; ; ENG; Si1; NGN].

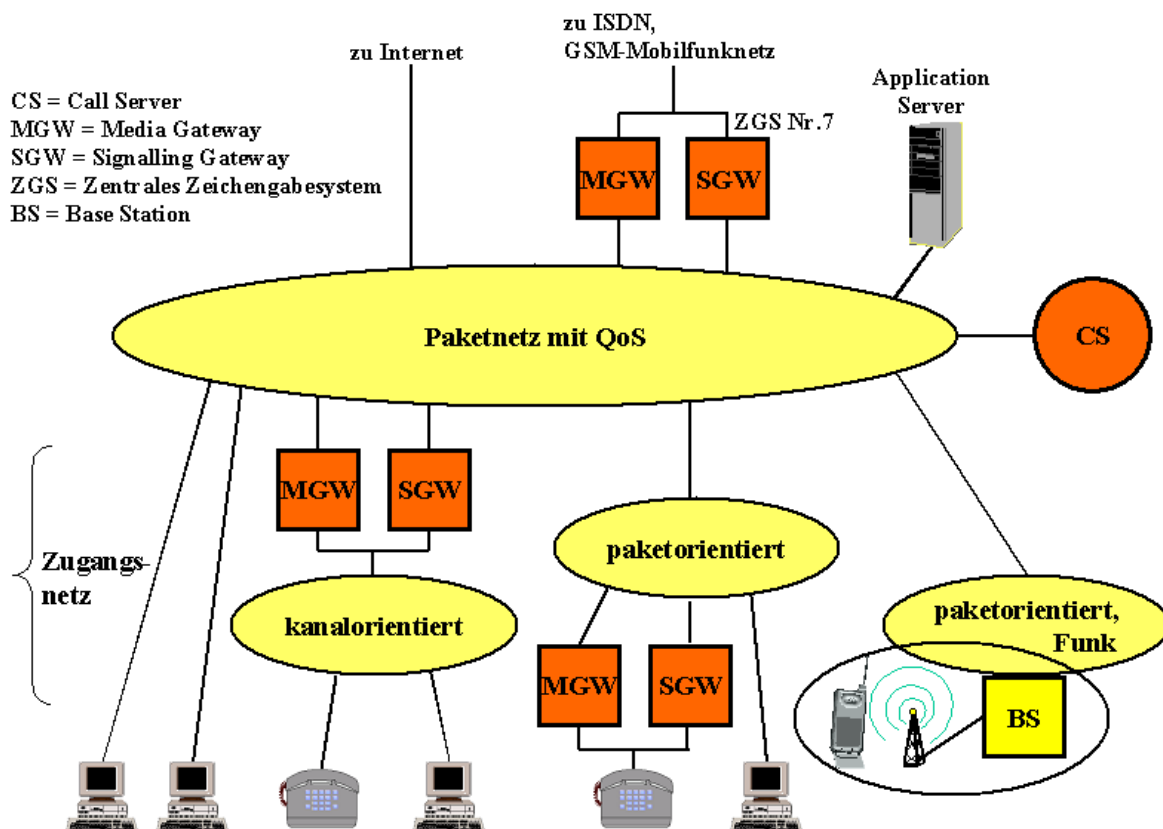


Bild 1: Prinzipielle Struktur eines Next Generation Networks (NGN)

Die NGN zeichnen sich aus durch

- ein paketorientiertes Kernnetz für möglichst alle Dienste.
- Da darunter auch Echtzeitdienste wie Telefonie fallen, muss das Netz eine bestimmte Quality of Service (QoS) zur Verfügung stellen.
- Ein besonders wichtiger Punkt, sowohl im Hinblick auf die Kosten als auch die Offenheit für neue Dienste, ist die vollständige Trennung der Verbindungs-/Dienstesteuerung vom Nutzdatentransport. Ersteres wird mit zentralen Call Servern (CS) implementiert – die

Hauptnetzintelligenz wird vor allem per Software zentral mit kostengünstiger Standardrechnerhardware realisiert. Letzteres bieten das Paketdatennetz direkt sowie Gateways für die Anschaltung kanalorientiert arbeitender Netze, Subnetze und Endgeräte.

- Gemäß dem NGN-Gedanken werden alle bestehenden, wichtigen Telekommunikationsnetze, vor allem auch die einen hohen Wert darstellenden, technisch unterschiedlichen Zugangsnetze mit integriert. Das geschieht mit Gateways für die Nutzdaten (MGW) und für die Signalisierung (SGW). Mehrere MGWs werden von einem zentralen Call Server bzw. dem darin enthaltenen Media Gateway Controller (MGC) gesteuert. Der Call Server, manchmal speziell nur der MGC, werden in der Literatur auch als Softswitch oder Call Agent bezeichnet.
- Zur Realisierung spezieller Dienste kommuniziert der Call Server mit Application Servern.
- Multimedia-Dienste und daraus resultierend entsprechend hohe Bitraten werden unterstützt.
- Die Netzintegration hat nicht nur niedrige System- und Betriebskosten durch einheitliche Technik, weitgehende Wiederverwendung vorhandener Infrastrukturen, optimale Verkehrsauslastung des Kernnetzes und übergreifendes einheitliches Netzmanagement zum Ziel, sondern auch Mobilität.
- Integrierte Sicherheitsfunktionen sorgen für den Schutz der transferierten Daten und des Netzes.

Bei Paketnetzen denkt man heute vor allem an IP-Netze. Ein IP-Netz arbeitet aber verbindungslos, d.h. möchte z.B. ein Client mit einem Server kommunizieren, sendet er einfach ein IP-Datenpaket mit der IP-Adresse des Zielkommunikationspartners und den Nutzdaten, ohne zu wissen, ob dieser online und gewillt ist zu kommunizieren. Diese Vorgehensweise ist natürlich bei einem Telefongespräch nicht die richtige. Daher wurden und werden für die Telefonie und andere Echtzeitanwendungen Protokolle erarbeitet, die zwar IP nutzen, aber trotzdem dafür sorgen, dass vor der eigentlichen Kommunikation via Nutzdaten die Verbindung steht.

Zur Zeit konkurrieren hier noch zwei Protokollfamilien: H.323 und SIP (Session Initiation Protocol), die nur in den Grundfunktionen miteinander kompatibel sind. Dies ist einer der Gründe für die zögerliche Einführung von Voice over IP (VoIP) durch Netzbetreiber und Hersteller. SIP [ISi; Rup] ist zwar zumindest bez. der Verfügbarkeit von Produkten noch nicht so ausgereift wie H.323, wurde aber für Release 5 des UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) als Standard festgelegt, scheint insgesamt leistungsfähiger zu sein und ist vor allem leichter erweiterbar.

Bild 2 zeigt die prinzipielle Struktur eines IP-basierten Netzes, in dem die Verbindungs- und Dienststeuerung mittels SIP realisiert wird. Möchte ein SIP User Agent, z.B. ein PC, der mit entsprechender Telefonsoftware als Softphone arbeitet, über das IP-Netz zu einem Telefon, in diesem Fall einem IP-Phone, eine Verbindung, nutzt er SIP, um nach der Registrierung bei einem SIP Proxy Server über diesen und erforderlichenfalls weitere Proxy Server die gewünschte Verbindung aufzubauen. Ist sie zustande gekommen, wird für die paketierte Nutzdaten, die Sprachkommunikation, ein RTP-Kanal (Real-Time Transport Protocol) aufgebaut.

Zur Unterstützung einer komfortablen Adressierung, z.B. mit Namen, dient der Location Server. Der Redirect Server unterstützt Benutzermobilität, er liefert dem Proxy Server die vom Teilnehmer hinterlegte aktuelle Zieladresse. Die Kommunikation z.B. ins ISDN erfolgt über Gateways, wobei hier entsprechend dem NGN-Konzept das eigentliche Gateway (MGW + SGW) und die Steuerung des MGW getrennt sind. Die Steuerung, der Media Gateway Controller (MGC), ist Teil des Call Servers. Er kommuniziert mit dem MGW beispielsweise über das Media Gateway Control Protocol (MEGACO). Die Application Server dienen zur Realisierung komplexer, übergreifender Dienste. Sie arbeiten mit den SIP Proxy Servern u.a. per SIP zusammen. Die MCU (Multipoint Control Unit) unterstützt z.B. Konferenzen.

Abgerundet wird die Netzeintegration durch SIP und sein Umfeld mit den Protokollen PINT (PSTN/Internet Interworking Services) und SPIRITS (Services in the PSTN/IN requesting Internet Services), die in einem IP-Netz realisierte Dienste mit dem IN (Intelligentes Netz) für ISDN und GSM zusammenführen. Mit PINT kann z.B. von einer Web-Seite aus mit einem Mausklick ein telefonischer Rückruf aus dem ISDN initiiert werden. Mit SPIRITS können umgekehrt aus leitungsvermittelten Netzen Aktionen im Internet angestoßen werden [Si2].

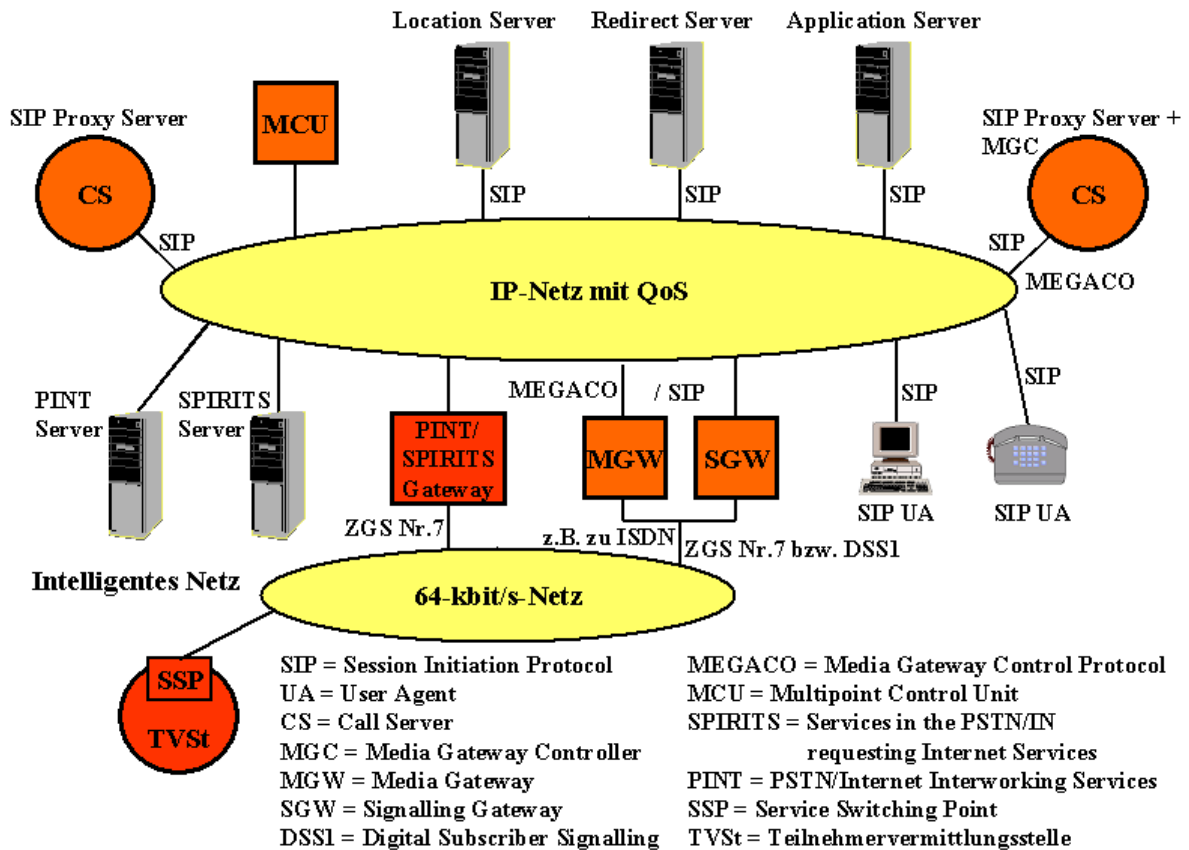


Bild 2: Protokolle für NGN

### 3 UMTS

Die zellularen Mobilfunknetze der IMT-2000-Familie (International Mobile Telecommunications at 2000 MHz) und damit auch UMTS wurden und werden so spezifiziert, dass für die bestehenden 2G-Systeme ein Investitionsschutz gegeben ist. Das bedeutet im Falle von UMTS nicht nur, dass es einen direkten Migrationspfad von GSM/GPRS (General Packet Radio Service) zu UMTS gibt, sondern dass es auch mehrere, aufeinander aufbauende UMTS-Versionen geben wird. Gemäß Tabelle 1 ist der Ausgangspunkt das Release 99. Es bietet im Wesentlichen nur eine neue, leistungsfähigere Zugangstechnik, das UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network), im Kernnetz wird weiter die GSM- und GPRS-Technik genutzt, die Sprachkommunikation erfolgt nach wie vor leitungsvermittelt. Erst Release 5 stellt im Sinne der Netztechnik eine echte Innovation dar. Hier wurden die Ideen des NGN-Konzepts mit seinen Vorteilen bei den Kosten und der Zukunftsfähigkeit eines Telekommunikationsnetzes weitgehend berücksichtigt. Entstanden ist eine komplette QoS-IPv6-basierte, mit Hilfe von SIP Echtzeitmultimediakommunikation unterstützende Kommunikationsinfrastruktur mit umfassender Mobilitätsunterstützung. Bild 3 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines solchen Netzes. Ein Vergleich mit den Bildern 1 und 2 verdeutlicht die Zusammenhänge mit dem NGN-Konzept.

Das UTRAN-Zugangnetz in Bild 3 wird mittels Base Stations Node B und den zugehörigen Controllern RNC (Radio Network Controller) realisiert. Um in diesem Netzbereich die QoS sicherzustellen, erfolgt die Anbindung an MSC (Mobile Switching Center) und SGSN (Serving GPRS Support Node) z.B. mit einem ATM-Netz. Der Übergang zum IPv6-basierten UMTS-Kernnetz, der Internet Multimedia Domain (IM Domain), wird durch die GPRS-Netzelemente SGSN und GGSN (Gateway GPRS Support Node) der Packet Switched Domain realisiert. Die QoS im UMTS-Kernnetz wird mit DiffServ (Differentiated Services), MPLS (MultiProtocol Label Switching) und/oder RSVP (Resource Reservation Protocol) gewährleistet [3Qo].

Tabelle 1: UMTS-Versionen [3Ev]

Release 99	Release 4	Release 5	Release 6
- Kernnetz wie bei GSM + GPRS	- Kernnetz mit IP-Transport	- NGN-Konzept	- MBMS (Multimedia Broadcast/Multicast Service)
- Zugangnetz UTRAN	- CAMEL-Erweiterungen	- Kernnetz mit Internet Multimedia Subsystem (IMS)	- WLAN/ UMTS Interworking
- Höhere Datenraten	- OSA-Erweiterungen	- Multimedia over IP	
- USIM	- Inter Release Roaming	- SIP	
- AMR Codec (Adaptive Multi-Rate)		- HSDPA (High Speed Downlink Packet Access), höhere Datenraten	
- MMS (Multimedia Messaging Service)		- Wideband AMR	
- Location Services		- UTRAN mit IP-Transport	
- CAMEL (Customized Applications for Mobile network Enhanced Logic)		- CAMEL-Erweiterungen	
- OSA (Open Service Architecture)		- OSA-Erweiterungen	
- Inter Network Roaming		- Security-Erweiterungen	

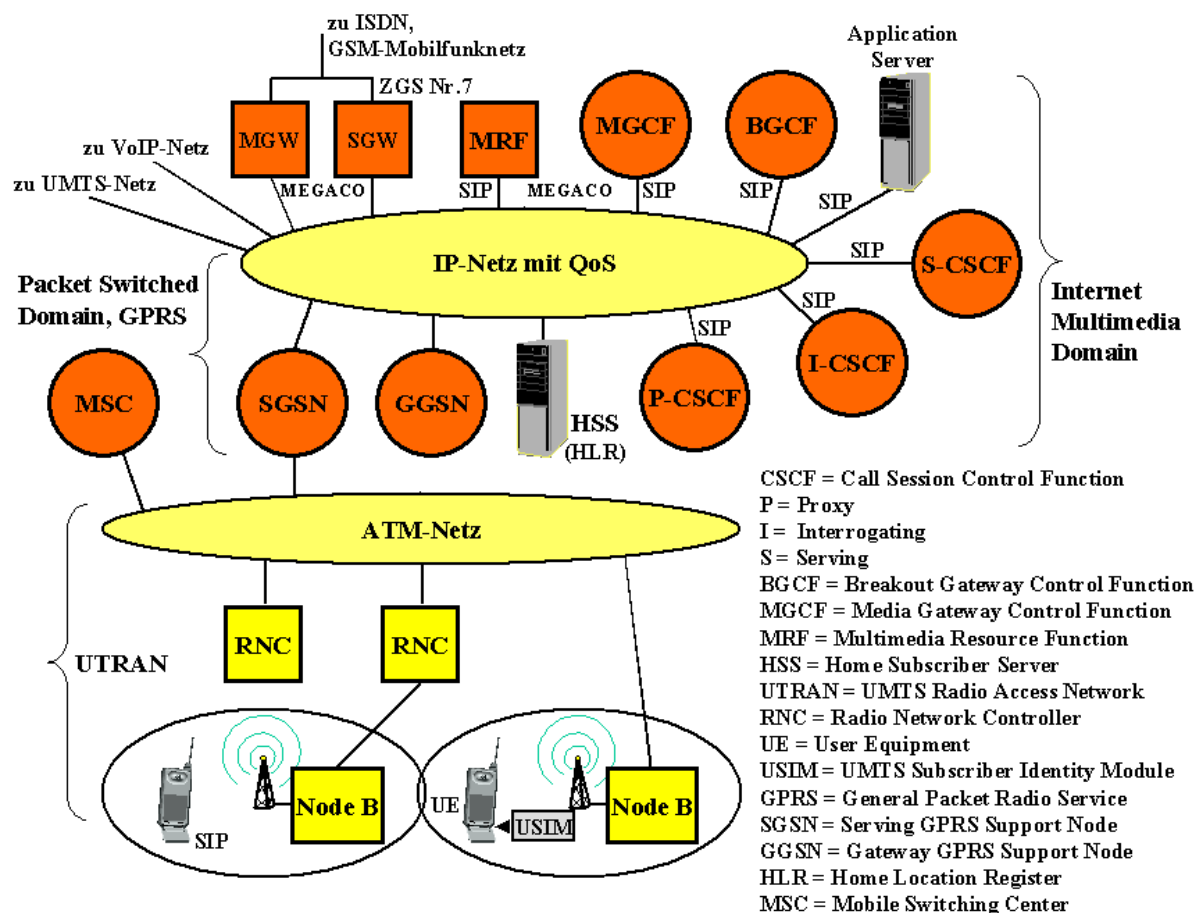


Bild 3: Prinzipieller Aufbau eines UMTS-Netzes, Release 5

Die Serving-Call Session Control Function (S-CSCF) in Bild 3 entspricht dem Call Server (CS) in Bild 1 bzw. einem SIP Proxy Server in Bild 2. Die S-CSCF registriert die Nutzer und steuert die SIP-Verbindungen sowie die Dienste und Dienstmerkmale, nach Abfrage des um die Internet Multimedia-Aspekte von UMTS ergänzten HLR (Home Location Register), des HSS (Home Subscriber Server). Dazu kommuniziert sie mit den UMTS-Endgeräten, dem User Equipment (UE), anderen CSCFs und den Application Servern. Unterstützt werden die S-CSCFs durch (optionale) Interrogating-CSCFs (I-CSCF). Sie dienen als SIP-Anlaufstelle im Netz, d.h. bei allen eingehenden Verbindungswünschen klärt eine korrespondierende I-CSCF durch Abfragen des HSS, welche S-CSCF zuständig ist. Die Grenze zu einer IM Domain, z.B. zwischen der IM Domain und einem GGSN, ist durch eine Proxy-CSCF (P-CSCF) gekennzeichnet. Sie realisiert z.B. die Kommunikation mit GPRS. Normalerweise arbeitet die P-CSCF ausschließlich als Proxy, d.h. SIP wird nicht terminiert, die Nachrichten werden zu einem S-CSCF weitergeleitet. Nur in Sonderfällen, z.B. bei einem Notruf, wird SIP hier bearbeitet. Fordert ein UE eine Verbindung zu einem leitungsvermittelten Netz an, z.B. dem ISDN oder GSM, gibt die S-CSCF diese SIP-Anfrage an die Breakout Gateway Control Function (BGCF), nach Bild 2 ein SIP Proxy Server, weiter. Die BGCF leitet die Anfrage zur BGCF eines Nachbarnetzes oder wählt in ihrem eigenen Netz die zugehörige Media Gateway Control Function (MGCF), d.h. nach Bild 2 den Media Gateway Controller (MGC) aus, der dann das Media Gateway (MGW) entsprechend steuert. Die Multimedia Resource Function (MRF) realisiert zum einen eine MCU für Konferenzen, zum anderen können damit Multimediadaten ausgewertet und generiert werden, z.B. bei der Spracherkennung und -generierung [Lob; 3IP]. Vor allem an den Netzübergängen (P-CSCF), aber auch IM-intern (S-CSCF, I-CSCF) sind Security-Funktionen, d.h. Firewall-Mechanismen vorgesehen.

Mit den Funktionalitäten der UMTS-Internet Multimedia Domain hat man die Grundlage für ein integrierendes, Echtzeitsdienste, Mobilität und Sicherheitsmechanismen unterstützendes IP-Kernnetz. Prinzipiell kann es mit jeder leistungsfähigen Zugangstechnik, nicht nur mit UTRAN, kombiniert werden [Lob].

#### **4 UMTS und das NGN-Konzept**

Die Beschreibung der UMTS-Komponenten, ihrer Funktionen und des Bezugs zu den NGN- bzw. SIP-Aspekten in Kapitel 3 hat bereits die enge Verzahnung der Ideen hinter UMTS Release 5 und dem NGN-Konzept verdeutlicht. Dies wird noch klarer, wenn man UMTS an den Merkmalen eines NGN aus Kapitel 1 spiegelt: IPv6-Kernnetz, Quality of Service u.a. mittels DiffServ und ATM, integrierte Sicherheitsfunktionen, CSCF als Call Server, Verbindungs- und Dienststeuerung mit SIP, Gateways, MGCF als Media Gateway Controller, SIP Application Server, IM Domain für multimediale Dienste.

Die Rolle des SIP verdeutlicht Bild 4. Es zeigt im unteren Teil die im UTRAN (UE, Node B, RNC), im GPRS-Netz (SGSN, GGSN) und im IP-Kernnetz (CSCF) definierten Referenzpunkte bzw. Schnittstellen und die jeweils zur Anwendung kommenden, aufeinander abgestimmten Protokolle [3Iur; 3Iu; 3GP]. IP in der Mitte bildet die alles integrierende Schicht. Darauf aufsetzend kann dann wie in einem ganz normalen IP-Netz gemäß Bild 5 kommuniziert werden: z.B. via TCP und HTTP bei einem Web-Seiten-Abwurf. Bei VoIP hat man es mit zwei weiteren Protokollstacks zu tun: zuerst wird mittels SIP eine Verbindung zwischen den Kommunikationspartnern UE im UMTS und SIP User Agent im IP-Festnetz aufgebaut, dann erst erfolgt der Nutzdatenaustausch über UDP, RTP und die Codecs. Interessanterweise läuft die SIP-Signalisierung auf Basis der UMTS-Protokollstacks für die User Plane, nicht der Control Plane.

Die erreichte UMTS-Netzintegration und die enge Verzahnung mit dem bestehenden GSM/GPRS-Netz führen zu einer deutlichen Steigerung bei der Mobilität der Nutzer, zudem werden die vorhandenen GSM/GPRS-Infrastrukturen in vollem Umfang weiter genutzt. Insbesondere beim Netzmanagement erreicht man damit einen bei einem Telekommunikationsnetz noch nie dagewesenen Integrationsgrad. Zumindest theoretisch sind alle Kern- und Zugangsfunktionen eines UMTS/GSM/GPRS-Mobilfunknetzes von einem Netzmanagementsystem Ende-zu-Ende steuer- und überwachbar.

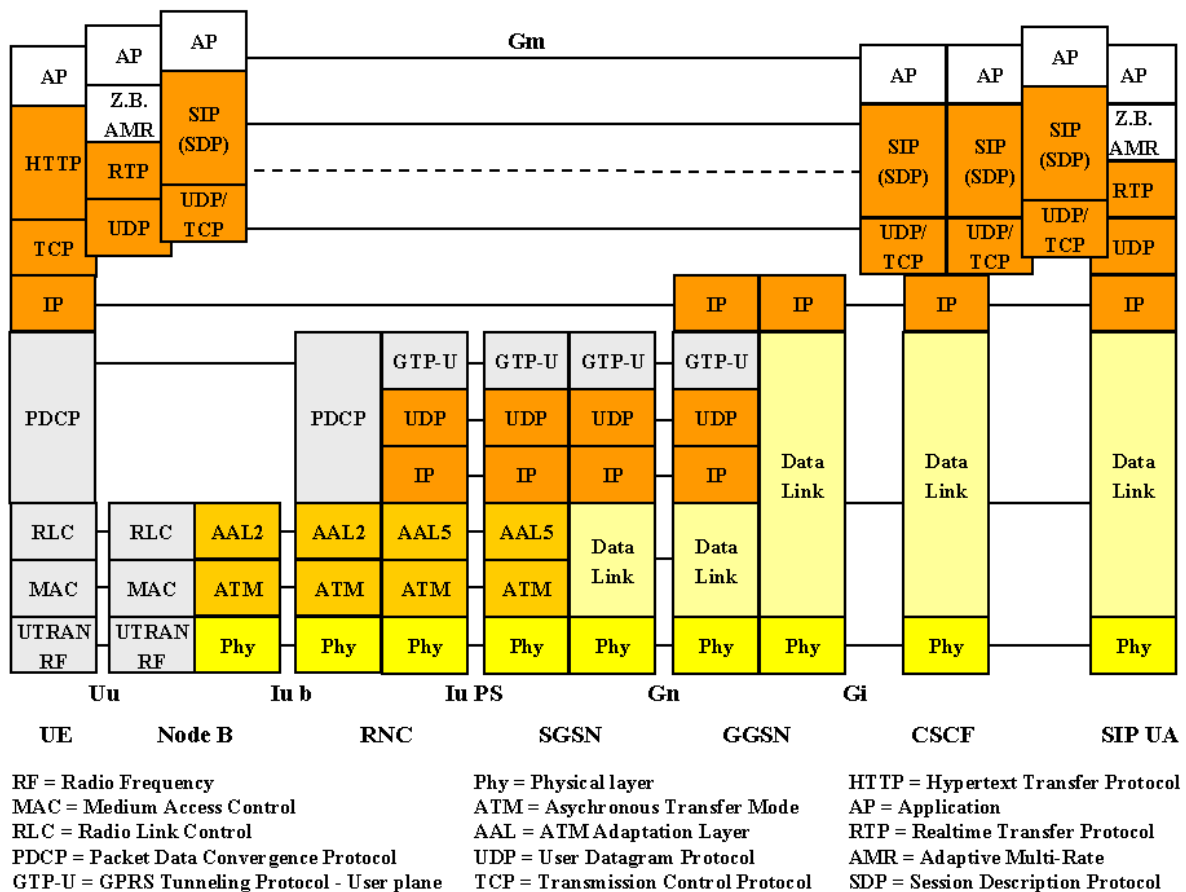


Bild 4: UMTS-Protokoll-Stacks für Paketdatenübermittlung – User Plane

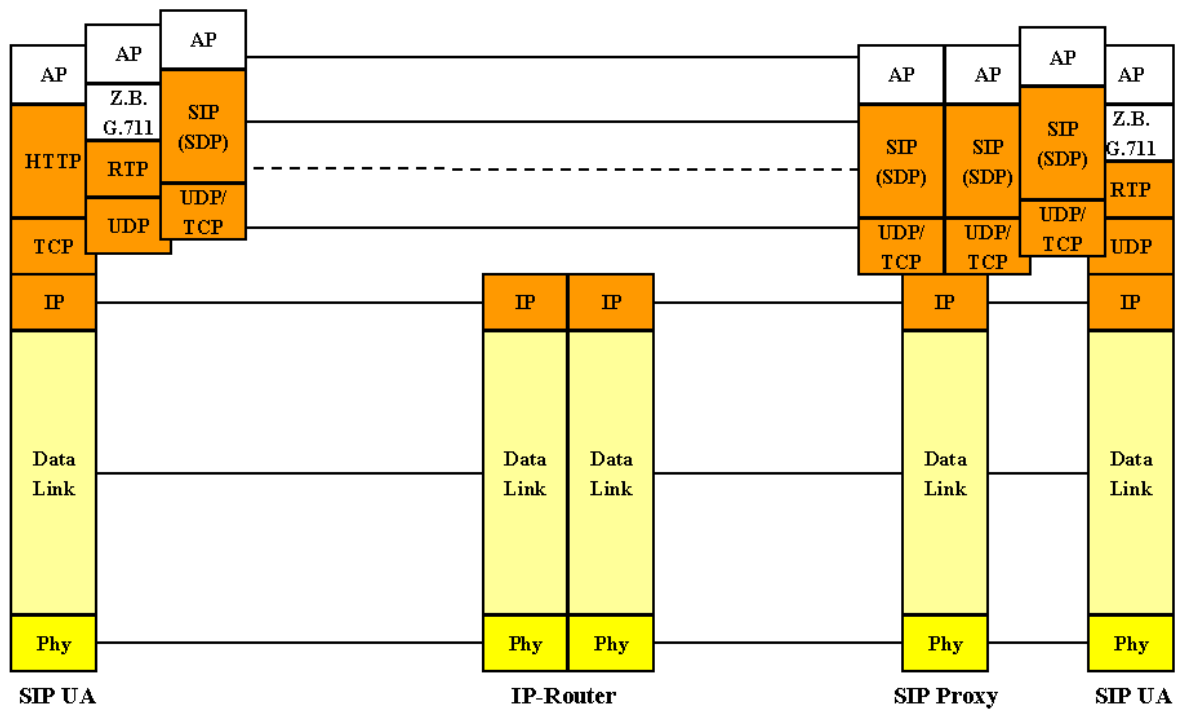
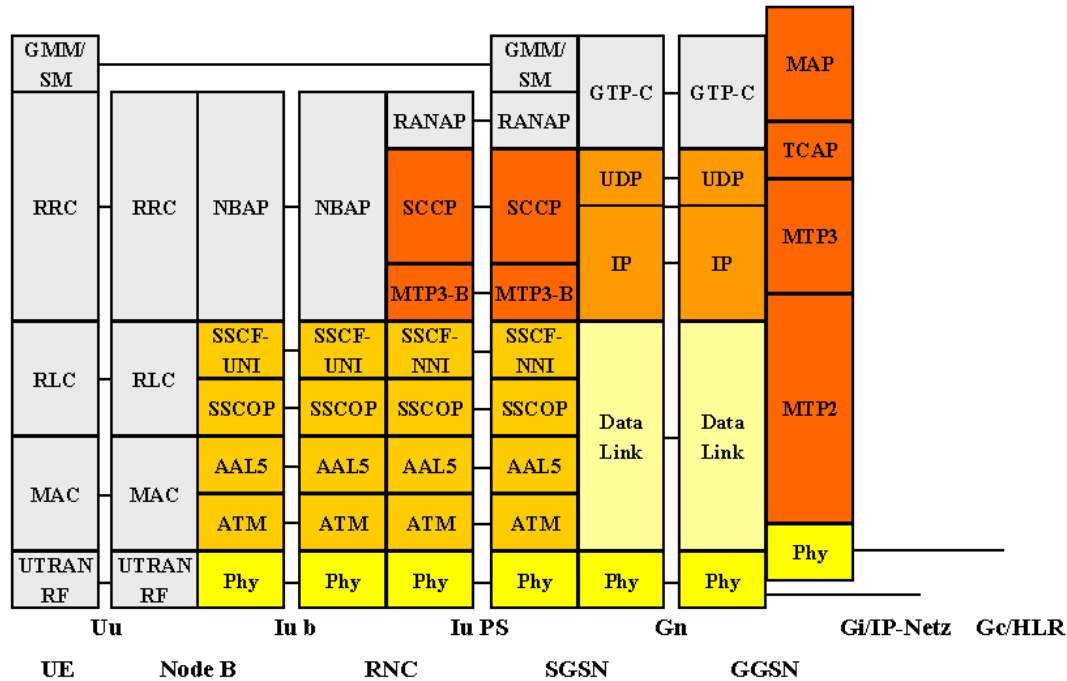


Bild 5: Protokoll-Stacks für SIP-IP-Festnetz

Trotz dieses hohen Maßes an Übereinstimmung zwischen UMTS Release 5 und dem NGN-Konzept gibt es, vor allem infolge der konsequenten Integration mit GSM/GPRS, auch deutliche Defizite, die mit dem Stichwort pseudooffene Schnittstellen charakterisiert werden sollen. Zwar wird UMTS von

3GPP (Third Generation Partnership Project) komplett durchstandardisiert, die Standards sind unter [www.3gpp.org](http://www.3gpp.org) für jeden zugänglich, die Schnittstellen sind damit offen. Aber, wie beispielsweise aus Bild 6 mit den Protokollstacks für die Control Plane, d.h. das Mobilitäts- und Session Management für die Paketdatenübermittlung hervorgeht, ist die Komplexität durch die Kombination von UMTS-spezifischen, ATM-, IP- und ZGS Nr.7-Protokollen enorm hoch [3Iub; 3Iu; 3GP].



- RRC = Radio Resource Control
- NBAP = Node B Application Part
- RANAP = Radio Access Network Application Part
- GMM = GPRS Mobility Management
- SM = Session Management
- GTP-C = GPRS Tunneling Protocol - Control plane
- SSCOP = Service Specific Connection Oriented Protocol
- SSCF-UNI = Service Specific Coordination Function-User Network Interface
- MTP = Message Transfer Part
- SCCP = Signalling Connection Control Part
- TCAP = Transaction Capabilities Application Part
- MAP = Mobile Application Part

Bild 6: UMTS-Protokoll-Stacks für Paketdatenübermittlung – Control Plane

Zudem wird grundsätzlich zwischen Zugangnetz UTRAN und IP-Kernnetz ein zusätzliches GPRS-Kernnetz benötigt. Das erhöht ebenfalls die Komplexität und die Kosten und erschwert die Einbindung zukünftiger Zugangnetztechniken, die notwendig sind, um eine weitere wichtige NGN-Anforderung – Unterstützung hoher Bitraten – zu erfüllen. Ein erster Schritt in diese Richtung wird mit der Einbindung von WLANs (Wireless LANs) in UMTS Release 6 gegangen.

## 5 Ausblick auf 4G

Diese Unvollkommenheiten bei UMTS bez. des NGN-Konzepts sollen bei den für die Zeit nach 2010 anvisierten Mobilfunknetzen der 4. Generation (4G bzw. beyond 3G) beseitigt sein. So ist es erklärtes Ziel des WWRF (Wireless World Research Forum) [WW] und des EU-IST-Programms (Information Society Technologies) „Cluster on Systems beyond 3G“ [IST], Systeme mit durchgängig offenen IP-Schnittstellen in den Zugangnetzen und im Kernnetz inkl. des zugehörigen Mobilitätsmanagements zu definieren. Zukünftige, sehr hohe Nutzerbitraten von bis zu 100 Mbit/s bei gleichzeitiger Mobilität unterstützende Radio Access Network-Systeme (RAN) werden direkt an ein IPv6-Backbone-Netz angebunden [WW; IST]. IP als Klammer zwischen Zugangs- und Kernnetz ermöglicht darüber hinaus die direkte Integration leitungsbasierter Zugangstechniken wie xDSL (Digital Subscriber Line) und FITL (Fiber In The Loop), nicht nur die Kommunikation vom Mobil- ins Festnetz über Gateways.

Diese Betrachtungen zeigen, dass das NGN-Konzept eine sehr gute Basis für das Design zukünftiger Telekommunikationsnetze bietet.

Interessanterweise gehen die Überlegungen für die 4. Generation im Vergleich zum NGN-Konzept noch einen großen Schritt weiter. Angestrebt wird ein Netz für nahtlose mobile Kommunikation (Seamless Mobile Networking), bei dem die Integration auf Basis IP durchgängig bis in das Zugangsnetz, ja sogar bis in die Endgeräte greift. Ziel dabei ist nach Bild 7 auch ein übergreifendes Ressourcen-Management für die technisch unterschiedlichen Access Networks, um die RANs, aber auch z.B. die Funkfrequenzen je nach Bedarf der mobilen Teilnehmer flexibel nutzen zu können. Die Unabhängigkeit von der RAN-Funktechnik wird über adaptive Endgeräte, sog. Software Defined Radios, erreicht.

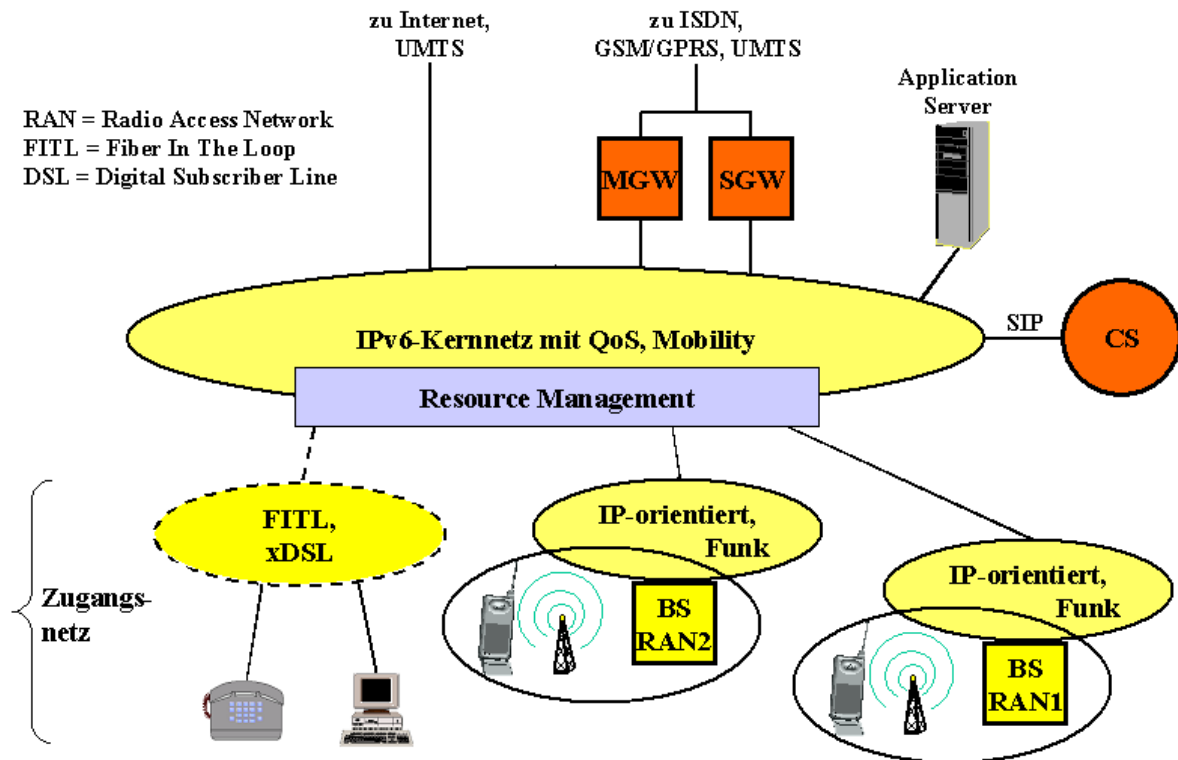


Bild 7: Prinzipielle Struktur eines 4G-Mobilfunknetzes

Dieses Konzept der IP-basierten Integration von Kern- und Zugangsnetzen inkl. der Endgeräte geht deutlich über den NGN-Ansatz hinaus. Würde es unter konsequenter Einbeziehung der Festnetz Aspekte weiterentwickelt, stünde ein NGN-Konzept der 2. Generation zur Verfügung. Eine treffende Bezeichnung dafür könnte FIN (Full Integrated Networks) sein.

## Literatur und Quellen

- [3Ev] 3GPP TR 21.902: Evolution of 3GPP System (Release X). 3GPP, March 2003 ([http://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/21\\_series/21.902/](http://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/21_series/21.902/))
- [3GP] 3GPP TS 29.060: GPRS Tunneling Protocol (GTP) across the Gp and Gn interface (Release 5). 3GPP, Dec 2002 ([ftp://ftp.3gpp.org/specs/2002-12/Rel-5/29\\_series/](ftp://ftp.3gpp.org/specs/2002-12/Rel-5/29_series/))
- [3IP] 3GPP TS 23.228: IP Multimedia Subsystem (IMS); Stage 2 (Release 5). 3GPP, Dec 2002 ([ftp://ftp.3gpp.org/specs/2002-12/Rel-5/23\\_series/](ftp://ftp.3gpp.org/specs/2002-12/Rel-5/23_series/))
- [3Iu] 3GPP TS 25.410: UTRAN Iu interface: general aspects and principles (Release 5). 3GPP, Dec 2002 ([ftp://ftp.3gpp.org/specs/2002-12/Rel-5/25\\_series/](ftp://ftp.3gpp.org/specs/2002-12/Rel-5/25_series/))
- [3Iub] 3GPP TS 25.432: UTRAN Iub interface: signalling transport (Release 5). 3GPP, Dec 2002 ([ftp://ftp.3gpp.org/specs/2002-12/Rel-5/25\\_series/](ftp://ftp.3gpp.org/specs/2002-12/Rel-5/25_series/))
- [3Iur] 3GPP TS 25.426: UTRAN Iur and Iub interface data transport & transport signalling for DCH data streams (Release 5). 3GPP, Dec 2002 ([ftp://ftp.3gpp.org/specs/2002-12/Rel-5/25\\_series/](ftp://ftp.3gpp.org/specs/2002-12/Rel-5/25_series/))
- [3Qo] 3GPP TS 23.207: End-to-End QoS Concept and Architecture (Release 5). 3GPP, Dec 2002 ([ftp://ftp.3gpp.org/specs/2002-12/Rel-5/23\\_series/](ftp://ftp.3gpp.org/specs/2002-12/Rel-5/23_series/))



- [ENG] EURESCOM 0241-1109: Next Generation Networks: the service offering standpoint. Eurescom, Nov. 2001 (<http://www.eurescom.de/~pub-deliverables/p1100-series/p1109/TI1/p1109ti1.pdf>)
- [ISi] IETF RFC 3261: SIP: Session Initiation Protocol. IETF, June 2002 (<http://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt>)
- [IST] IST Project Cluster "Systems beyond 3G": A Vision on Systems beyond 3G. IST, 2001 ([ftp://ftp.cordis.lu/pub/ist/docs/ka4/mb\\_sb3g-vision2001.zip](ftp://ftp.cordis.lu/pub/ist/docs/ka4/mb_sb3g-vision2001.zip))
- [Lob] Lobley, Nigel: GSM to UMTS - architecture evolution to support multimedia. BT Technol J Vol 19 No 1 January 2001 p 38-47 (<http://www.btexact.com/docimages/70096/70096.pdf>)
- [NGN] IST NGN Initiative: NGNI Roadmap2002. NGNI, 2002 ([http://www.ngni.org/D37-NGN\\_Roadmap.pdf](http://www.ngni.org/D37-NGN_Roadmap.pdf))
- [Rup] Rupp, Stephan; Siegmund, Gerd; Lautenschlager, Wolfgang: SIP - Multimediale Dienste im Internet. dpunkt, 2002
- [Si1] Siegmund, Gerd: Next Generation Networks. Hüthig, 2002
- [Si2] Siegmund, Gerd (Hrsg.): Intelligente Netze. Hüthig, 2001
- [Tri] Trick, Ulrich: All over IP - der Schlüssel zur ITK-Infrastruktur der Zukunft. ntz 56 (2003) H.1, S.30-33 ([http://www.e-technik.org/aufsaeetze\\_vortraege/aufsaeetze/ntz\\_1\\_03.pdf](http://www.e-technik.org/aufsaeetze_vortraege/aufsaeetze/ntz_1_03.pdf))
- [WW] WWRF: The Book of Visions 2001. Dec. 2001 ([http://www.wvrf.org/general\\_info/bookofvisions/BoV1.0/BoV/BoV2001v1.1B.pdf](http://www.wvrf.org/general_info/bookofvisions/BoV1.0/BoV/BoV2001v1.1B.pdf))

Veröffentlicht in: ITG-Fachbericht 176 Mobilfunk, S.81-89, Juni 2003