

# All over IP – der Schlüssel zur ITK-Infrastruktur der Zukunft Ulrich Trick

**Die derzeit wichtigsten Neuerungen bei den Telekommunikationsnetzen laufen unter dem Stichwort „Next Generation Networks (NGN)“. Hierunter verbirgt sich ein nirgendwo exakt definiertes Konzept, das aber trotzdem relativ präzise definiert werden kann.**

Die prinzipielle Netzstruktur von „Next Generation Networks“ (NGN) ist in Bild 1 dargestellt. Die Netze zeichnen sich durch folgende Eigenschaften aus:

Es gibt ein paketorientiertes Kernnetz für möglichst alle Dienste. Da darunter auch Echtzeitdienste wie Telefonie fallen, muss das Netz eine bestimmte Dienstgüte (QoS, Quality of Service) 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- bzw. 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, Media Gateway) und für die Signalisierung (SGW, Signalling Gateway). Mehrere MGW werden von einem zentralen Call Server bzw. dem darin enthaltenen Media Gateway Controller (MGC) gesteuert. Zur Realisierung spezieller Dienste kommuniziert der Call Server mit Anwendungsservern. NGN unterstützen auch Multimedia-Dienste und – daraus folgend – entsprechend hohe Bitraten.

Die Netzintegration hat nicht nur niedrige System- und Betriebskosten durch einheitliche Technik, weitgehende Wiederverwendung vorhandener Infrastrukturen, optimale Verkehrsauslastung des Kernnetzes und übergreifen-

des einheitliches Netzmanagement zum Ziel, sondern auch Mobilität. Die sich hieraus ergebende bessere Erreichbarkeit der Kommunikationsteilnehmer führt zu weniger erfolglosen Verbindungsversuchen und damit zu einer besseren Wirtschaftlichkeit im Netz.

Bei Paketnetzen denkt man heute vor allem an IP-Netze. Ein IP-Netz arbeitet verbindungslos: 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 wis-

## Auf einen Blick

**Aus heutiger Sicht erscheint es sinnvoll, alle Dienste über ein IP-Netz abzuwickeln, das mit geeigneten Mechanismen zur Sicherung der jeweils benötigten Dienstgüte ausgestattet ist. Ein solches „Next Generation Network“ wird von allen Netzbetreibern mit entsprechenden Migrationswegen anvisiert.**

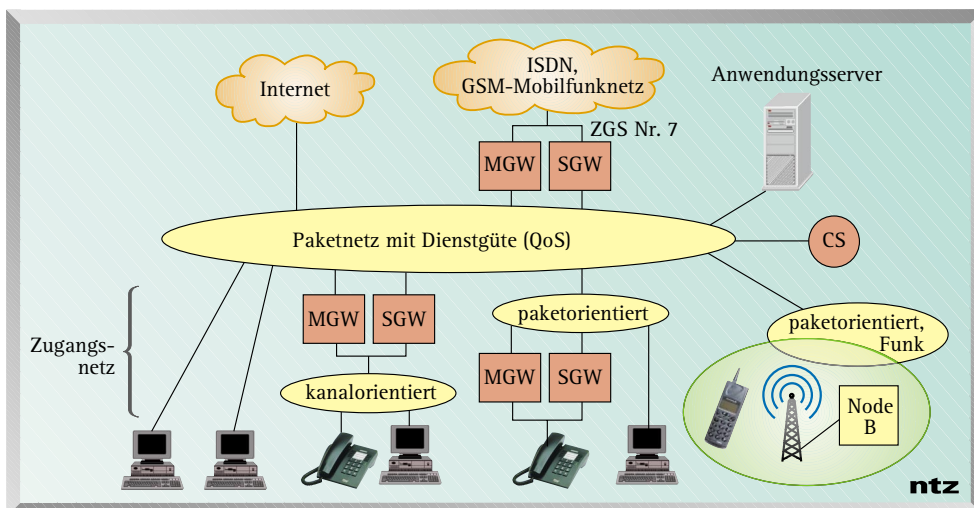
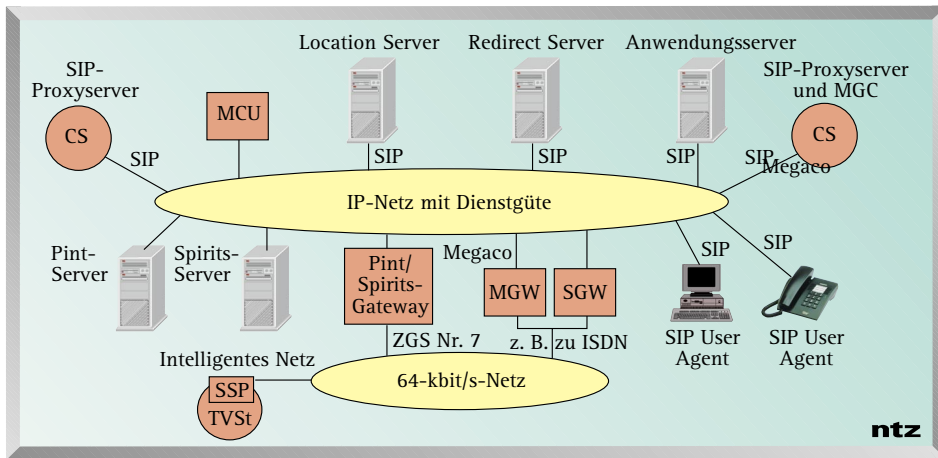


Bild 1. Prinzipielle Struktur eines Next Generation Networks (NGN)

sen, ob dieser online und gewillt ist zu kommunizieren. Diese Vorgehensweise ist natürlich bei einem Telefongespräch nicht möglich. Daher wurden und werden für die Telefonie und andere Echtzeitanwendungen Protokolle erarbeitet, die zwar IP-Netze nutzen, aber trotzdem dafür sorgen, dass vor der eigentlichen Kommunikation mit Nutzdaten die Verbindung steht.

## Protokolle

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 ist zwar noch nicht so ausgereift wie H.323, wurde aber für Re-



**Bild 2.** Protokolle für Next Generation Networks (NGN)

lease 5 des UMTS als Standard festgelegt, scheint insgesamt leistungsfähiger zu sein und ist leichter erweiterbar. Daher wird im Folgenden nur etwas näher auf SIP [1] und die sich hieraus ergebenden Funktionen im Netz eingegangen.

Bild 2 zeigt die prinzipielle Struktur eines IP-Netzes, in dem die Verbindungs- und Dienstesteuerung 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-Proxyserver über diesen und erforderlichenfalls weitere Proxyserver die gewünschte Verbindung aufzubauen. Ist sie zu Stande gekommen, wird für die paketierten 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 Proxyserver die vom Teilnehmer hinterlegte aktuelle Zieladresse. Die Kommunikation z. B. in das ISDN läuft über Gateways, wobei hier entsprechend dem NGN-Konzept das eigentliche Gateway (MGW und 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 Anwendungsserver dienen zur Realisierung komplexer, übergreifender Dienste. Sie arbeiten mit den SIP-Proxyservern u. a. per SIP zusammen.

Abgerundet wird die Netzintegration 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 [2].

SIP könnte somit einen relativ großen Beitrag zur Integration der Telekommunikationsnetze auf IP-Basis liefern.

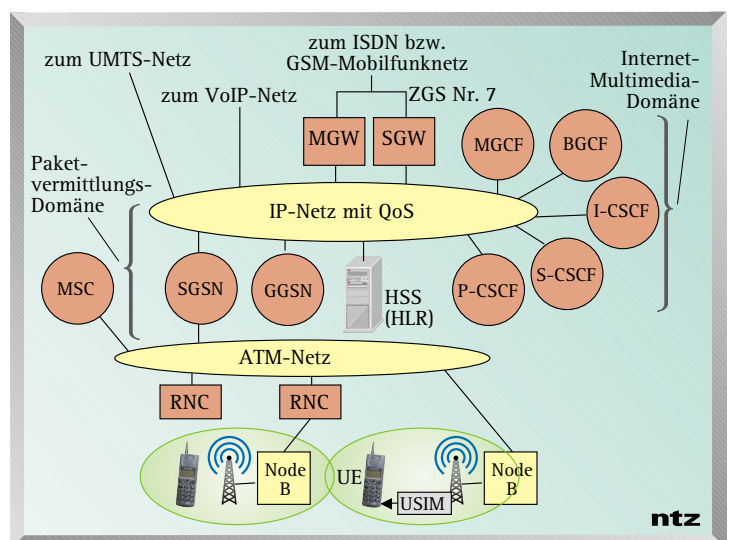
### Einbindung von UMTS

Die Ideen des NGN-Konzepts mit seinen Vorteilen bei den Kosten und der Zukunftsfähigkeit eines Telekommunikationsnetzes wurden bei der Standardisierung von UMTS bereits berücksichtigt, speziell beim dritten Evolutions-schritt, dem Release 5. Zwar wird UMTS im Wesentlichen zuerst nur eine neue, leistungsfähigere Zugangstechnik, das Utran (UMTS Radio Access Network), mit max. 144 kbit/s bis 2 Mbit/s pro Funkzelle je nach Ausdehnung der Zelle und Bewegungsgeschwindigkeit der Nutzer bieten und im Kernnetz weiter die GSM- und die GPRS-Technik (General Packet Radio Service) nutzen. In einigen Jahren könnte aber mit dem Release 5 eine komplette QoS-IP-gestützte, mit Hilfe von SIP Echtzeitmultimedia-kommunikation unterstützende mobile Telekommunikationsinfrastruktur zur Verfügung stehen. Bild 3 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines solchen Netzes. Ein Vergleich mit Bild 1 und 2 verdeutlicht die Zusammenhänge mit dem NGN-Konzept.

## Abkürzungen

|          |  |
|----------|--|
| ACK      | Acknowledge  |
| BGCF     | Breakout Gateway Control Function                    |
| CS       | Call Server  |
| CSCF     | Call State Control Function                          |
| DiffServ | Differentiated Services                              |
| GGSN     | Gateway GPRS Support Node                            |
| GPRS     | General Packet Radio Service                         |
| HLR      | Home Location Register                               |
| HSS      | Home Subscriber Server                               |
| I-       | Interrogating ...                                    |
| IETF     | Internet Engineering Task Force                      |
| IN       | Intelligentes Netz                                   |
| IntServ  | Integrated Services                                  |
| IP       | Internet-Protokoll                                   |
| ITK      | Informations- und Kommunikationstechnik              |
| MCU      | Multi-client Control Unit                            |
| Megaco   | Media Gateway Control Protocol                       |
| MGC      | Media Gateway Controller                             |
| MGCF     | Media Gateway Control Function                       |
| MGW      | Media Gateway  |
| MPLS     | Multi-Protocol Label Switching                       |
| MSC      | Mobile Switching Center                              |
| NGN      | Next Generation Networks                             |
| P-       | Proxy ...  |
| Pint     | PSTN/Internet Interworking Services                  |
| PRACK    | Provisional Acknowledgement                          |
| QoS      | Quality of Service                                   |
| RNC      | Radio Network Controller                             |
| RTP      | Real-Time Transport Protocol                         |
| RSVP     | Resource Reservation Protocol                        |
| S-       | Serving ...  |
| SDP      | Session Description Protocol                         |
| SGSN     | Serving GPRS Support Node                            |
| SGW      | Signalling Gateway                                   |
| SIP      | Session Initiation Protocol                          |
| Spirits  | Services in the PSTN/IN requesting Internet Services |
| SSP      | Service Switching Point                              |
| TVSt     | Teilnehmervermittlungsstelle                         |
| UE       | User Equipment                                       |
| UMTS     | Universal Mobile Telecommunication System            |
| USIM     | UMTS Subscriber Identity Module                      |
| Utran    | UMTS Radio Access Network                            |
| VoIP     | Voice over IP  |
| VPN      | virtuelle private Netze                              |

Das Utran-Zugangnetz in Bild 3 wird mittels Basisstationen (Node B) und den zugehörigen Steuerungen (RNC, Radio Network Controller) realisiert. Um in diesem Netzbereich die Dienstgüte sicherzustellen, läuft die Anbindung an MSC



**Bild 3.** Prinzipieller Aufbau eines UMTS-Netzes, Release 5

(Mobile Switching Center) und SGSN (Serving GPRS Support Node) über ein ATM-Netz. Der Übergang zum IPv6-gestützten UMTS-Kernnetz, der Internet-Multimedia-Domäne (IM-Domäne), wird durch die GPRS-Netzelemente SGSN und GGSN (Gateway GPRS Support Node) der Paketvermittlungs-Domäne realisiert. Die Dienstgüte im UMTS-Kernnetz wird mit DiffServ (Differentiated Services), MPLS (Multi-Protocol Label Switching) bzw. RSVP (Resource Reservation Protocol) gewährleistet.

Die Serving Call State Control Function (S-CSCF) in Bild 3 entspricht dem Call Server (CS) in Bild 1 bzw. einem SIP-Proxyserver in Bild 2. Sie registriert die Nutzer und steuert die SIP-Verbindungen sowie die Dienste und Dienstmerkmale. Dazu kommuniziert sie mit den UMTS-Endgeräten (UE, User Equipment), anderen CSCF und den Anwendungsservern. Unterstützt werden die S-CSCF durch Interrogating-CSCF (I-CSCF). Sie dienen der Lastverteilung im Netz, d. h. bei allen eingehenden Verbindungswünschen klärt eine korrespondierende I-CSCF durch Abfragen des um die Internet-Multimedia-Aspekte von UMTS ergänzten HLR (Home Location Register), des HSS (Home Subscriber Server), welche S-CSCF zuständig ist, und liefert dieser aus dem HSS die erforderlichen Nutzerdaten. Die Grenze zu einer IM-Domäne, z. B. zwischen der IM-Domäne 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.

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 [3, 4].

Mit den Funktionen der UMTS-Internet-Multimedia-Domäne hat man die Grundlage für ein integrierendes, Echtzeitsysteme, Mobilität und Sicherheitsmechanismen unterstützendes IP-Kernnetz. Prinzipiell kann es mit jeder leistungsfähigen Zugangstechnik, nicht nur mit Utran, kombiniert werden [3]. Insofern macht der Aufbau eines UMTS-Netzes auch für die Modernisierung und den zukunftsorientierten Ausbau eines Festnetzes Sinn. Allerdings braucht man nur dafür keine teuren UMTS-Frequenzen.

### Wahrung der Dienstgüte

Das NGN-Konzept, die SIP-Protokolle, die zu erwartende Anwendung beider Techniken bei UMTS sowie die derzeitige Rolle des Internets als das Netz für Multimedia-Anwendungen deuten auf IP als Basis der zukünftigen Kommunikationsinfrastruktur hin. Dabei muss allerdings bedacht werden, dass das heutige Internet für Echtzeitsysteme wie Telefonie nicht die nötige Dienstgüte bieten kann. Die erforderliche Quality of Service (QoS), d. h. genügend geringe Verzögerungszeiten und Paketverluste, kann nicht sichergestellt werden. Ein IP-Kernnetz ist aber nur dann die optimale Infrastruktur, wenn auch die QoS-Anforderungen erfüllt werden, das Internet entsprechend weiterentwickelt wird.

Überzeugende und realisierbare Lösungen für dieses QoS-Problem fehlten in der Vergangenheit, wodurch die Weiterentwicklung der öffentlichen Kommunikationsinfrastruktur aufgehalten wurde. Mittlerweile zeichnen sich jedoch Lösungsansätze ab, die für Voice over IP und UMTS, Release 5 erarbeitet wurden und werden [5, 6]. Damit sind heute prinzipiell die Voraussetzungen zur Realisierung der nötigen Dienstgüte in einem

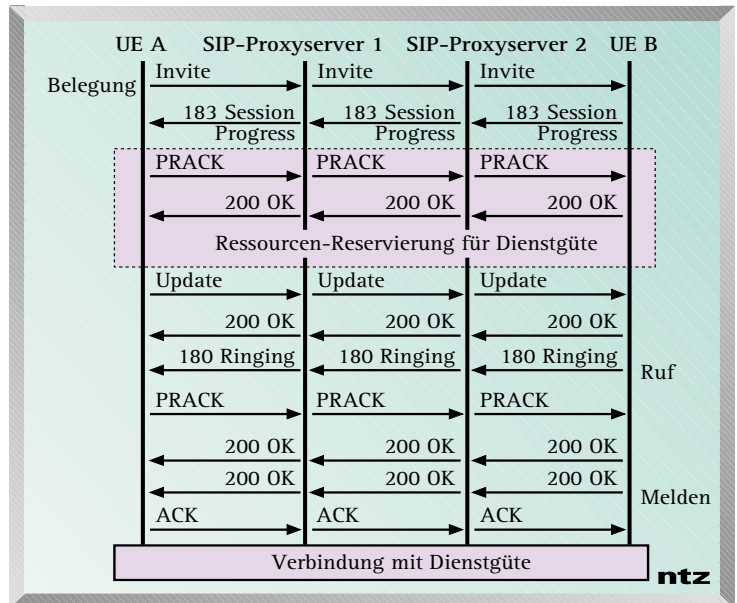


Bild 4. Session Initiation Protocol (SIP) und Dienstgüte (QoS)

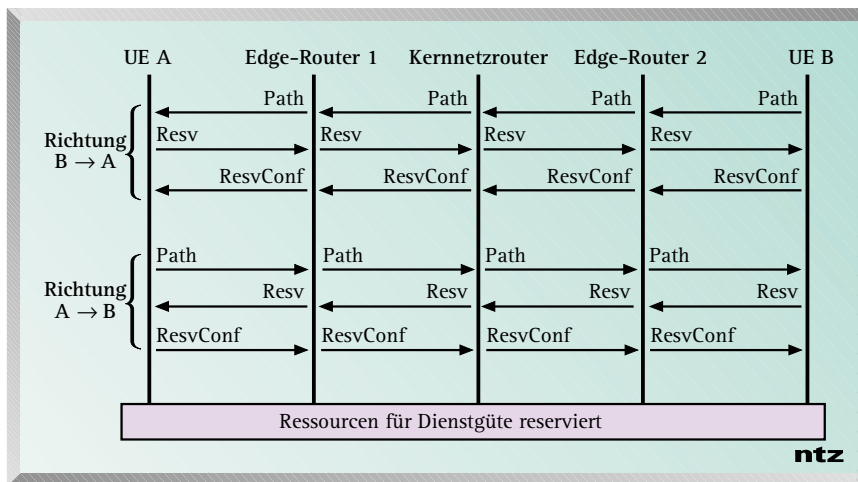
zukünftigen IP-Netz erfüllt, und es ist – ausgehend vom heutigen Internet – eine Migration möglich.

Dienstgüte heißt aber z. B. bei Telefonie nicht nur, dass die Verzögerung des Sprachsignals kleiner als 150 ms ist und weniger als 1 % der IP-Pakete verloren gehen, sondern auch, dass es beim gerufenen Teilnehmer erst dann klingelt, wenn auch wirklich die notwendigen Netz-Ressourcen für diese Verbindung zur Verfügung stehen. Das hat zur Folge, dass Verbindungsaufbau und Ressourcen-Reservierung miteinander verzahnt werden müssen. Entsprechend gibt es einen Erweiterungsvorschlag für SIP [7], bei dem durch Erweiterungen bei den SIP-Nachrichten und beim SDP (Session Description Protocol) diese Verzahnung möglich wird. Bild 4 zeigt den Ablauf bei einem entsprechenden Verbindungsaufbau.

Endgerät A (UE A) startet den Verbindungsaufbau mit „Invite“, wobei im SDP-Teil der Nachricht die QoS-Anforderungen übertragen werden. B antwortet mit „183 Session Progress“ und initiiert damit die Ressourcen-Reservierung von A nach B. Gleichzeitig startet UE B die Reservierungsprozedur für die Richtung B nach A. B generiert erst dann einen Ruf, wenn es zuvor von A die QoS-Reservierungsbestätigung mit „Update“ erhalten hat. Nach Rufannahme durch Teilnehmer B steht in der Folge eine Verbindung mit der geforderten Dienstgüte zur Verfügung. Diese, in [7] spezifizierten, aber von der IETF noch nicht genehmigten SIP-Erweiterungen wurden auch für UMTS übernommen [8]. Damit ist die Frage nach einem Verbindungsaufbau in einem IP-Netz mit der vom ISDN gewohnten QoS beantwortet. Bleibt

Ulrich Trick, Fachgebiet Digitale Übertragungstechnik – Telekommunikationsnetze, FH Frankfurt/M.

Fordert ein Endgerät 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-Proxyserver, weiter. Die BGCF leitet die Anfrage zur BGCF eines Nachbarnetzes oder wählt in ihrem



**Bild 5.** Ressourcen-Reservierung mit dem Resource Reservation Protocol (RSVP)

noch die Frage, wie die erforderlichen Ressourcen vom Netz angefordert und bereitgestellt werden können.

Eine mögliche Lösung hierfür bieten die so genannten Integrated Services (IntServ) mit dem Resource Reservation Protocol (RSVP). Da dieses Verfahren leicht verständlich ist und zudem auch bei UMTS eine von mehreren Möglichkeiten zur Realisierung von QoS ist [6], wird hier die Ressourcen-Reservierung für die Dienstgüte an Hand von IntServ und RSVP erläutert. Gemäß Bild 5 startet das Endgerät B mit der RSVP-Nachricht „Path“ die Ressourcen-Reservierung Richtung B → A. In der anderen Richtung werden die gewünschten QoS-Parameter mit der Nachricht „Resv“ übertragen, und jeder IP-Router reserviert – sofern möglich – die von der Verbindung geforderte Bandbreite und den internen Speicher. Dabei nehmen die „Path“- und „Resv“-Nachrichten exakt den gleichen Weg wie später die Nutzdaten. Die erfolgreiche Ressourcen-Reservierung wird mit „ResvConf“ bestätigt. Gleichzeitig parallel findet der gleiche Protokollablauf für die Richtung A → B statt. In der Folge muss die Reservierung in regelmäßigen Abständen erneuert werden. Das heißt aber, dass die Kombination der Abläufe in Bild 4 und 5 Verbindungen mit der benötigten Dienstgüte trotz IP-Netz realisiert, wobei Voraussetzung in diesem Fall ist, dass die Endgeräte und alle beteiligten Router RSVP unterstützen.

Prinzipiell offen ist daher nur noch die Frage, ob es möglich ist, vom heutigen Internet zu einem IP-Zielnetz mit Dienstgüte zu migrieren, d. h. ohne Revolution im Netz dorthin zu gelangen. Aber auch das scheint machbar zu sein. Die Dienstgüte im Internet kann dadurch eingeführt werden, dass in den Netzteilen, in denen alle Dienste, auch Telefonie, über das IP-Netz angeboten werden sollen, alle Router im Zugangsbereich,

die so genannten Edge-Router, Mechanismen für Dienstgüte, z. B. IntServ mit RSVP, unterstützen. Im Kern arbeitet man zuerst mit einem Overlaynetz, d. h. von den Kernnetzroutern müssen am Anfang nur wenige Dienstgüte unterstützen. Nach und nach kommen dann immer mehr Zugangsbereiche mit entsprechenden Edge-Routern und weitere Kernnetzrouter dazu, bis das komplette Netz schließlich Dienstgüte bietet.

Die beschriebene Lösung mit RSVP liefert zwar den Nachweis der Machbarkeit, ist aber für ein landesweites und grenzüberschreitendes IP-Netz mit Millionen von Paketströmen, so genannten Flows, vor allem in den Kernnetzroutern nicht handhabbar. Zumindest im Kernnetz wird daher eher DiffServ und vor allem MPLS (Multi Protocol Label Switching) mit DiffServ genutzt werden [5, 6], zumal MPLS als Zugabe in exzellenter Weise virtuelle private Netze (VPN) unterstützt.

### Ausblick

Wegen der System- und vor allem der Betriebskosten, aber auch umfassender Mobilitätsunterstützung und überall verfügbarer Dienste wird ein Netzbetreiber zukünftig versuchen, alle Dienste und Inhalte über ein integriertes Kernnetz mit einheitlicher Technik anzubieten. Im Zugangsbereich wird er wiederum aus Kostengründen so weit wie möglich die vorhandenen Infrastrukturen nutzen. Da unterschiedlichste Dienste, von der Fernsteuerung eines Schalters bis zur hochbitratigen, interaktiven Multimediakommunikation, unterstützt werden müssen, mit konstantem oder burstartigem Datenaufkommen, muss das Gesamtnetz flexibel Bitraten von wenigen bit/s bis vielen Mbit/s für einen Dienst unterstützen. Dies ist kostengünstig nur mit einem Paketnetz machbar. Basis hierfür dürfte IPv6 sein,

da sich IP allgemein durchgesetzt hat, speziell mit IPv6 mehr als genug IP-Adressen zur Verfügung stehen, die Mobilitätsunterstützung im Vergleich zu IPv4 besser ist und IPv6 als Protokoll der Vermittlungsschicht für das UMTS-Kernnetz festgelegt wurde.

Diese Tendenzen werden durch das NGN-Konzept, durch SIP und die verwandten Protokolle sowie die Arbeiten für UMTS Release 5 und 6 unterstützt. Dabei wird auch die Einbindung der heutigen ISDN- und GSM/GPRS-Netze, des Internets sowie des IN berücksichtigt. Es wird möglich, mit einem Kernnetz verschiedenste Zugangsbereiche, für feste und Funk-Anschlüsse, zu bedienen.

Aus dieser technischen Gesamtsicht scheint „All over IP“ ein geeigneter Schlüssel zur Kommunikationsinfrastruktur der Zukunft zu sein. Es gilt jedoch, diesen Schlüssel nicht durch Fixierung auf die Technik „abzubrechen“. Ganz entscheidend für die Akzeptanz durch die Nutzer und damit für den wirtschaftlichen Erfolg wird sein, ob in diesem Netz der Zukunft die Anforderungen aller gesellschaftlichen Gruppen berücksichtigt werden. Dazu zählen mit Sicherheit der Schutz der Daten und der Privatsphäre sowie eine hohe Anwenderfreundlichkeit – die Technik muss für den Nutzer unsichtbar werden!

### Literatur und Quellen

- [1] Rupp, S.; Siegmund, G.; Lautenschlager, W.: SIP – Multimediale Dienste im Internet. dpunkt, 2002
- [2] Siegmund, G. (Hrsg.): Intelligente Netze. Hüthig, 2001
- [3] Loble, N.: GSM to UMTS – architecture evolution to support multimedia. BT Technol. J. 19 (2001) H. 1 S. 38 – 47 (<http://www.sc-server1.bt.com/btj/vol19no1/lobley/lobley.pdf>)
- [4] 3GPP TS 23.228: IP Multimedia Subsystem (IMS); Stage 2 (Release 5). 3GPP, Juni 2002 ([ftp://ftp.3gpp.org/specs/2002-06/Rel-5/23\\_series/](ftp://ftp.3gpp.org/specs/2002-06/Rel-5/23_series/))
- [5] Zha, W.; Olshefski, D.; Schulzrinne, H.: Internet Quality of Service: an Overview. Tech. Rep. Columbia Univ., New York, Febr. 2000 (<http://www.cs.columbia.edu/~library/TR-repository/reports/reports-2000/cucs-003-00.pdf>)
- [6] 3GPP TS 23.207: End-to-End QoS Concept and Architecture (Release 5). 3GPP, Juni 2002 ([ftp://ftp.3gpp.org/specs/2002-06/Rel-5/23\\_series/](ftp://ftp.3gpp.org/specs/2002-06/Rel-5/23_series/))
- [7] Camarillo, G.; Marshall, B.; Rosenberg, J.: Integration of Resource Management and SIP. IETF Internet Draft, April 2002 (<http://www.softarmor.com/sipwg/drafts/rfcd/draft-ietf-sip-manyfolks-resource-07.txt>)
- [8] 3GPP TS 24.228: Signalling flows for the IP multimedia call control based on SIP and SDP; Stage 3 (Release 5). 3GPP, Sept. 2002 ([ftp://ftp.3gpp.org/specs/2002-06/Rel-5/24\\_series/](ftp://ftp.3gpp.org/specs/2002-06/Rel-5/24_series/))