

## **IP-Kommunikation, Streaming Media & Voice Portale:**

### ***VoIP, Sprachintegration, Unified Communications... - Fortschritte der IP-Kommunikation (Symposium III-1)***

## **Das Internet wird echtzeitfähig**

### ***Die nächste Netzwerkgeneration***

Dr.-Ing. Kai-Oliver Detken (<http://www.detken.net>) ist Senior Consultant und Geschäftsführer der DECOIT GmbH (<http://www.decoit.de>) mit dem Sitz in Bremen. Er gründete die Firma am 01.01.01, um herstellerneutral Lösungen und Produkte von Herstellern und Anbietern bewerten zu können. Hinzu kommt die Kompetenz der Softwareentwicklung, die für Entwicklungen und Anpassungen in Kundenprojekten erforderlich sind. Neben kommerziellen Projekten werden auch internationale Forschungsprojekte angegangen und umgesetzt. Zurzeit wird u.a. in dem Projekt Integrated Networks for Seamless and Transparent Service Discovery (NOMAD) an neuen Konzeptionen für das mobile Internet der Zukunft gearbeitet. Detkens Hauptkompetenzen sind High-Speed-, Security-, Mobility- und Internet-Lösungen. Zusätzlich ist er für verschiedene Verlage aktiv, in denen er Artikel und Bücher veröffentlicht, und doziert an den Hochschulen Bremen und Bremerhaven. Sein aktuellstes Buch „Echtzeitplattformen für das Internet“ setzt sich mit der hier angesprochenen Thematik eingehender.

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>NEXT GENERATION NETWORKS INITIATIVE (NGNI) .....</b>	<b>4</b>
2.1	VISIONEN DER NETZBETREIBER .....	6
2.2	KONVERGIERENDE NETZE .....	8
<b>3</b>	<b>ECHTZEITUNTERSTÜTZUNG .....</b>	<b>12</b>
3.1	VERBESSERUNG IN DER TRANSPORTSCHICHT .....	12
3.2	IP-ANSÄTZE ZUR ECHTZEITUNTERSTÜTZUNG .....	13
3.3	QUALITY-OF-SERVICE (QoS) .....	15
3.4	QUALITÄTSGARANTIE IN MOBILEN NETZEN .....	17
3.5	MULTI-PROTOCOL LABEL SWITCHING (MPLS) .....	18
3.6	ZUWEISUNG VON FLOWS .....	18
3.7	SERVICE LEVEL AGREEMENT (SLA) .....	19
<b>4</b>	<b>MOBILE NETZE .....</b>	<b>20</b>
4.1	UNIVERSAL MOBILE TELECOMMUNICATION SERVICE (UMTS) .....	20
4.2	WIRELESS LAN (WLAN) .....	21
4.3	MOBILE IP .....	22
<b>5</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>25</b>
<b>6</b>	<b>LITERATUR .....</b>	<b>26</b>

# 1 Einleitung

Die Konvergenz der Netze steht seit dreißig Jahren auf der Wunschliste der Netzbetreiber, um Kosten zu sparen und den Managementaufwand zu minimieren. Allerdings wurde bislang ohne Erfolg an Lösungen gearbeitet. Dabei lief bereits Anfang der neunziger Jahre alles auf die ATM-Technologie hinaus. Da aber bis 1996 keine ATM-Applikationen vorhanden waren, wurde ATM nur als Übertragungstechnik auf der Schicht 2 eingesetzt. Dies lag zum einen daran, dass es keine Spezifikation eines Application Programming Interfaces (API) gab, zum anderen, dass Funktionalitäten wie Quality-of-Service (QoS) erst später wirklich einsetzbar real waren. Die meisten Applikationen benötigten heute aber IP, wodurch ATM nach wie vor als reines Transportprotokoll gesehen wird.

Von 1997-1998 entstanden erste IP-over-ATM-Lösungen (CLIP, LANE, MPOA), die das Beste von beiden Welten vereinigen sollten. Allerdings waren die Ansätze zu komplex, um sie auch wirklich realistisch umsetzen zu können. Erst mit Multi-Protocol-Over-ATM (MPOA) kam es hier zu einem guten Ansatz, der sich aber Ende der neunziger Jahre wieder überholt hatte, da alles auf eine gemeinsame IP-Plattform hinauslief.

Um die Konvergenz von Sprach- und Datennetzen zu ermöglichen, werden dabei grundsätzlich aber zwei Hauptfunktionalitäten benötigt: Echtzeitunterstützung (statische Übertragungsverzögerung) und garantierte Qualität von Diensten. Beides kann das Internet allerdings bislang nicht bieten, trotz der hier aufgeführten Lösungsansätze:

- a. **Integrated Services (IntServ):** kann zwar eine Signalisierung Ende-zu-Ende durchführen, um eine Ressourcenreservierung durchführen zu können, ist dabei aber leider nicht skalierbar. Hinzu kommt die nur temporäre Reservierung von Bandbreite (Soft-State). IntServ wird daher von allen Experten als globaler Ansatz abgelehnt.
- b. **Differentiated Services (DiffServ):** fasst gleichartige Datenströme am Eingang eines Netzwerks zusammen, wodurch eine Skalierbarkeit gewährleistet ist, wobei sich allerdings keine Ende-zu-Ende-Signalisierung ausführen lässt, sodass die Sitzungsinformation des Teilnehmers verloren geht. Experten sind sich weltweit uneinig, wie DiffServ implementiert werden könnte; auch bezüglich der Preisgestaltung für den Kunden.
- c. **Multi-Protocol Label Switching (MPLS):** ermöglicht den Einsatz von Traffic Engineering (TE), um virtuelle Pfade mittels Labels auf einem bestimmten Weg durch das Internet zu führen, sodass eine gleich bleibende Verzögerung erreicht werden kann. Allerdings werden derzeit bei MPLS u.a. unterschiedliche Signalisierungsprotokollerweiterungen verwendet, die nicht kompatibel zueinander sind.

Zusätzlich kommt in Forschungsprojekten und internationalen Konferenzen Zweifel auf, ob DiffServ einen vernünftigen QoS für Carrier Netze überhaupt bieten kann. Hier muss auf jeden Fall MPLS mit berücksichtigt werden. Teilnehmer an Europäischen Forschungsprojekten (u.a. Siemens, Alcatel, DTAG) und japanische und australische Firmen kommen zum jetzigen Zeitpunkt zu dem Schluss, dass eine Lösung für einen garantierten Ende-zu-Ende QoS noch nicht in Sicht ist, da auch MPLS keine alleinige Lösung anbietet.

Eine weitere Lösung ist deshalb, aus der Sicht der Carrier, IP über Glasfaser umzusetzen, um Überkapazitäten bereitstellen zu können. Hier bereitet allerdings die Performance des Netzes Probleme, da auch ein Routing und Forwarding in Echtzeit abgewickelt werden

müsste. Ein Anwachsen der Routing-Tabellen im Internet auf teilweise mehr als 70.000 Einträge verhindert dies aber unter anderem.

Keine Lösung ist bisher für einen garantierten Ende-zu-Ende QoS in Sicht. Dies liegt zum einen an dem Internet-Protokoll selbst. Zum anderen bestehen IP-basierte Netze jetzt und in Zukunft aus den unterschiedlichsten Technologien (Protokoll- und Netzwerkschicht). IP wird daher immer mehr zum Konvergenzprotokoll, um auch neue Technologien anbinden zu können. Wie schwer dies ist, zeigt der immer noch ausbleibende aber notwendige Schritt in Richtung IPv6, da unzureichende Migrationsmöglichkeiten derzeit vorhanden sind. Die Adressknappheit ist nur ein Grund eine Umstellung vornehmen zu müssen; trotzdem weigern sich bislang die Carrier dies Protokoll einzusetzen. Gründe sind, das fehlende Wissen und der teilweise unzureichende Support der Hersteller.

In zukünftigen UMTS-Netzen will man IPv6 als Basisprotokoll auf Schicht 3 etablieren. Gerade hier ist man aufgrund der Kosten eines solchen Netzes bestrebt die Konvergenz voranzutreiben. Ebenfalls soll im Access-Umfeld Wireless LAN (WLAN) zur Erhöhung der Performance eingesetzt werden. Allerdings ist man hier in heutigen Forschungsprojekten sehr vorsichtig: reine Daten werden zwar bereits über IPv6 vermittelt, während reine Sprachdienste weiterhin über verbindungsorientierte TDM-Techniken mittels ATM angeboten werden!

## 2 Next Generation Networks Initiative (NGNI)

Heute sind erst 5% der weltweiten Gesellschaft Online und haben somit einen Zugriff auf Internet-Dienste. Es ist ein Ziel der Europäischen Gemeinschaft einer größeren Gemeinschaft den Zugang zur Informationsgesellschaft zu ermöglichen. Neben politischen, ökonomischen, regulatorischen sowie menschlichen Verhaltengründen für die Verbreitung des Internet, gibt es technische, forschungs- und entwicklungsrelevante Aufgaben, die hierfür umgesetzt werden müssen. Im Januar 200 hat das europäische Forschungsprogramm Information Society Technologies (IST) die Next Generation Networks Initiative (NGNI) in einem so genannten „Thematic Network“ ins Leben gerufen, um die relevanten Grenzen und Barrieren herauszufinden, die Entwicklungsprozesse behindern. Es sollte in einem zweijährigen Projekt ein Netzwerk der nächsten Generation vorgeschlagen werden, welches die Aufgaben Interoperabilität und Kompatibilität meistert sowie Gemeinsamkeiten zwischen anderen relevanten Forschungsprojekten innerhalb des IST-Programms herausfindet, um eine „Roadmap“ für die Europäische Union (EU) entwickeln zu können. Diese Roadmap soll die Inhalte des nächsten Forschungsrahmenprogramms festlegen, welches Anfang 2003 startet.

Die Arbeit in dem Projekt NGNI (<http://www.ngni.org>) konzentriert sich auf die technischen Änderungen und Neuentwicklungen von spezifischen Netzwerkbereichen. Innerhalb des NGN-Projektes haben sich deshalb spezielle Arbeitsgruppen gebildet, die technische Bewertungen, Übersichten und Anforderungen finden sollen, um auch die Standardisierungsaktivitäten zu vereinheitlichen und voranzubringen. Unter diesem Aspekt sind folgende Arbeitsgruppen entstanden:

- a. Zukünftige Richtung und Trends von Access Technologien
- b. IPv6 Quality-of-Service (QoS), inklusive einer Meta-Datenbank mit ca. 5000 Dokumenten zum Thema QoS

- c. Neue mobile Dienste in NGN, mit dem Hauptaugenmerk auf nahtlose Kommunikation über verschiedene Trägernetze, Abschätzung neuer Applikationen und Echtzeitanforderungen mit Evaluierung von Voice-over-IP (VoIP)
- d. Die nächste Generation photonischer Kern- und Metronetzwerken
- e. Management, inklusive Netzwerkmanagementtrends, Inter-Domain und Content Management
- f. Interoperabilität und QoS-Tests, inklusive IPv6 Testsuites

Während des Projektes wurde öfters bzgl. eines Bottom-up- oder Top-down-Ansatzes diskutiert. Während der erste Ansatz nur eine begrenzte Sichtweise auf die wichtigsten Arbeitspunkte bietet, sodass nie ein Gesamtbild komplettiert werden kann, zeichnet ein Top-down-Ansatz eine eher generelle Perspektive auf. Die Kombination beider Ansätze schafft allerdings ein Gesamtbild aller notwendigen ausstehenden Arbeiten und bündelt die verschiedenen Themenschwerpunkte.

Die Ergebnisse von NGNI werden zusammen mit den Ergebnissen anderer Projekte für die Entwicklung eines Führers für die EU verwendet, um die relevanten Forschungsaufgaben der nächsten Entwicklungsdekade zu erarbeiten. Dadurch können auch zukünftig Projekte unterstützt werden, die sich mit aktuellen Telekommunikationstrends beschäftigen und Relevanz haben für die technologische Gestaltung zukünftiger Netze. Das sechste Forschungsrahmenwerk der EU wird dies ebenfalls als Basiswissen benötigt. Die Inhalte dieses Kapitels geben einige Ergebnisse dieser Projektinitiative wieder. [13]

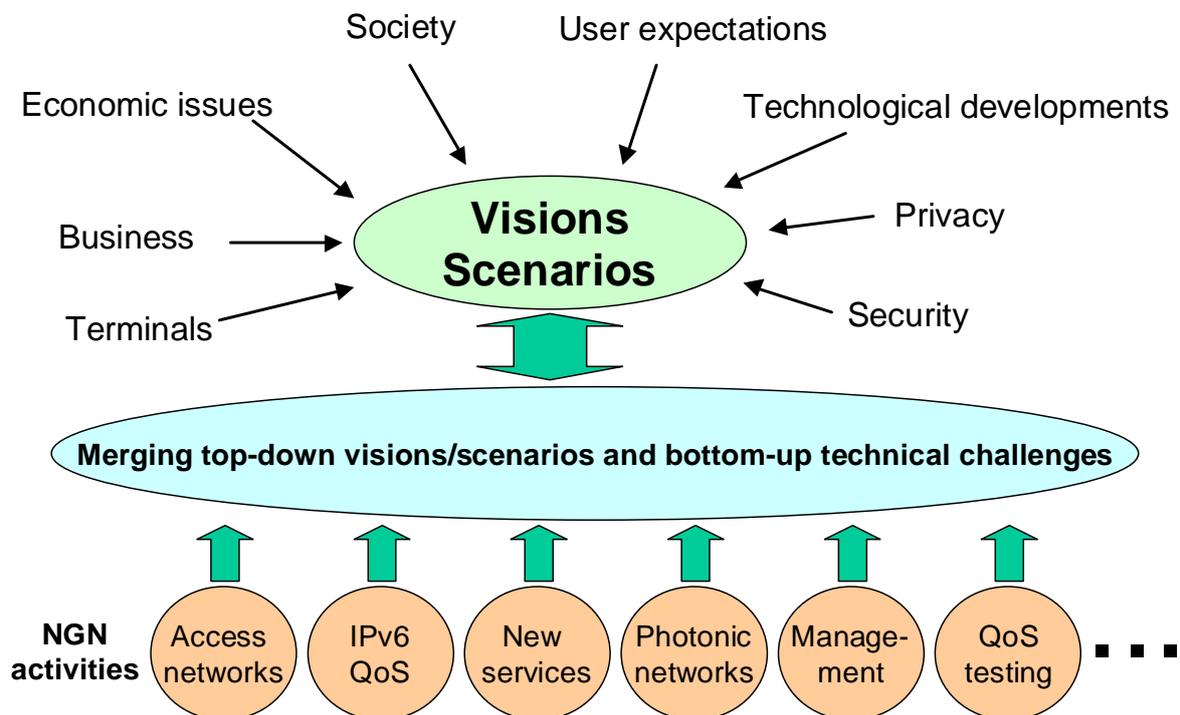


Abbildung 1: Zusammenführung der Arbeitsgruppen

## 2.1 Visionen der Netzbetreiber

Die Visionen der Netzbetreiber heben sich nicht sehr deutlich voneinander ab. Alle wissen, dass sie nur mit Dienstangeboten Geld verdienen können. Diese müssen aber auch einen Mehrwert für die Benutzer bieten, da sonst kein Teilnehmer bereit wäre Geld dafür auszugeben. Dass es nicht reicht über die Masse und reine Netzanbindung zu gehen zeigte deutlich die WorldCom auf, die für eine der größten Konkurse sorgte. Nachdem sämtliche Seifenblasen der „New Economy“ geplatzt sind, ist man allerdings momentan etwas ratlos, woher diese Dienste kommen sollen. Dabei ist „New Economy“ nicht tot, da das Geschäft mit eCommerce von 1999 mit 5,4 Milliarden auf 9,8 Milliarden in 2002 angewachsen ist!

Die Vision heißt trotzdem ein Service-Bündel anzubieten, welches der Teilnehmer sich je nach Bedarf zusammenstellen kann. Dabei arbeiten die Netzbetreiber auch nach wie vor eng mit unterschiedlichsten Universitäten zusammen. Im Vordergrund stehen dabei nach wie vor korrekte und wissenschaftliche Methoden anzuwenden, aber auch zu erkennen was wirklich wichtig ist bei der Entwicklung und nicht einfach „technisch interessant“.

Nachdem man sich seit 1996 „nur“ um die eventuelle Nöte der Kunden gekümmert hat, die vielfach auf einfachen Geschäftsmodellen basierten, sind seit 1999 viele eCommerce-Projekte realisiert worden – allerdings mit mehr oder wenig großen Erfolg. Neben technischen Mängeln war dies häufig auch auf Unzulänglichkeiten der beteiligten Mitarbeiter zurückzuführen. Die technische Entwicklung konnte einfach mit der Fantasie mancher Firmengründer nicht mehr Schritthalten. Heute sind mehr denn je wirklich funktionierende Lösungen gefragt, statt Geschäftsmodelle, die dem Kunden einen Return-of-Investment (ROI) in 3-5 Jahren zusichern. Darauf mussten sich auch die Netzbetreiber erst einmal einstellen.

Gelegenheiten für neue Märkte gab es in der Vergangenheit genug:

- a. Breitband und IP Voice
- b. Online Application Infrastructure
- c. Mobility
- d. Neue Endgeräte

Notwendig ist ein Online-Service-Modell, welches nicht alleine auf dem Technologieansatz eingeführt werden sollte, sondern auf dem Kernthema Mehrwertdienste. Dabei ist die Kompatibilitäten zwischen verschiedenen Technologien/Geräten nach wie vor das große Problem auf allen OSI-Ebenen.

Hinzu kommen das Benutzerverhalten und die Akzeptanz neuer Technologien. Heute schauen zwar viele eCommerce-Anwender im Internet nach neuen Produkten, aber die meisten bestellen anschließend Offline (z.B. aus Sicherheitsgründen), da die angebotenen Services die Kundenanforderungen ungenügend unterstützen.

Das Internet hat sich bis heute zu einem Gigabit-Netzwerk entwickelt, was über 1 Milliarde Teilnehmer hat. Dies hat zur Folge, dass die Routing-Tabellen exponentiell wachsen, trotz Verfahren wie Subnetting und CIDR. Das Protokoll IPv6 könnte hier die Lösung sein, wird aber nach wie vor nur zögerlich von den Netzbetreibern betrachtet. Zu sehr hat man sich inzwischen von IPv4 abhängig gemacht, als dass eine Umstellung einfach möglich wäre. Da das Internet auch in Domänen unterteilt ist, wäre eine Umstellung auch keinesfalls trivial, sondern würde weitere Investitionen nach sich ziehen.

Die Next Generation Telephony soll zukünftig trotz aller Widrigkeiten auf Voice-over-IP (VoIP) basieren. Die „Class 4 VoIP“ ist bereits im Einsatz und Class 5 wird ebenfalls bald eingeführt. Trotzdem wird Circuit Switching weiter existiert, da VoIP erstens nicht preiswerter ist wie anfangs angenommen (im Gegenteil, es entstehen ca. Mehrkosten von 30%) und die Qualitäten nicht zugesichert werden können. Es muss demnach der Ende-zu-Ende Service (Qualität und Verfügbarkeit) überprüft werden. Ebenfalls ist der Benutzerbedarf sowie das Geschäftsmodell bei VoIP oftmals nicht klar.

Untersuchung<sup>1</sup> des Benutzerverhaltens zeigten weiterhin, dass Breitbandzugänge mittels ADSL nur für Internet-Benutzer interessant sind. Andere Zielgruppen sehen keinen Bedarf für höhere Datenraten. Unter Verwendung von ADSL findet dann allerdings ein wesentlich erhöhter Zugriff statt. So hat man im Netz der Deutschen Telekom (DTGA) beispielsweise festgestellt, dass ca. 50 GByte pro Monat aus dem Internet herunter geladen werden. Dies führte wiederum zu Netzengpässen, da dieses Benutzerverhalten nicht vorausgesehen wurde.

Bei Internetzugriff wird heute von den Benutzern hauptsächlich der Web-Zugriff inkl. der Nutzung von E-Mail verwendet. Ebenfalls Peer-to-Peer ist als Dienst interessant für die User, d.h. die direkte Kommunikationsmöglichkeit beispielsweise mittels Videokonferenzsystemen oder VoIP. Sobald allerdings Kosten dafür anfielen, fiel dieser Dienst nicht mehr stark ins Gewicht, wie ein Versuch der Firma Telstra in Australien offenbarte. Dieses Benutzerverhalten beinhaltet, dass andere Billing- und Accounting-Mechanismen gefunden werden müssen, die in der Lage sind kundenorientiert abzurechnen, und erst Dienste, welche für den Kunden Mehrwerte bringen, etwas Kosten dürfen.

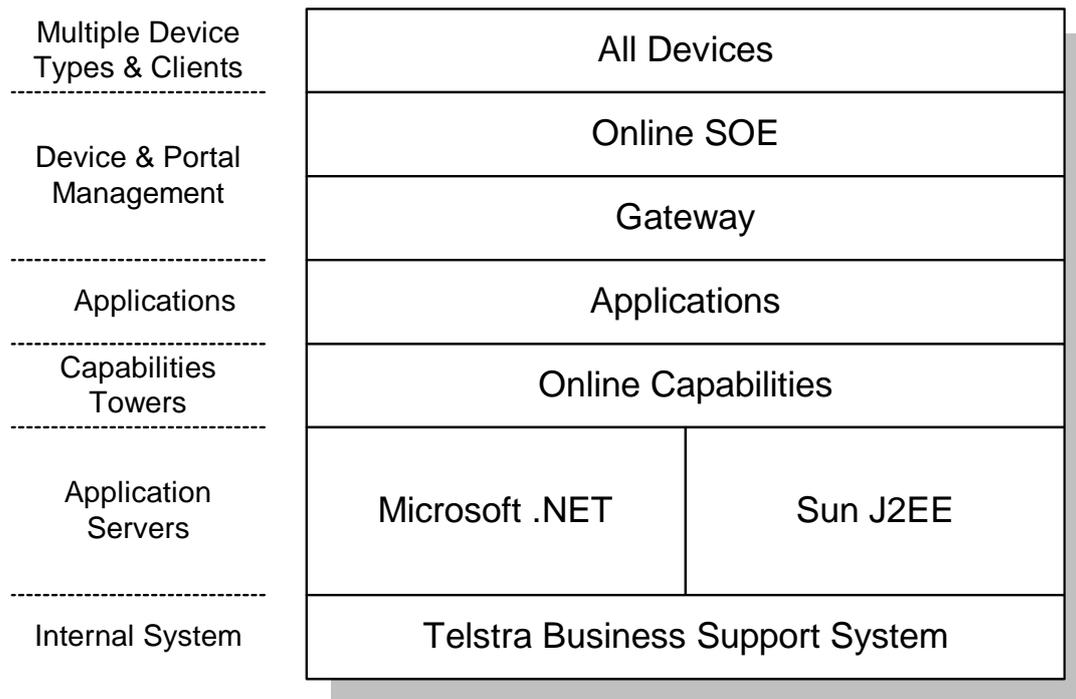
Hinzu kommt noch das Problem der Bandbreitenengpässe auf der letzten Meile. 2 MBit/s sind im Grunde notwendig, echte Videodienste qualitativ gut anbieten zu können. Dies schafft selbst ADSL kaum und wenn, dann nur in eine Richtung. Es müsste also mehr Glasfaser auf der letzten Meile verlegen werden. Diese Kosten werden von den Netzbetreibern gescheut. Zusätzlich sind momentan auch keine Investitionsreserven mehr vorhanden, um diese Entwicklung vorantreiben zu können.

Bei den Endgeräten hat sich die Entwicklung in den letzten Jahren ebenfalls überschlagen. Besonders die Mobilfunkgeräte sind davon betroffen. Die Industrie träumt von neuen Geräten wie Brillen mit integriertem Bildschirmprojektor oder dem Zusammenwachsen zwischen Internet Technologie (IT) und Television (TV). Was wir heute haben ist aber eine Applikationsinfrastruktur die zu vielfältig und inkompatibel ist.

Deshalb entwickeln Unternehmen und Netzbetreiber an neuen Standards wie z.B. dem Online Operating Environment, welches auf Sun Solaris J2EE (Java) oder .NET von Microsoft basieren kann. Alle Endgeräte können so auf einer Plattform zusammengefasst werden. Allerdings beinhaltet dies auch, dass alle Applikationen auf einer gemeinsamen Anbieterplattform laufen müssen, was natürlich wieder die Schwierigkeiten der Integration erhöht. Abbildung 2 zeigt die gemeinsame Infrastruktur, wie sie sich von Telstra vorgestellt wird.

---

<sup>1</sup> Telstra, Telekommunikationsanbieter in Australien



**Abbildung 2: Online Operating Environment (OOE)**

Bei den Visionen der Netzbetreiber und den Anforderungen die an eine Konvergenz der Netze gestellt werden, bleibt aber die Frage nach der technischen Machbarkeit im Raum stehen. Der Stand der Technik wird deshalb in den nächsten Kapiteln erläutert werden.

## 2.2 Konvergierende Netze

Die Konvergenz der Netze ist von essentieller Bedeutung für die Netzbetreiber, da sie dadurch erhebliche Kosten einsparen können. Allerdings muss man dies auf verschiedenen Ebenen betrachten:

- a. Network Level: Physikalische Schicht, Netzwerkschicht, Segmentebene
- b. Service Level: Träger, Anwendungen, Middleware
- c. Terminal Level: Endgeräte
- d. Funktionalitäten
- e. Kosten/Performance

Die Frage ist allerdings, wie realistisch eine Konvergenz wirklich ist, da verschiedene Teile eines Netzwerks (Fest- und Mobilfunknetz) einen speziellen Charakter und Probleme aufweisen. Weiterhin steht die Technologie-Entwicklung nie still (höhere Heterogenität). Der Wettbewerb zwischen den Herstellern kommt ebenfalls noch hinzu, der zu proprietären Spezifikationen führt. Abschließend ist auch die Infrastruktur der Netzwerk- und Service-Provider sehr mannigfaltig, wodurch sich neue Technologien nicht immer effizient integrieren lassen.

Die Konvergenz der Netze kann man deshalb mehr oder weniger in der „Digitalisierung“ wieder zu finden. Weiterhin steht das Internet im zentralen Mittelpunkt, mit den folgenden Fragestellungen:

- a. Internet und Sprache?

- b. Internet und TV?
- c. Internet und Mobil?
- d. Internet und Extranets?
- e. Internet und Optik?

Dabei sind im Grunde nur noch vier Schichten zu betrachten: Bitübertragungs-, Netzwerk-, Dienst- und Management-Schicht, inklusive einer kostengünstigen Nutzung der Infrastruktur. Dabei wird IP auf der Schicht 3 als das Konvergenzprotokoll schlechthin betrachtet.

Bei der Netzwerkentwicklung können die ersten beiden Schichten gesondert betrachtet werden:

### 1. Physical Layer:

- a. Wireless-Technologie wechseln immer mehr von dem Corporate Public Network (CPN) zum Access-Bereich
- b. Optische Lichtwellenleiter wandern vom Kernnetz zum Access-Bereich
- c. Kupferanschlüsse bleiben dominierend im CPN-Bereich

### 2. Network Layer Protocol:

- a. Das IP-Protokoll wird in CPN genauso wie im Access- oder Kernnetz-Bereich eingesetzt
- b. ISDN bleibt im Access-Bereich zu Hause
- c. ATM entfernt sich vom Kernnetz hin zum Access-Bereich
- d. SONET/SDH wird Kernnetz, aber auch immer mehr im Access-Bereich eingesetzt
- e. DWDM geht vom Kernnetz zum Access-Bereich großer Netze über

Das Next Generation Network (NGN) der Zukunft beinhaltet ein heterogenes Netz, welches IP einsetzen wird. Das heißt, es werden verschiedene Arten von Netzwerkinfrastrukturen eingesetzt. Alle Kommunikation wird dabei auf Packet Switching abgestimmt werden. Allerdings wird auch Cell Switching seine Berechtigung behalten, beispielsweise bei der Übertragung von Sprache. IP wird das Mapping-Protokoll darstellen, um zwischen verschiedenen Netzwerkprotokollen zu vermitteln. Die Services werden dabei immer stärker zum Kunden gebracht werden müssen. Service-, Network-, Content-Provider müssen interoperabel werden, sodass eine nahtlose Kommunikation zwischen ihnen entsteht.

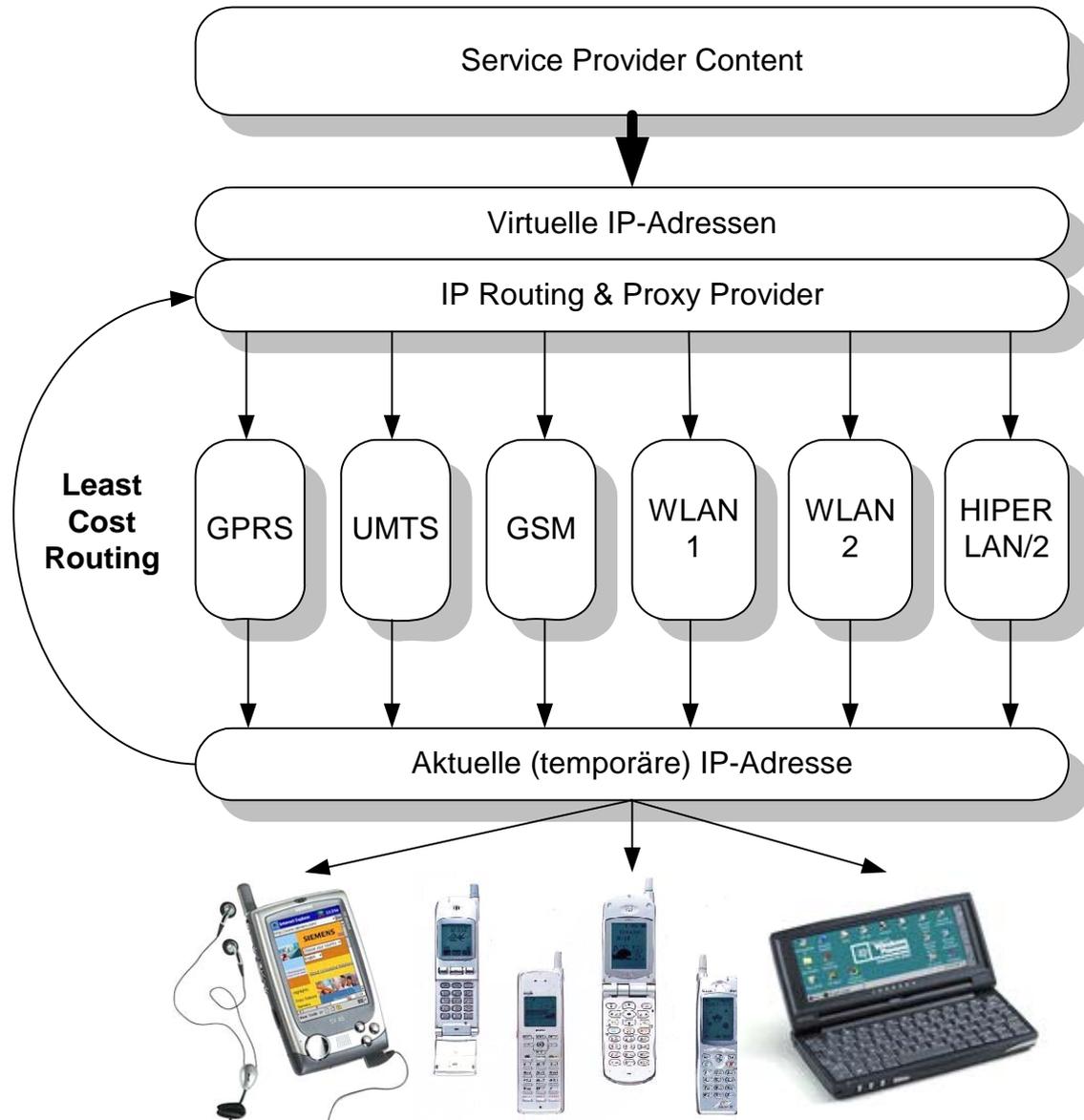
Die Anwenderanforderungen an einen Dienst, wurde durch die Next Generation Networks (NGN) Initiative<sup>2</sup>, die zur Aufgabe hat Bewertungen heutiger Technologien für ein NGN durchzuführen und Entwicklungen für die Europäische Union (EU) vor auszusehen, folgendermaßen zusammengefasst:

- a. Schnellerer Internet-Zugang
- b. Mobiler Zugriff
- c. Ähnliche Kapazität bei Fest- und Mobilnetzen
- d. Nahtlose Nutzung von Diensten

---

<sup>2</sup> <http://www.ngni.org>

- e. Verfügbarkeit des Netzes
- f. Dienstqualitätsgarantien
- g. Security (Verschlüsselung, Authentifizierung, Integrität)
- h. Einfaches Management der Dienstangebote



**Abbildung 3: Unterschiedliche Schichten zwischen Teilnehmer und Provider**

Die Anforderungen aus Sicht eines Service Providers unterscheiden sich dabei wie folgt, von denen der Anwender:

- a. Schnelle, offene und neu zusammenstellbare Dienstplattform
- b. QoS-Garantien für die angebotenen Dienste
- c. Möglichkeit den Teilnehmer mit Diensten zu versorgen
- d. Möglichkeit verschiedene Dienste aufeinander anzupassen

Die Anforderungen eines Network Providers sehen hingegen das Folgende vor:

- a. Planbare Netzwerke

- b. Einfach zu verwaltende Netzwerke
- c. Anbieten ausreichender Ressourcen, sodass so viele Dienste wie möglich angeboten werden können
- d. Return-on-Investment (ROI)
- e. Konvergenz (wenn diese realistisch ist), sodass Kosten eingespart werden können

Alle genannten vier Ebenen beeinflussen am meisten den CPE-Bereich. Hierher kommt der meiste Datenverkehr. Hier sind auch die Schwachstellen des Netzes zu finden. Aus diesem Grund wäre es wichtig an der Schnittstelle Access-zu-Kernnetz QoS-Mechanismen zu etablieren, da der Teilnehmer sich nur für die Dienste interessiert, welche eine bestimmte Qualität beinhalten, nicht für die Netze dahinter.

Bei der Entwicklung des Internet gibt es momentan folgende Meilensteine zu beachten:

- a. Starker Anstieg von Internet-basierten Diensten
- b. Ansteigende Basis von Mobilität und Roaming
- c. Peer-to-Peer Applikationen
- d. QoS wird benötigt
- e. Sicherheit
- f. Flexibilität
- g. IPv6 und Post IP Protokoll

Als Schlüsseltechnologien lassen sich daraus ableiten:

- a. Middleware und Verteilungssysteme
- b. IP: IPv6, QoS, Security, Broadband, Wireless, Mobility
- c. Multi-Domain Networks
- d. Seamless Interworking
- e. Value Added Services und Applikationen

Weiterhin wachsen die Hausnetze stark an, wobei dies aber bislang noch ein Nischenmarkt ist. Trotzdem kommt es dadurch zu einem steigenden Bandbreitenbedarf in heterogener Umgebung. Bei der Mobilität ist die Stromversorgung noch unzureichend. Hier muss die Akku-Technik noch verbessert werden.

Optische Netzwerke (IP-over-WDM) werden kommen, aber noch nicht in der nahen Zukunft, da momentan keine neuen Investitionen der Netzbetreiber mehr möglich sind. Konvergenz und Deregulierung findet heutzutage keinen gemeinsamen Weg, weshalb wir auch weiterhin u.a. heterogene Netze haben werden. Hier spielt die Interoperabilität eine entscheidende Rolle. Dies hat Einfluss auf alle vier genannten Ebenen (Netzwerk, Services, Management und Physical Layer).

Die Anforderungen an ein NGN sehen daher wie folgt aus:

- a. Always-on Netze
- b. Peer-to-peer Kommunikation, unabhängig vom Provider
- c. QoS: Bandbreitenreservierung
- d. Security: Sicherstellen der Kommunikation

- e. Performance und geringe Kosten

Speziell IPv6 wird eine sehr große Aufmerksamkeit beigemessen:

- a. Skalierbarkeit
- b. Connectivity
- c. Autokonfiguration und Multi-homing
- d. Anwendungen
- e. Interoperabilität
- f. Mobilitätsunterstützung

Ressource- und Service-Vermittler werden immer wichtiger (auch bei der IETF). Der Kunde bzw. Teilnehmer sollte von den Netzbetreibern stärker in den Mittelpunkt gestellt werden. Die Konvergenz sollte auf die Netzwerkschicht und für die Dienste auf unterbrechungsfreie Services fokussiert werden.

### 3 Echtzeitunterstützung

Heute beinhalten fast alle Netze IP-Protokolle mit Best-effort-Funktionen. Darunter sich befindende Hochgeschwindigkeitsnetze wie ATM werden für QoS nicht herangezogen. Das ist zum einen tragisch, da dadurch die vorhandenen Protokolleigenschaften nicht ganz ausgeschöpft werden, aber auf der anderen Seite auch effizient, da die Komplexität vermindert wird.

#### 3.1 Verbesserung in der Transportschicht

Wenn man heutige Datenraten ausnutzen will, müssen allerdings auch die Protokolle der Transportschicht kontinuierlich verbessert werden, da man vor 10 Jahren noch andere Geschwindigkeitsmaßstäbe gesetzt hat, als dies heute der Fall ist. Bei IP betrifft dies das Transmission Control Protocol (TCP), welches durch seine Quittierungsmechanismen, die in Netzen mit geringer Datenrate und hoher Bitfehlerrate entwickelt wurden, Leistung ausbremst.

Dementsprechend sollte TCP verbessert werden, sodass das darunter liegende Netzwerk mit herangezogen wird, um dadurch eine Verbesserung des bestehenden Best-effort zu erreichen. Somit muss die Überlastkontrolle erweitert und integriert werden. Dafür sind Feedback-Mechanismen notwendig wie QoS, Congestion, Traffic Engineering etc.

Die technischen Universitäten von Sydney, Australien haben einen Algorithmus entwickelt, um die Pufferverwaltung effizienter, fairer, einfacher und robuster durchführen zu können, damit eine Minimalverzögerung erreicht werden kann. Als Lösung wird die Windows Adaptation durch den Algorithmus positiv beeinflusst (Fair Intelligent Windows Adaptation). Zusätzlich gibt es eine ACK Bucket Control, die eine Fair Intelligent ACK Bucket Control unter Einbeziehung der Überlast des Providers am Randbereich seines Netzes (da dort die Überlasten auftreten) beinhaltet.

Die entwickelte Simulationssoftware zeigte eine wesentliche Verbesserung der Performance<sup>3</sup>. Gute Ergebnisse wurden ebenfalls mit DiffServ erzielt. Ein großes Problem entsteht

---

<sup>3</sup> weniger verlorene Pakete, verbesserte Ausnutzung der Queues

allerdings bei der Verwendung von IPsec, da keine End-to-end Verbindung hier hergestellt werden kann, die aber für IPsec absolut notwendig ist.

Diese Weiterentwicklung bezieht sich aber nur auf reine Datenströme, bei denen durch die Verbesserung von TCP nicht unbedingt auf QoS zurückgegriffen werden müsste. Was aber, wenn echte Real-time Anwendungen mehr eingesetzt werden, als dies heute noch der Fall ist? Bisherige Videoapplikationen waren meistens nichts anderes als Datendienste, da Videos aus der Konserve herunter geladen wurden. Bei echter Interaktion zwischen einer Teilnehmergruppe sind aber andere Kriterien maßgebend.

## 3.2 IP-Ansätze zur Echtzeitunterstützung

Was ist aber eigentlich Echtzeit? Informatiker und Ingenieure definieren dies unterschiedlich. Einig sind sie sich aber, das QoS eine garantierte Bandbreite und eine geringe Verzögerung (statisch) anbieten muss. Dafür sind in der Internet-Gemeinde unterschiedliche Ansätze spezifiziert worden:

### 1. Integrated Services (IntServ)

- i. Ressourcen-Reservierung
- ii. Flow-State-Informationen
- iii. Drei Klassen (Best effort, Controlled Load Service, Guaranteed Service)

### 2. Differentiated Services (DiffServ)

- i. Aggregate Flows
- ii. Zwei oder mehr Datenströme in eine Kategorie
- iii. Ressourcen-Priorisierung
- iv. Keine Flow-State-Informationen
- v. Ebenfalls drei Klassen (Best-effort, Assured Forwarding, Expedited Forwarding)

Probleme sind dadurch allerdings immer noch vorhanden, da es keine Garantien gibt, ob z.B. genügend Pufferspeicher vorhanden ist. Ebenfalls wird die Frage nach einer festen Verzögerung unzureichend gelöst. Sie ist schlichtweg gar nicht einstellbar.

Zur Lösung dieser Probleme könnte man die Bandbreite/Verkehr am Ingress Router ohne Statistikinformationen herunterregeln. Weiterhin sollte man den direkten Vergleich zwischen IntServ Guaranteed Service (GS) und DiffServ Expedited Forwarding (EF) wagen. Wenn beide Modelle vergleichbar sind, sollte man auf IntServ ganz verzichten und nur noch DiffServ einsetzen. Damit hätte man dann die Skalierungsproblematik gelöst und gleichzeitig die Komplexität heruntergefahren.

Das Verhältnis zwischen den Modulen Policer, Spacer und Choose führten bei Tests der Western Australian University dann auch zu diesem Ergebnis: IntServ und DiffServ erbrachten sehr ähnlich bis fast identische Ergebnisse.

Die Vorteile liegen dabei, hier zusammengefasst, auf der Hand:

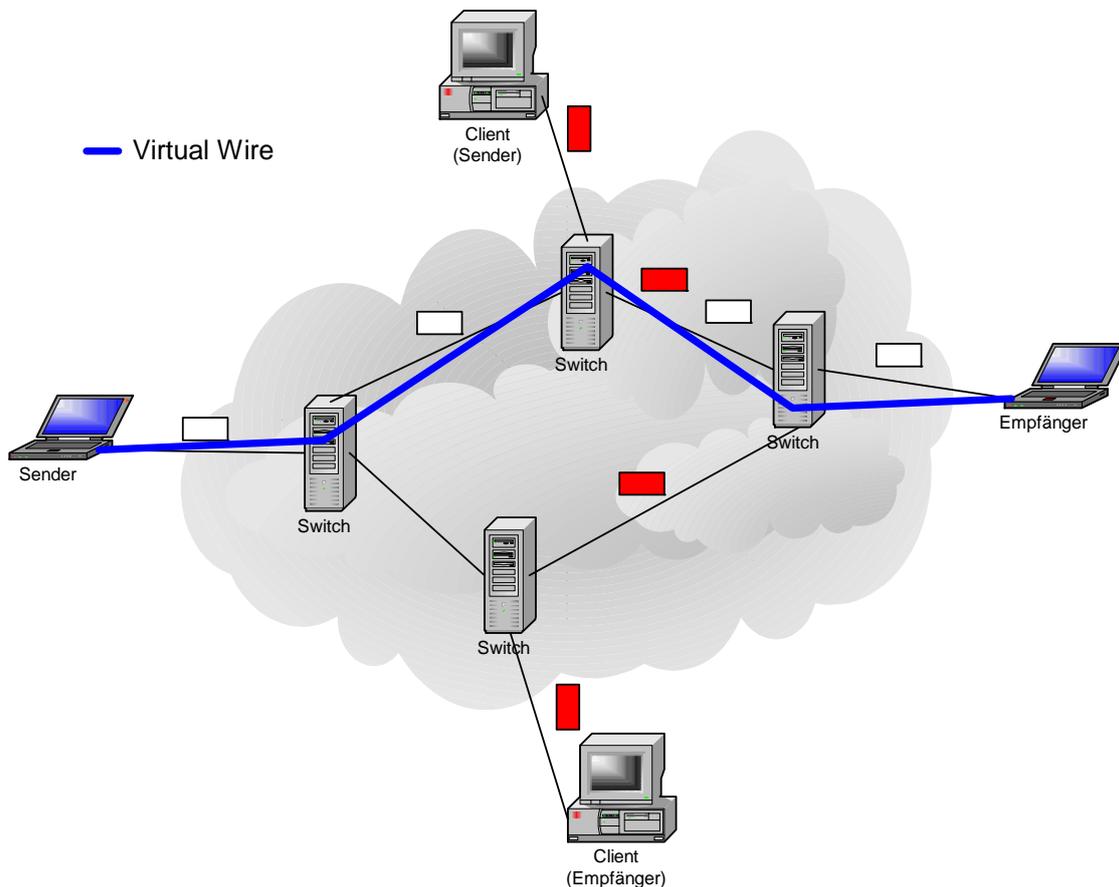
- a. Aggregate Scheduling
- b. Weniger Flow-State-Information

- c. Schnelleres und einfacheres Routing
- d. Kann in andere Ansätze besser eingeführt werden
- e. Es muss nur ein QoS-Ansatz gefahren werden (geringere Komplexität)

Die Limitierungen sind hingegen:

- a. Fokussierung liegt ausschließlich auf Echtzeit
- b. Keine Implementierungen bislang vorhanden
- c. Bei Überbeanspruchung des Netzes kann keine Ablehnung des Traffic wie bei Int-Serv erfolgen
- d. Applikationen können bislang keine direkte Priorisierung etablieren [4]

Ein etwas anderer Ansatz wird durch das Modell Virtual Wire Per Domain Behaviour gefahren. Hier stellte man sich die Frage, warum sich der Service an die Applikation anpassen muss wie dies bei ATM mit CBR als Service und CBR als Flow gemacht wurde. Dies muss man nicht unbedingt so lösen, sondern es reicht prinzipiell aus das Verhalten zu analysieren, um eine bestimmte Applikation auszunutzen.



**Abbildung 4: Virtual Wire Per Domain Behaviour**

Das Verhalten welches bei Echtzeitdiensten notwendig wird, ist das Erreichen einer konstanten Verzögerung nach Etablieren der Verbindung und eine strikte Konstanz zwischen dem Erzeugen und dem Empfangen der Daten. Um dies ohne QoS-Mechanismen zu erreichen, ist das Verfahren Virtual Wire Per Domain Behavior entwickelt worden. Es definiert ein Edge-to-Edge-Verhalten zwischen ungeteilten Punkt-zu-Punkt-Verbindungen oder eine Virtual Wire einer festen Kapazität. Dies führt zu einem zusammengefassten Scheduling,

aber beinhaltet nicht eine per-Flow-Statistik. Dabei wird der Verkehr und Eintrittsbereich in das Netz streng kontrolliert.

Erreicht wird dadurch, dass die Verzögerung auf dem virtuellen Draht konstant bleibt. Der geringe Jitter führt ebenfalls zu einer Transfer Delay Charakteristik, während sich die geringen Bitfehler in dem Parameter Mean Time to First Failure (MTFF) wieder finden lassen. Auch die Latenzzeit kann kontinuierlich gemessen und dadurch kontrolliert werden.

Abbildung 4 zeigt die Idee des Virtual Wire Per Domain Behaviour. Es wird ein virtueller Pfad zwischen zwei Stationen „geschaltet“, der solange erhalten bleibt, wie diese Zusage bestehen muss. Dabei müssen die Switches im Kernnetz nicht in der Konfiguration oder Software verändert werden. Anhand des definierten Verhaltens kann nun entschieden werden wann Pakete verloren gehen sollen, welche Verzögerung man erhalten möchte und die entstehenden Latenzzeiten ausgleichen. Dadurch erhält man zusammengefasst eine geringe Gesamtverzögerung.

Man kann diese Lösung auch zusätzlich mit DiffServ betreiben. Dazu müsste das Design der Entscheidungsparameter bei DiffServ quantifizieren werden, um die folgenden Funktionen zu verbessern/ermöglichen:

- a. Skalierbarkeit
- b. Ende-zu-Ende-Verhalten
- c. Einfaches Management

Eine Erhöhung der Verzögerung kann auch bei Einführung von Multicast als Nebeneffekt entstehen. Eigentlich für Gruppenkommunikation und für geringeren Datenverkehr im Netz entworfen, wirft Multicast immer noch Probleme auf, da wenige Hersteller dieses Protokoll konsequent unterstützen.

Heute wird in 99% der Fälle Unicast-Verkehr verwendet. Dieser führt aber zu unterschiedlichen Ankunftszeiten der Pakete an den jeweiligen Empfängern, wenn gleichzeitig innerhalb einer Gruppe kommuniziert wird. Multicast könnte dieses Problem lösen, da es das jeweilige Multicast-Paket gleichermaßen schnell bei den Empfängern abliefern.

Allerdings tritt dadurch ein weiteres Problem auf: der Zuwachs des Multicast-Baums kann stark ansteigen. Dadurch kann ein Netz von 10-30 Knoten in Multicast-Umgebung zu 10% höheren Kosten führen. Dies ist allerdings gegenüber Unicast immer noch effizienter und zu vertreten. [8] [12]

### **3.3 Quality-of-Service (QoS)**

Die Anforderungen an Echtzeit kann man nur Ende-zu-Ende betrachten. Dabei ist eine konstante Verzögerung das Hauptziel. Eine Call Admission Control (CAC) muss es ebenfalls geben, da der Teilnehmer einen bestimmten Dienst mit einer definierten Qualität nutzen möchte. Dies sollte entweder möglich sein oder im Falle von Überlasten abgewiesen werden. Bei Anwendungen wie VoIP ist ebenfalls teilweise die Übertragung des Telefongesprächs notwendig.

Bisherige Konzepte in diesem Umfeld sind:

- a. Quality-of-Service (QoS)
- b. Signalisierungscharakteristik

- c. Policing
- d. Statistisches Multiplexing
- e. Scheduler (Planer)

Dabei muss die Komplexität so gering wie möglich gehalten werden, damit man das Netz managen und dadurch die Latenzzeit konstant halten kann. Durch die CAC kann eine Bedarfsvorhersage am Randbereich des Netzes vorgenommen werden. Durch CAC wird ebenfalls der notwendige QoS aufgesetzt. Ein Call Blocking kann mittels Load Balancing erfolgen. Dabei müssen die QoS-Parameter auch weiter geroutet werden. Eine QoS-Routing-Verzögerung führt sonst unvermeidbar zu keinem quantitativen Gesamt-QoS.

Beim Zwischenspeichern der Daten muss man zwischen Policing und Spacing unterscheiden. Spacing ist die Zeit, die ein Paket in einem Pufferspeicher verbringt. Policing repräsentiert hingegen die Toleranz wie schnell ein Paket evtl. ankommen könnte. Dabei stellt sich die Frage, wie Burstiness behandelt werden kann. Die Kombination von Space und Present bedeutet, dass jedes Paket ankommt, wenn es erwartet wird. Hier kann man von einer maximalen Verzögerung ausgehen. Die Kombination von Present und Police wiederum bedeutet, dass ein Paket evtl. eher ankommt, als es ursprünglich erwartet wurde. Hierfür sind Scheduler notwendig.

Temporär statisches Multiplexing, im Gegensatz zu den verbindungslosen Verfahren, erzeugt zusätzliche Verzögerungen. Räumliches Multiplexing hingegen nutzt Lücken in anderen Multiplexing-Strömen zum Senden von Daten aus. Für normale Datenströme ist dies in Ordnung; allerdings nicht für Echtzeitverkehr, da die Verzögerungen nicht konstant gehalten werden können!

Datenraten-basiertes Scheduling kann minimale Datenratengarantien anbieten. Aber es sind keine echten Garantien möglich (kein Input, kein Service). Der Scheduler arbeitet dabei als „Sperrhebel“ (Limitierer) für die anderen Datenflüsse. Protokolle, die dies umsetzen wollen sind IntServ, DiffServ, MPLS, RSVP und RTP. Anwendungen dafür wären VoIP, VPNs und verschachtelte Sprache.

Der Ansatz IntServ basiert auf einem Scheduler innerhalb des Netzes. Ein Policer (Marker) am Eingangsbereich des Netzes ist ebenfalls vorhanden, um dem Datenverkehr Priorisierungen zuzuweisen. Es ist weiterhin eine durchgängige Datenfluss-basierte Ressourcenreservierung vorhanden. Das beinhaltet ein per-Flow Queueing. Dies hat Skalierungsprobleme in größeren Netzen zur Folge.

Der Ansatz DiffServ hingegen besitzt ein Queueing am Eingang des Netzes. Bei DiffServ wird am Netzeingang markiert und am Ausgang in Richtung des Empfängers weitergeleitet. Es wird sich dabei nicht um den Dienst oder eine Ende-zu-Ende-Verbindung gekümmert. Dadurch sind keine Statusinformationen erhältlich. Abschließend wird eine Zusammenfassung gleichartiger Verkehrsströme vorgenommen. Dies beinhaltet aber auch wieder keine expliziten Zusagen zu einzelnen Sitzungen.

Eine Verbesserung zur Erreichung einer wirklichen Dienstgüte stellen Ansätze zum Multiservice IP Network dar, welche mit einer Kombination der Ansätze DiffServ und MPLS arbeiten. Hier werden die Ressourcen am Netzwerkeingang erkannt wie die Parameter Bandbreite, Datenrate, Speicherpuffer an verschiedenen Netzwerkelementen etc. Dies erfordert eine Dimensionierungsmethode für die Applikationen.

An dem Institut Royal Melbourne Institute of Technology in Australien ist eine solche Dimensionierungsmethode gefunden worden, um den Jitter zu verringern, den Mittelwert der

Verzögerung zu verringern bzw. den Delay konstant zu halten. Die Lösung beinhaltet einen optimalen End-to-end QoS durch das Aufteilen in lokale QoS-Merkmale. Das Weighted Fair Queueing (WFQ) Scheduling reduzierte dann anschließend das Problem der Dimensionierung. Lokale Verzögerungsbeschränkungen ließen sich auf die End-to-end Verzögerung ebenfalls anwenden. [4] [11]

### 3.4 Qualitätsgarantien in mobilen Netzen

Etwas anders sieht die QoS-Bereitstellung in mobilen Netzen aus. Gerade UMTS mit seinem neuen Ansatz in der Release 5 zukünftig IPv6 auf der Schicht 3 anzubieten, zur Vereinfachung des Interworking unterschiedlicher Technologien und Schnittstellen, muss eine garantierte Dienstgüte bieten. Europäische Forschungsprojekte beschäftigen sich aktuell mit dieser Fragestellung, in denen auch Carrier und Provider dieser neuen Mobilfunktechnologie involviert sind.

Dabei ist die Anforderung an UMTS, dass die Transporttechnologie verschiedene QoS-Parameter mit multiplen Verkehrsklassen anbieten muss. Da UMTS in ein gemeinsames Netz überführt wird<sup>4</sup> ist eine Qualitätsgarantie der angebotenen Services absolut erforderlich.

In der Release '99 und Release 4 wurde noch ATM als alleinige Transporttechnologie eingesetzt. Dies wird sich nach der Release 5 wie erwähnt ändern. Allerdings wird ATM heute meistens als Layer-2-Technologie eingesetzt, um jetzt bereits UMTS anbieten und auch eine geeignete Plattform anbieten zu können.

UMTS selbst definiert unterschiedliche QoS-Serviceklassen für die jeweiligen Dienste:

- a. Gesprächsweise
- b. Streaming
- c. Interaktiv
- d. Background

Dabei basiert die Netzwerkimplementierung heute auf Circuit Switching, weshalb QoS relativ leicht zu realisieren ist. Dies soll sich in der Zukunft in Richtung Packet Switching ändern. In den derzeitigen Forschungsprojekten in Europa wird allerdings immer Circuit Switching für die Sprache verwendet, um die Qualitätsgarantien aussprechen zu können. Dies bedeutet, dass man auch in UMTS kein einzelnes Netz im ersten Schritt realisieren möchte.

QoS-Parameter können in verschiedenen Bereichen des UMTS-Netzes realisiert werden:

- a. Radio Bearer Service
- b.  $I_u$  Bearer Service
- c. Core Network Bearer Service
- d. QoS-Verhandlungen durch den Endteilnehmer

Dabei wird der Ansatz DiffServ bei der Schnittstelle  $I_u$  genutzt, um das Mapping zwischen QoS-Dienstklassen in das Feld DSCP (Assured Forwarding – AF) für reinen IP-Verkehr vornehmen zu können. Die Dienstkategorien beinhalten dabei Applikationen mit gemeinsa-

---

<sup>4</sup> anders als dies heute bei GSM und GPRS der Fall ist

men QoS-Anforderungen. Zukünftig werden die Anwendungen zusätzlich in der Lage sein, Anfragen und Modifikationen der angeforderten QoS-Profile vorzunehmen.

### 3.5 Multi-Protocol Label Switching (MPLS)

Die Kombination von DiffServ und MPLS wird auch für UMTS enorm wichtig werden. MPLS wird unter Verwendung von Label Switching für die „Schaltung“ virtueller Pfade durch das Internet eingesetzt werden, während DiffServ zur Unterscheidung der Dienste benötigt wird. Deshalb ist es ein Ziel DiffServ in MPLS einzubetten, zumal DiffServ auch mehr Unterscheidungsklassen anbieten.

Die Kennzeichnung des Feldes DSCP in MPLS kann unterschiedlich erfolgen:

- a. EXP-Feld im Label Header
- b. Label Value Indication

Die unterschiedlichen Bezeichnungen und Funktionalitäten der Edge und Core Router bei MPLS und DiffServ machen diese Aufgabe allerdings nicht trivial. Eine Möglichkeit wäre die Einführung eines Overlay-Modells, welches die Bandbreite eines Link Switching Path (LSP) durch MPLS garantiert. Dies beinhaltet ein verteiltes System durch QoS-Agenten. Die Agenten senden dabei Flow Requests, welche Informationen der Dienstklasse und angeforderten Bandbreite bereithalten. Ein LSP wird als ein Virtual Link zusammengefasst zwischen zwei Edge-Routern.

MPLS hat das Potenzial die Skalierbarkeitsprobleme des Internet zu lösen. Allerdings beinhaltet MPLS den Einsatz neuer Signalisierungsprotokolle. Man könnte aber auch bestehende Routing-Protokolle stärker einbinden wie z.B. OSPF. OSPF ist einfach und leicht upzudaten, wenn Verbindungen fehlschlagen. Allerdings ist OSPF nicht ganz so flexibel wie MPLS.

Eine Verbesserung des Forwarding des Verkehrs und falls notwendig das Aufteilen des Verkehrs an verschiedenen Knotenpunkten führt allerdings zu einer hohen Performance und Effektivität bei OSPF. Dabei werden Datenflüsse aufgeteilt, aber nicht zusammenhängende Microflows. Die Verkehrsverhältnisse an den Knotenpunkten müssen dafür geändert werden, bevor eine Änderung des Gewichts vorgenommen werden kann. OSPF-Gewichte zu nutzen ist dabei einfacher zur Verwendung von Traffic Engineering (TE), als MPLS zu nutzen. Die Grundidee ist die, dass man dabei so wenig wie möglich am Netz verändern muss.

### 3.6 Zuweisung von Flows

Die Zuweisung der Flows wird pro Netzdomain durch so genannte Bandwidth Broker (BB) ermöglicht. Jeder Knoten tauscht und verwaltet dabei Netzwerkinformationen und muss diese mit anderen BBs teilen. Die durchschnittliche Paketverzögerung ist bei herkömmlichen IETF-Standards dabei relativ groß, um die Information vom Sender zum Empfänger zu transportieren. Der Vorteil liegt allerdings in der geringeren Komplexität. Das Per-Hop Behaviour (PHB) kommt nur noch an den Edge-Routern zum Tragen und die Kern-Router müssen nicht modifiziert werden.

Eine solche Lösung ist einfach in der Implementierung. Die Scheduler werden in den Kern-Router ebenfalls vereinfacht. Allerdings kann keine bessere Dienstunterscheidung geliefert werden, als bei herkömmlichen Schemas. Es werden aber unterschiedliche Dienststufen-

schaften von DiffServ verwendet. Bandwidth Broker (BB) und DiffServ sind die einzigen Möglichkeiten zur Nutzung von QoS über verbindungslose Dienste. Das Best-effort-Modell hat sich heute überholt, da jeder Benutzer gleich gut/schlecht behandelt wird, was in professionellen Netzen auch nicht der Fall ist.

DiffServ verliert in jedem Fall die End-to-end Verbindung und ist daher alleine nicht ausreichend. Ein Call Admission Control (CAC) wird nicht Ende-zu-Ende verwendet. BB verwaltet daher aggregierte Datenflüsse. Der Edge-Router nimmt die Admission Control vor. Jede DiffServ-Domain beinhaltet einen BB. Eine minimale Bandbreitenreservierung für jede Verkehrsklasse ist notwendig. Die Ende-zu-Ende Signalisierung wird wieder durch die BBs möglich.

Von der Universität Sydney in Australien wurde ein Simulator in Java entwickelt, zum Test unterschiedlicher BBs in einem Netz. Dabei kam man zu dem Ergebnis, dass eine Ende-zu-Ende Signalisierung sehr langsam ist. Es muss also eine Immediate Response Signalisierung unbedingt zum Einsatz kommen, die ein hierarchisches BB unterstützt.

Eine Signalisierung muss dabei in beide Richtungen (bidirektional) erfolgen. SLS-Anfragen zwischen den ISPs sind aber immer noch unidirektional. Vorzuweisungen von QoS-Parametern sind möglich, wodurch ein schnelleres Feedback ermöglicht wird für die End-to-end-Bandbreite. Zusätzlich muss ein intelligentes Auffinden von Routen über Domains, welche unterschiedlichen QoS anbieten, stattfinden.

Die Robustheit des BB-Einsatzes ist in Tests als ausreichend bezeichnet worden. Bei Fehlschlag einer Aufbau-Prozedur wird die Verbindung neu aufgesetzt, was allerdings mehrere Minuten dauern kann. Ein Entfernen aller Reservierungen eines fehlerhaften BB bedeutet ebenfalls eine große Zeitverzögerung, da dies einen kompletten Neuaufsatz der Datenbank beinhalten würde.

Zusammenfassend wird eine Minimum-Bandbreite für jede QoS-Klasse benötigt. Die Best-effort-Klasse sollte nur für ungenutzte Bandbreite verwendet werden. Die BBs müssen hierarchisch aufgebaut sein, um die beste Route in einer vertretbaren Zeit finden zu können. Vorzuweisungen von QoS-Anfragen sind notwendig. Bi-direktionale Verbindungen müssen zukünftig aufgesetzt werden. Auch die Robustheit kann durchaus verbessert werden.

### **3.7 Service Level Agreement (SLA)**

Wenn QoS-Merkmale erst einmal implementiert sind, muss es auch eine Möglichkeit des Monitoring geben, damit die Parameter überprüft werden können. Dies wird durch Service Level Agreements umgesetzt, die eine detaillierte Beschreibung des Dienstes und der erwarteten Qualität liefern. Hier werden demnach die Anforderungen des Teilnehmers beschrieben.

QoS-Monitoring ist aus folgenden Gründen wichtig zu implementieren:

- a. Tracking des QoS
- b. Vergleichen des Monitored QoS gegen den zu erwartenden QoS
- c. Erkennen eines möglichen Herunterschraubens von QoS-Klassen

Die Anforderungen des SLA-Monitoring sind hingegen:

- a. Unterschiedliche User Level
- b. Definitionen verschiedener Interfaces

c. Unterschiedliche Verkehrsarten

Dabei kann das Monitoring durchaus als eigener Dienst (Meta-Service) erkannt werden. Der Parameter Service Level Indication (SLI), welcher ein integraler Bestandteil der SLA ist, enthält dabei Monitoring-Informationen mit verschiedenen Abstraktionsebenen:

- a. Access Mediator
- b. Service Mediator
- c. Monitoring Mediator

Jeder Service Mediator ist dabei dafür verantwortlich, dass die vereinbarten SLAs eingehalten werden. Ein Policy-basiertes Management ist ebenfalls einzubauen und kann durch SLI mit umgesetzt werden. Die Skalierbarkeit wird dabei durch Zusammenfassung gleichartiger Datenströme erreicht, wie im DiffServ-Ansatz. Eine detaillierte Datensammlung wird dabei nicht kontinuierlich, sondern nach Bedarf durchgeführt. Der Traffic bzw. die Netzwerkumgebung kann dabei detailliert durch Messparameter beschrieben werden (z.B. VPN) und kann folgende Parameter enthalten:

- a. Gültigkeitsbereich durch Angabe der IP-Adressen
- b. Flussbeschreibung
- c. Verkehrsbedingungen
- d. Verzögerungsgarantie
- e. Paketverlustgarantie
- f. Service Scheduling
- g. Verfügbarkeit
- h. Überschussbehandlung von Datenverkehr
- i. Optionen wie Authentifizierung, Verschlüsselung

## 4 Mobile Netze

### 4.1 Universal Mobile Telecommunication Service (UMTS)

Mit dem Begriff „Mobile Netzwerke“ wird speziell UMTS stark in Einklang gebracht. UMTS besitzt momentan aber einige Startschwierigkeiten, sodass neben den hohen Kosten auch die relativ geringe Datenrate negativ ins Gewicht fällt. Hinzu kommt die schlechte Abdeckung, die abhängig ist von der Datenrate sein wird.

Unterscheiden muss man deshalb die folgenden UMTS-Netze:

- a. UMTS 1 (3G):  $< 384$  kBit/s; Abdeckung:  $1 \text{ km}^2$
- b. UMTS 2 (3G):  $< 2$  MBit/s; Abdeckung:  $0,1 \text{ km}^2$
- c. UMTS 3 (4G):  $< 20$  MBit/s; Abdeckung:  $0,01 \text{ km}^2$  (nicht realistisch)

Während UMTS 1 im Jahr 2003 erstmals umgesetzt werden soll, wird es noch länger andauern bis Datenraten von bis zu 2 MBit/s bei UMTS möglich sind. Auch die Bezeichnung 3G ist nicht mehr fest definiert und bezeichnet heute durchaus auch den Einsatz zusätzli-

cher Technologien wie WLAN im Access-Bereich<sup>5</sup>. Neben den Technologien werden auch die Services von UMTS stark diskutiert wie die Abbildung 5 zeigt.

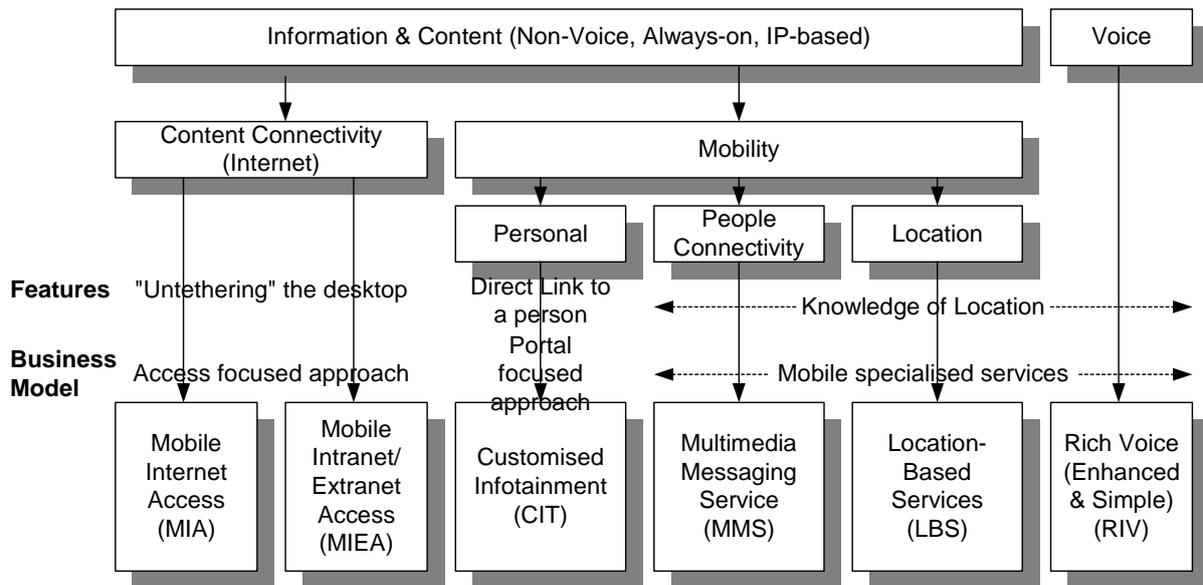


Abbildung 5: Geschäftsmodelle von UMTS

Diese verfügbaren Bandbreiten stehen stark im Gegensatz zu den Festnetzkapazitäten. Der Teilnehmer möchte sich aber zukünftig transparent durch unterschiedliche Netze bewegen, ohne Qualitätsverluste. Hier klafft aber momentan ein großer Unterschied zwischen Fest- und Mobilfunknetzen. Im Access-Bereich der Festnetze werden ebenfalls immer höhere Bandbreiten eingesetzt, wodurch im Kernnetz höhere Kapazitäten notwendig werden:

- a. ADSL von 0,4 (Upstream) bis 5 MBit/s (Downstream)
- b. Cable Modem bis 2 MBit/s
- c. VDSL von 2 (Upstream) bis 10 MBit/s

Dadurch wird eine hohe Verteilung hoher Bandbreite über bewohnte Bereiche (speziell in Ballungsgebieten) erreicht. Dadurch müssen aber auch die Mobile Base Stations (MBS) mit Glasfaser ausgestattet werden, was höhere Kosten beinhaltet beim Aufbau von UMTS-Netzen. Weiterhin sind viele Gateways notwendig, um von einer Hausabdeckung in eine andere zu gelangen.

## 4.2 Wireless LAN (WLAN)

WLANs sind allerdings auch nicht ohne negative Eigenschaften. Die Bandbreite kann heute zwischen 25-30 MBit/s bei einem Radius von 30 m betragen. Diese kann sich aber stark verringern, je mehr Teilnehmer im Netz sind oder sich die Entfernungen zum MBS verändert. Hinzu kommt, dass man sich wieder in einem Shared Media befindet und die zur Verfügung stehende Bandbreite mit allen Usern teilen muss.

Bei UMTS ist noch eine Reihe von offenen Fragen vorhanden, die noch gelöst werden müssen:

- a. Wie kann der QoS weitergereicht werden zwischen verschiedenen Netzen?

<sup>5</sup> wird in der 3GPP in der Release 6 diskutiert

- b. Mobility Aspekte: Nomadic oder kontinuierliche Mobilität?
- c. Wie kann Sicherheit Ende-zu-Ende und Teilnehmerbezogen realisiert werden?
- d. Roaming-Abkommen zwischen verschiedenen Netzwerkkoperatoren?
- e. Wie sollen die unterschiedlichen Endgeräte behandelt werden?
- f. Gibt es Interferenzen (gegenseitige Beeinflussung) zwischen verschiedenen MBS

Aber auch die WLAN-Technologie entwickelt sich kontinuierlich weiter und wirft eine Reihe von offenen Punkten auf. Im aktuellen Standard sind 11 MBit/s definiert, wovon aber nur ca. 6 MBit/s pro Access Point real genutzt werden können. WLAN-Netze sind entwickelt worden für eine große Anzahl von Teilnehmern, kleine Hot-Spots und bandbreitenhungrige Applikationen. Bei zunehmender Anzahl der Teilnehmer verringert sich die Leistungsfähigkeit dabei natürlich.

Die WLAN-Technologie beinhaltet 11 Kanäle. Drei von den 11 Kanälen überlappen sich nicht<sup>6</sup>. Das Zugriffsverfahren basiert auf Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA/CA). Die Stationen teilen ihre Kapazität mit anderen Stationen, die sie sehen können. Der Frequenzbereich liegt bei 2,4 GHz; ist aber ungeschützt. Die Sendeleistung beträgt 1mW bis zu 100mW<sup>7</sup>. Die theoretischen Datenraten betragen 1, 2, 5.5 oder 11 MBit/s. Damit hat eine einzelne Zelle eine Kapazität von bis zu 65% (7 MBit/s). Der einzelne Teilnehmer bekommt im Durchschnitt eine Kapazität von ca. 230 kBit/s angeboten.

Die Probleme, die bei WLAN-Technologie auftauchen sind:

- a. **Versteckte Terminals:** Wenn zwei Teilnehmer gleichzeitig übertragen, kommt es zu Kollisionen und dadurch zu einer signifikanten Kapazitätsreduktionen
- b. **Ungeschützte Terminals:** Stationen verschwenden Gelegenheiten, um Daten zu senden, da sie sich gegenseitig nicht hören/sehen
- c. **Viele Faktoren beeinflussen negativ den abgedeckten Bereich:** Wände, Leute, WLAN-Parameter, Möbel etc.

Um ein WLAN zu bauen, welches eine gleichermaßen hohe Abdeckung bieten soll, sind unterschiedliche Überlappungen der Zellen einzuplanen. Der Kapazitätsgewinn hängt dabei sehr stark vom Zellenlayout ab. Wenn man das Design beim Aufbau nicht berücksichtigt, kann die Kapazität des WLANs dramatisch nach unten gehen!

### 4.3 Mobile IP

Die IETF sieht das mobile Netz natürlich aus der Sicht des Internet-Protokolls. Dabei spielt die Spezifikationen Mobile IP, insbesondere die Version für IPv6 eine tragende Rolle, um zwischen unterschiedlichen Netzen eine unterbrechungsfreie Kommunikation gewährleisten zu können, wie Abbildung 6 verdeutlicht. IPv6 wird aus unterschiedlichen Gründen enorm wichtig werden für das Internet. Dies ist zum einen der Adressenraum, welcher statt 32 dann 128 Bit betragen wird. Zum anderen sind Sicherheitsmechanismen ein integraler Bestandteil, wie dies bereits durch IPsec bekannt wurde. Hinzu kommt die Routen-Optimierung, welche Forward (Einbindung der Caches in den Hosts) und Reverse (Home

---

<sup>6</sup> Kanäle 1, 6 und 11

<sup>7</sup> 30mW wird normalerweise eingesetzt

Address Option) beinhaltet und für wesentlich kleinere Routing-Tabellen führen könnte. Zusätzlich ist Autokonfiguration vorgesehen und Inter-Network Handovers sind ein Bestandteil, die die Integration von WLANs und UMTS ermöglichen und die Verbindungszuverlässigkeit erhöhen. Ebenfalls unterstützt IPv6 Handover-Limitierungen wie Bewegungserkennung, Adressenkonfiguration und Bindungsweitergabe.

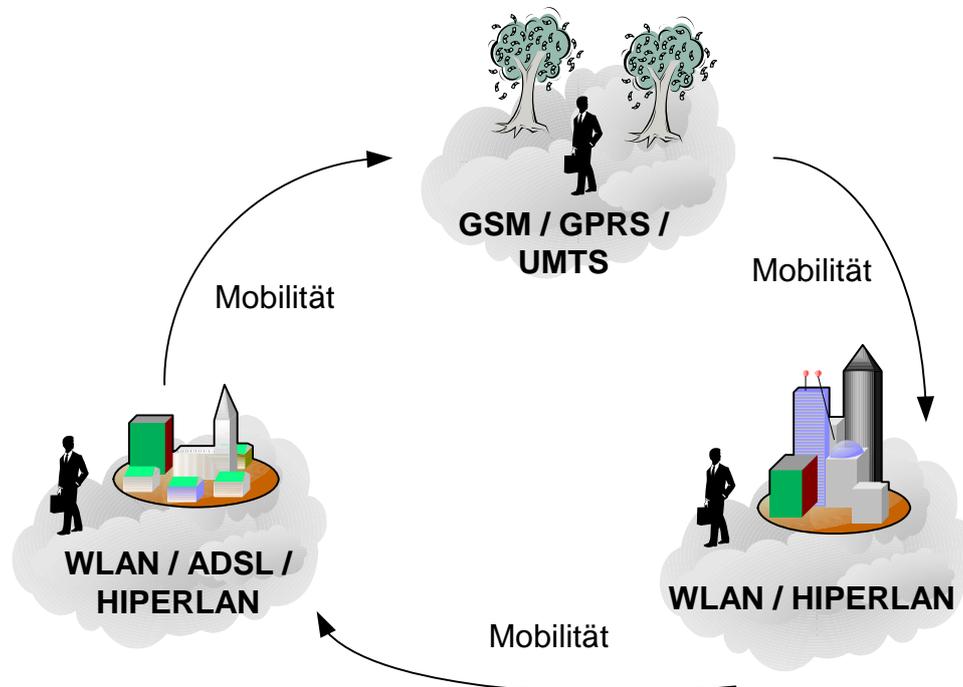


Abbildung 6: Zusammenspiel der unterschiedlichen Access-Technologien

Der IETF Draft „Hierarchical Mobile IPv6“ (HMIPv6) liefert einen Mobility Anchor Point (MAP) in Access-Netzwerken. Der Mobilknoten hat eine Regional Care of Address (RCoA) am MAP. Durch Link Care of Address (LCoA) werden Frequenzänderungen zu RCoA und MAP weitergeleitet. MAPs können dabei in verschiedenen Levels des Access Networks existieren.

Man kann zwei verschiedene Modi unterscheiden:

**1. Basic Mode:**

- a. Ein RCoA pro Mobilknoten
- b. Pakete werden getunnelt (IP in IP)

**2. Extended Mode:**

- a. Ein RCoA per MAP
- b. Pakete verwenden Routing Header
- c. Security-Inkompatibilitäten mit IPsec entstehen

Die Änderungen bzw. Verbesserungen gegenüber Mobile IPv6 sind:

- a. **Mobility Anchor Point Function:** ähnlich zum Home Agent, zusätzliche Advertising Packets
- b. **Access Router:** Forwarding MAP Advertisements
- c. **Mobile Node:** erkennen von MAPs und auswählen, LCoA zu MAP, Binding RCoA zum Home Agent und Correspondent Nodes

Die Neighbour Advertisements benötigen allerdings noch bis zu 500 ms, was Tests ergaben. Dies ist für Echtzeitapplikationen viel zu lang. Alle Forschungsprojekte sind sich allerdings einige darüber, dass Mobile IPv6 (MIPv6) ein Kernschritt für Internet Mobility sein wird. Aus diesem Grund werden auch alle Entwicklungsschritte auf diese Spezifikationen fokussiert. Die Handover-Performance bleibt aber eine signifikante Limitierung des Gesamtsystems. Aber auch hier gibt es aktuelle Projekte<sup>8</sup> die diese Thematik untersuchen und verbessern.

Aus Sicht der IETF kann man Mobilszenarien auch in verschiedene Bereiche wie folgt unterteilen:

- a. **Host Mobility:** unterschiedliche Endgeräte
- b. **Network Mobility:** komplettes Netz ist mobil angebunden – wie z.B. Verbindung im Zug
- c. **Ad-hoc Networks:** unabhängiges, dynamisches, mobiles Netz

Dies ergibt allerdings Authentifizierungsprobleme bei Neuanschlüssen zum Netzwerk, da mobile Knoten nicht zum eigentlichen Festnetz gehören. Besonders IPsec hat hier Probleme, da auch oftmals dynamische IP-Adressen verwendet werden. Eine Lösung ist die Verwendung von Cookies. Dadurch kann ein Pre-Shared Secret ausgetauscht werden. Die Realisierungen können allerdings extrem komplex werden, da diverse Bindings durch das Netz hin- und zurücktransportiert werden müssen. Fehlende Funktionalitäten sind bislang Adresskonfiguration und Bewegungserkennung.

Die Spezifikationen von MIPv6 liegen bislang in der Version 18 vor. Ein gemeinsamer Standard hat sich bislang nicht herauskristallisiert. Die Network Mobility Working Group wird sich aber nur noch auf IPv6 beziehen, da dieser Ansatz skalierbarer erscheint, als MIPv4.

Im IPv6-Umfeld werden heute Tools wie vic, rat, Whiteboard, Secure Store, SIP und VoIP eingesetzt. Ebenfalls werden Transcoding und SIP-H.323 Gateways entwickelt. 60 Mio. Euro sind von der EU für die Einführung von IPv6 eingeplant worden.

Im europäischen Forschungsumfeld gibt es mehrere Projekte, die sich mit IPv6 und MIPv6 beschäftigen. Ein herausragendes ist das 6WINIT-Projekt<sup>9</sup>, welches das Zusammenspiel zwischen WLAN und UMTS betrachtet und eigene Testbeds aufgesetzt hat. Dabei wird IPv6 soweit wie möglich verwendet. Ebenfalls Location-based Services sind ein wichtiger Bestandteil, die im medizinischen Umfeld getestet werden. Ein anderes Projekt ist MIND<sup>10</sup>, welches einen ähnlichen Fokus besitzt, aber detaillierter auf die Handover-Mechanismen von MIB eingeht.

---

<sup>8</sup> NOMAD, IST-2001-33292, <http://www.ist-nomad.org>

<sup>9</sup> <http://www.6winit.org>

<sup>10</sup> <http://www.ist-mind.org>

## 5 Zusammenfassung

Folgende Trends lassen sich heute ausmachen, wenn man sich mit NGN beschäftigt:

- a. **Ausrichtung von IP wird stärker in Richtung Mobilität gehen:** Das IP-Protokoll muss in der Lage sein Netze wie UMTS und GSM/GPRS gleichermaßen gut zu unterstützen. Hinzu kommt die Ausrichtung auf Dienste, die einen Mehrwert für den Benutzer bieten müssen. Aus diesem Grund hat das Telekommunikationsunternehmen Telstra seinen Standard Online Operating Environment (OOE) vorgestellt, welches es ermöglichen soll einheitliche Software entwickeln zu können, die auf unterschiedlichste Endgeräte anpassbar ist.
- b. **IPv6 ist immer notwendiger für das Internet:** nicht nur die Adressenknappheit bereiten derzeitigen Betreibern Probleme. Auch das Routing wird immer ineffizienter, da bereits wieder Routing-Tabellen von bis zu 70.000 Einträgen existieren. Die Umsetzung von IPv6 muss kommen, wird aber aus Know-how- und Kosten-Gründen von allen Unternehmen/Carriern verschleppt!
- c. **QoS muss Bestandteil des Internet werden:** eine garantierte Qualität wird versucht in Kombination mit MPLS und DiffServ zu erreichen. Bislang scheitern Implementierungen aber an der Heterogenität, Skalierbarkeit und der Komplexität. Aus diesem Grund sind auch Lösungen entwickelt worden, um virtuelle Pfade ohne diese Ansätze umzusetzen für einfachere Implementierungen (z.B. Virtual Wire Ansatz der Western Australia University).
- d. **IP wird stärker zum Schnittstellenprotokoll:** es wird in der Entwicklung neuer Protokolle auch weiter an anderen Lösungen als IP gearbeitet. In bestimmten Umgebungen ist IP einfach zu ineffizient und wird von neuen Protokollen verdrängt werden, so die Meinung von einigen Universitäten und Telekommunikationsfirmen in Europa und Asien. Es wird aber enorm wichtig bleiben im Bereich der Schnittstellenkonvergenz.
- e. **Dienste müssen auch unabhängig vom Provider angeboten werden können:** ein wichtiger Trend geht in Richtung Peer-to-Peer-Kommunikation, was durch echte IP-Adressen in IPv6-Netzen beispielsweise möglich wäre. Ziel ist es in einigen europäischen Forschungsprojekten (wie NGNI und NOMAD) nahtlose Dienstkommunikation zu entwickeln, sodass man sich unabhängig vom Provider in verschiedenen Trägernetzen bewegen kann. Der Dienst wandert sozusagen dem Anwender hinterher. Dies wird aber natürlich von den Providern nicht ungeteilt befürwortet.

In zukünftigen UMTS-Netzen will man IPv6 als Basisprotokoll auf Schicht 3 etablieren. Gerade hier ist man aufgrund der Kosten eines solchen Netzes bestrebt die Konvergenz voranzutreiben, um Kosten einzusparen. Ebenfalls wird man im Access-Umfeld Wireless LAN (WLAN) zur Erhöhung der Performance einsetzen. Allerdings ist man hier in heutigen Forschungsprojekten in Europa sehr vorsichtig: reine Daten werden in ersten UMTS-Netzen zwar bereits über IPv6 vermittelt, während allerdings Sprachdienste weiterhin über verbindungsorientierte TDM-Techniken mittels ATM übertragen werden!

Es verschiedenste Lösungen zur Weiterentwicklung des Internet bis hin zu einer Echtzeitplattform. Diese gehen aber alle von einem Fall aus: ein bestehendes Best-effort Netz zu verbessern, ohne Einbeziehung von anderen bereits vorhandenen Lösungen! Ein großes Ziel muss es aber sein, alle Lösungen zu bündeln und miteinander zu etablieren. Dies wird aber weltweit entweder gar nicht oder bislang noch unzureichend unternommen.

## 6 Literatur

- [1] **Atov, Harris:** Dimensioning Method for Multiservice IP Networks to Satisfy Delay QoS Constraints; Royal Melbourne Institute of Technology; Interworking 2002; IFIP Converged Networking Conference: Data and Real-time Communications over IP; Perth/Australia 2002
- [2] **Costa-Requena, Olias, Kantola, Beijar:** Autoconfiguration mechanism for IP Telephony Location Servers; Helsinki University of Technology; Interworking 2002; IFIP Converged Networking Conference: Data and Real-time Communications over IP; Perth/Australia 2002
- [3] **Detken, Fikouras, Phillipopoulos:** Service Discovery Integrated Network Platform; Interworking 2002; IFIP Converged Networking Conference: Data and Real-time Communications over IP; Perth/Australia 2002
- [4] **Detken:** Echtzeitplattformen für das Internet - Grundlagen, Lösungsansätze der sicheren Kommunikation mit QoS und VoIP; ISBN 3-8273-1914-5; Addison-Wesley Verlag; München 2002
- [5] **Detken:** Integrated Network Platform (INP) for Next Generation Networks (NGN); EURESCOM Summit 2002; Powerful Networks for Profitable Services; VDE Verlag GmbH; ISBN 3-8007-2727-7; Berlin 2002
- [6] **Gordon, Dadej:** Design of High Capacity Wireless LANs Based on 802.11b Technology; University of South Australia; Interworking 2002; IFIP Converged Networking Conference: Data and Real-time Communications over IP; Perth/Australia 2002
- [7] **Ji, Arvanitis, Flowers:** A Simple Pricing Scheme for DiffServ Networks; University of Birmingham; Interworking 2002; IFIP Converged Networking Conference: Data and Real-time Communications over IP; Perth/Australia 2002
- [8] **Kim, Seok, Kim, Kang:** A Simplified QoS scheme using Virtual Link in MPLS based backbone network; Korea University; Interworking 2002; IFIP Converged Networking Conference: Data and Real-time Communications over IP; Perth/Australia 2002
- [9] **Kist, Harris:** SIP Signalling Delay in 3GPP; RMIT University; Interworking 2002; IFIP Converged Networking Conference: Data and Real-time Communications over IP; Perth/Australia 2002
- [10] **Lang, Floreani, Dadej:** TCP throughput over links with high Bit Error Rate; Interworking 2002; IFIP Converged Networking Conference: Data and Real-time Communications over IP; Perth/Australia 2002
- [11] **Lau, Mercankosk:** Real-Time Signal Transfer over IP Networks; University of South Australia; Interworking 2002; IFIP Converged Networking Conference: Data and Real-time Communications over IP; Perth/Australia 2002
- [12] **Mercankosk, Siliquini:** The "Virtual Wire" Per Domain Behaviour Analysis and Extensions; The University of Western Australia; Interworking 2002; IFIP Converged Networking Conference: Data and Real-time Communications over IP; Perth/Australia 2002
- [13] **Stollenmayer:** Next Generation Networks Roadmap 2002; NGNI 2002