

## Dienstqualitätsunterstützung für Audio- und Videodienste im Internet



Dr.-Ing. Georg Carle studierte Elektrotechnik an der Universität Stuttgart und promovierte an der Universität Karlsruhe. Postdoktorandenstipendium der EU am Institut Eurecom, Sophia Antipolis, Frankreich. Seit Okt. 1997 ist er am GMD Institut FOKUS in Berlin beschäftigt und Lehrbeauftragter an der TU Berlin. Seine Arbeitsschwerpunkte beinhalten Protokollmechanismen für Multicast-Kommunikation und Internet Tarifierung und Accounting.



Dipl.-Ing. Henning Sanneck studierte Elektrotechnik an der Universität Erlangen-Nürnberg. Seit 1995 ist er am GMD Institut FOKUS beschäftigt. Seine Arbeitsschwerpunkte beinhalten Mechanismen zur Qualitätskontrolle für Audiokommunikation im Internet, IP-Switching, RSVP sowie Multicast-Protokollmechanismen für IP und ATM.



Dipl.-Ing. Dorgham Sisalem studierte Elektrotechnik an der Technischen Universität Berlin. Seit 1995 ist er am GMD Institut FOKUS beschäftigt. Seine Arbeitsschwerpunkte beinhalten Qualitätskontrolle für multimediale Kommunikation, IP-Telefonie, Verkehrskontrolle im Internet und ATM sowie multimediale Applikationen.



Ass. Prof. Dr. Mikhail Smirnov studierte und promovierte an der St. Petersburg State Electrotechnical University. Ab 1987 lehrte er dort als Associate Professor. Seit 1994 ist er am GMD Institut FOKUS tätig. Er ist Lehrbeauftragter an der TU Berlin. Seine Arbeitsschwerpunkte beinhalten Multicast Routing, IP Multicast über ATM sowie Multicastunterstützung für CORBA.



Prof. Dr.-Ing. Adam Wolisz, Ordinarius für Telekommunikationsnetze an der Technischen Universität Berlin, ist gleichzeitig Leiter des Fachbereichs System Engineering und Performance Analyse bei GMD FOKUS. Arbeitsschwerpunkte sind Architekturen und Protokolle zur Unterstützung der Multimedia-Kommunikation und Mobilkommunikation.



Dipl.-Ing. Tanja Zseby studierte Elektrotechnik an der Technischen Universität Berlin und arbeitet seit 1997 als Wissenschaftlerin am GMD Institut FOKUS. Ihre Arbeitsschwerpunkte sind IP Multicast über ATM und Internet Accounting.

### Kurzfassung

*Um Audio- und Videodienste im Internet auf effiziente Weise und mit der gewünschten Qualität erbringen zu können, sind unterstützende Mechanismen in Netzknoten und Endsysteme erforderlich. Dieser Beitrag stellt verschiedene Mechanismen zur Dienstqualitätsunterstützung vor und betrachtet die zur Tarifierung erforderlichen Komponenten für die Erfassung verbrauchter Netzressourcen.*

### 1 Einleitung und Motivation

Mit der Entwicklung des Internets vom reinen Datenübertragungsnetz zum globalen Kommunikationsmedium stellen sich zunehmend die Fragen nach leistungsfähigen Applikationen, höheren Dienstqualitäten, Tarifierung von Internetdiensten sowie der Integration der Internetarchitektur mit neuen Netzwerktechnologien.

Dienstqualitätsanforderungen lassen sich in IP-basierten Netzen auf unterschiedliche Weise berücksichtigen. In den Endsystemen unterstützen Adaptionsmechanismen ein Ressourcensharing zwischen Videoanwendungen und konventionellen Datenanwendungen. Für Sprachanwendungen im Internet erlaubt eine Kombination von Verschleierungsmechanismen auf Anwendungsebene und eine Beeinflussung der Verlustcharakteristik auf Vermittlungsebene eine hohe Sprachqualität mit gutem Ressourcensharing.

Um eine geforderte Dienstqualität zu garantieren sind zusätzliche Mechanismen im Netzwerk erforderlich. Die von der IETF vorgestellte Integrated Services Architektur (IntServ, [RFC1633, RFC2211,2212]) bietet Anwendungen die Möglichkeit, eine gewünschte Dienstqualität durch *das Resource Reservation Protocol* (RSVP) zu signalisieren und in den Routern mit Unterstützung von Modulen für *Scheduling* und *Admission Control* zu realisieren.

Ein alternativer Ansatz, der sich durch sehr gute Skalierbarkeit auszeichnet, ist die *Differentiated Services Architektur* (DiffServ, [NIBI98]). Hierbei lässt sich für einzelne Pakete oder für IP-Ströme eine bestimmte Dienstgütekategorie (*Class of Service*, CoS) auswählen. IP-Pakete werden entsprechend der gewählten Klasse gekennzeichnet. Pakete hoher Priorität werden beim Scheduling gegenüber Paketen niedriger Priorität bevorzugt behandelt.

Zusätzlich lässt sich Dienstqualitätsunterstützung durch verbesserte Kontrolle von Warteschlangen in den Netzknoten erzielen. Hiermit ist es möglich, die Verluste für bestimmte Ströme zu reduzieren oder bei Kenntnis der Anwendungsanforderungen bestimmter Ströme das Verlustverhalten zu manipulieren. Durch die Kombination solcher Mechanismen mit Mechanismen zur Qualitätssicherung in den Endsystemen ist es möglich, auf einfache wie effiziente Weise die Dienstqualität von audiovisuellen Strömen erheblich zu ver-

bessern.

Besonders effektiv lassen sich die Mechanismen der Netzwerkebene einsetzen, wenn die zugrundeliegende Netztechnologie bereits selbst eine Dienstdifferenzierung zuläßt, wie z.B. in ATM-Netzen. Aufgrund der deutlichen Unterschiede zwischen den Dienstmodellen von IP Multicast und von Multicast in ATM-Netzen stellt die Dienstqualitätsunterstützung für IP Multicast über ATM allerdings eine große Herausforderung dar.

Um schließlich einen Anreiz zu schaffen, daß Anwender Netzressourcen nicht unnötig in Anspruch nehmen, sind im Netz neben einer Unterstützung von Dienstqualitäten auch Mechanismen zur Erfassung und Tarifierung der Ressourcennutzung erforderlich.

Abbildung 1 zeigt die unterschiedlichen Schichten, in denen Mechanismen zur Dienstqualitätsunterstützung zum Einsatz kommen. Im Rahmen dieses Beitrags werden die einzelnen Module vorgestellt und die verschiedenen Aspekte der Kommunikation im Internet von der eingesetzten Netzwerktechnologie bis zur Anwendungsebene adressiert..

In Kapitel 2 werden Mechanismen für die Netzwerkebene beschrieben. Die Konzepte des Integrated Services Modell, unterstützt durch RSVP zur Signalisierung und durch eine Zugangskontrolle (Admission Control, AC), und der Differentiated Services können beide durch das in Abschnitt 2.2 beschriebene Predictive Loss Pattern Queue Management (PLP, [SaSi98]) zur Manipulation des Paketverlustverhaltens in den Routern erweitert werden. Zur Reduktion der Verzögerungszeiten durch die Schicht 3 Verarbeitung läßt sich ein Mapping von IP Flows auf ATM Verbindungen einsetzen, das von Multi Protocol Label Switching (MPLS, [CaDF97]) unterstützt wird.

Zusätzliche ATM Shortcuts, mit denen Router gänzlich umgangen werden, erlauben eine weitere Leistungssteigerung. Mit dem in Abschnitt 2.3 vorgestellten Multicast Integration Server (MIS, [CaCS98]) können Shortcut-Verbindungen geschaltet werden. Mit dem integrierten RSVP Server (RSVP-S) läßt sich eine Umsetzung der Schicht 3 QoS-Parameter in ATM-Parameter realisieren. Die Umsetzung von IP Multicast Adressen in ATM Adressen erfolgt über das Easy IP Multicast Routing Through ATM Clouds (EARTH) Protokoll. Der EARTH Server (EARTH-S) ist ebenfalls Bestandteil des MIS.

Mechanismen der Anwendungsebene werden in Kapitel 3 betrachtet. Für Audioströme kann der in Abschnitt 3.1 beschriebene Algorithmus zur Verschleierung von Audiodaten Adaptive Packetization/Concealment (AP/C) angewendet werden. Bei Videoströmen bietet sich ein Einsatz der in Abschnitt 3.2 vorgestellte Algorithmus zur Adaptierung der Senderate an. In Kapitel 4 wird auf die Tarifierung von Internet-Diensten eingegangen. Ein wesentlicher Bestandteil sind hierbei Metering-Komponenten in der Internetworking-Ebene zur Erfassung der Ressourcennutzung.

## 2 Dienstqualitätsunterstützung auf Netzwerkebene

### 2.1 Technologie-Entwicklungen im Internet

Um mit dem schnellen Wachstum des Internets und des zu bewältigenden Datenverkehrs schritthalten zu können, müssen auch in den Netzknoten neue Technologien eingesetzt werden.

Die Einfachheit und die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten des IP-Protokolls führte zu dessen Verbreitung und zum großen Erfolg des Internets. Die Leistungsfähigkeit von IP-Routern erweist sich jedoch als potentieller Engpaß im Internet, da die Schicht-3-Verarbeitung zur Verzögerungen führen kann.

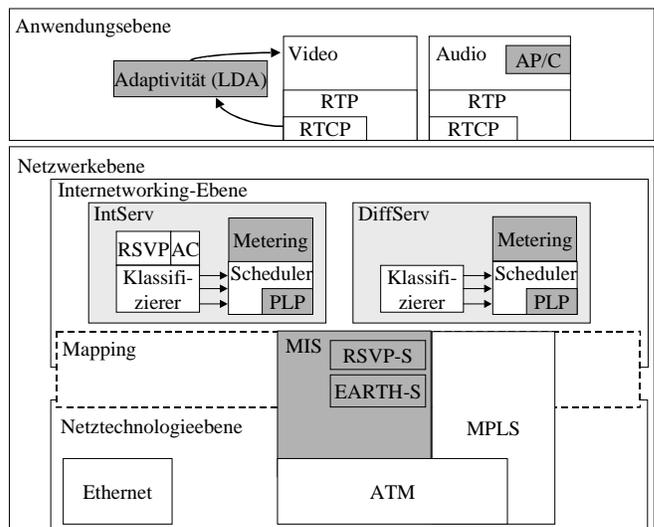


Abbildung 1: Mechanismen zur Dienstqualitätsunterstützung auf Netzwerkebene und auf Anwendungsebene

Leistungsfähige Router sind zwar verfügbar, aber teuer. Demgegenüber ist eine der Stärken der ATM-Technologie die hohe Leistungsfähigkeit ihrer Vermittlungsknoten. Als logische Schlußfolgerung ergibt sich die Kombination der Stärken beider Ansätze. Besonders attraktiv erscheinen Hybrid-Ansätze [AcAO98], die Routing-Funktionalität (Schicht 3) und Switching-Funktionalität (Schicht 2) vereinen (MPLS). Damit kann die Routing-Last an den Netzknoten verringert werden, indem der IP Stack für erkannte Datenströme zeitweise überbrückt wird.

### 2.2 Mechanismen zur Steuerung des Verlustverhaltens in Routern

Ein weiteres Aufgabengebiet entsteht durch die Tatsache, daß die derzeitigen Vorschläge zur Internet-Dienstgüteintegration (RSVP/Integrated Services, [RFC1633]) die spezifischen Eigenschaften von multimedialem Datenströmen nicht ausreichend berücksichtigen.

Insbesondere die Empfindlichkeit gegenüber Paketverlusten innerhalb kurzer Zeitabschnitte (entscheidend für Sprache) wird nicht behandelt. Die wenigen existierenden Ansätze zu diesem Problem wiederum, entwickeln Dienstgütemetriken, die zur (passiven) Zugangskontrolle (Connection Admission Control) verwandt werden und typischerweise nur homogenen Datenverkehr (Voice Multiplexer) berücksichtigen. Unser Ansatz soll jedoch das verbindungslose IP Modell auch für Sprache unterstützen, d.h. Verbindungen, bzw. Konferenzschaltungen ("Sessions") können zu jedem Zeitpunkt begonnen und beendet werden ohne expliziten Verbindungsaufbau und die Konfiguration von Dienstgüteparametern an jedem Knoten zu erfordern. Darüber hinaus strebt unser Konzept eine Berücksichtigung der Heterogenität des Internet Datenverkehrs an.

Wir schlagen deshalb den Einsatz eines aktiven Mechanismus, das Predictive Loss Pattern Queue Management (PLP, [SaSi98]), vor, um das Pakerverhalten innerhalb der Warteschlange eines Internet Routers zu beeinflussen. Dieser soll (im Gegensatz zur Durchsetzung quasistatischer Reservierungen) auf kurze Zeitintervalle bezogen, Datenströme bevorzugen, die zuvor benachteiligt wurden (d.h. Paketverluste erlitten). Das bedeutet, daß die bedingte Wahrscheinlichkeit eines Paketverlustes (neben dem Zustand der Warteschlange) auch von dem Datenstromtyp (Sprache, Video, Daten) sowie seinem bisherigem Verlust-

verhalten abhängt. Dazu wird ein Profil für jeden Typ als Funktion aufeinanderfolgender Paketverluste definiert.

Ein entscheidender Vorteil dieser Methode ist, daß keine besondere Kooperation seitens der Anwendungen außer der Datenstromtypbeschreibung ("payload type" bei RTP [RFC1889]) nötig ist. Jedoch wird ein Anreiz gegeben, adaptive, d.h. gegen isolierte Paketverluste widerstandsfähige, Anwendungen zu entwickeln. Somit kann ein einfacher Internet-Telefoniedienst, ohne explizite Dienstgütekfiguration an jedem Knoten, realisiert werden

### 2.3 IP Multicast über ATM mit QoS Unterstützung

Die effiziente Übertragung von IP-Multicast-Nachrichten über ATM und die Unterstützung des Internet Integrated Services Modells in ATM Netzwerken stellen die wesentlichen Herausforderungen bei der Erweiterung des „Classical IP über ATM“ Konzeptes [RFC1577] dar. Im Rahmen des ACTS Projektes MULTICUBE wurde in der GMD FOKUS eine Architektur entworfen und implementiert, die eine Lösung beider Probleme zum Ziel hat. Den Kern dieser Architektur stellt ein Multicast Integration Server (MIS) dar, der als Verbindungspunkt zwischen Schicht 3 und Schicht 2 Protokollen agiert.

Der MIS setzt sich zusammen aus einem EARTH Server (Schicht 2) [Smir97] für die Umsetzung von IP-Multicast-Adressen in ATM-Adressen und einem RSVP Server (Schicht 3) zur Koordination der Signalisierung von QoS-Verbindungen auf Schicht 3. Die beiden Komponenten kommunizieren ausschließlich innerhalb des MIS miteinander. Der Informationsaustausch zwischen den Schichten dient den folgenden Aufgaben:

- (a) Das ATM Verbindungsmanagement benötigt die auf Schicht 3 signalisierten QoS-Parameter.
- (b) Das Schicht 3 QoS-Signalisierungsprotokoll (RSVP) benötigt Informationen über Erfolg oder Mißerfolg eines ATM Verbindungsaufbaus mit den gewünschten QoS Parametern.
- (c) Das Schicht 3 QoS-Signalisierungsprotokoll (RSVP) benötigt Informationen über die Verbindungen zu den Multicast Gruppenmitgliedern für die Verteilung von RSVP Nachrichten.

Bei der Umsetzung der Schicht 3 QoS-Signalisierung in die ATM Signalisierung ergibt sich eine besondere Schwierigkeit dadurch, daß beim RSVP die Festlegung der QoS Parameter für die Verbindung durch den Empfänger gesteuert wird, während bei der ATM Signalisierung der Sender für den Aufbau der Verbindung und die Angabe der QoS Werte zuständig ist. In der MIS Architektur wird das Problem der Übermittlung von QoS Parametern an den Verbindungsinitiator über den ohnehin stattfindenden Austausch von EARTH Nachrichten zwischen der sendenden Station und dem EARTH Server im MIS realisiert. Die Übertragung von Kontrollinformationen erfolgt separat von der Datenübertragung. Die Nachrichten der beiden Kontrollprotokolle EARTH und RSVP können jedoch über eine gemeinsame ATM Verbindung übertragen werden.

Alle zwischen den sendenden und empfangenden Stationen ausgetauschten RSVP-Nachrichten werden über den RSVP Server geleitet. Wird eine QoS-Verbindung auf Schicht 3 signalisiert, so werden die gewünschten Schicht 3 QoS-Parameter vom RSVP Server in die entsprechenden ATM-QoS-Parameter umgesetzt. Anschließend werden diese Werte dem EARTH Server mitgeteilt. Über das EARTH Protokoll erhält der EARTH Client in der sendenden Station diese Information und kann sie beim Aufbau der Punkt-zu-Punkt-Verbindungen über ATM in die entsprechenden QoS-Parameter umwandeln.

Verbindung erfolgreich aufgebaut werden, so wird dies wiederum über den EARTH Server dem RSVP Server mitgeteilt. Dieses neue Konzept der ferngesteuerten Verbindungsannahmekontrolle wird ausführlich in [SaCS97] beschrieben.

Das verwendete EARTH Protokoll unterstützt neben der Integration von QoS auch das Schalten von Shortcut-Verbindungen für den IP-Multicast-Datentransfer [Smir97]. Für die effiziente Übertragung von IP-Multicast-Nachrichten über ATM wurde eine existierende ATM Treiberimplementierung erweitert [Zseb97]. Die EARTH Pilotimplementierung wird unter anderem zur Übertragung von MBONE-Verkehr im ATM Netz der GMD FOKUS eingesetzt.

Erweiterungen der MIS-Architektur zur Unterstützung von Multicast Routern und zur Integration von Charging und Accounting Informationen befinden sich in Arbeit [CaSZ98].

## 3 Ende-zu-Ende-Qualitätskontrolle

Zusätzlich zu einer Dienstqualitätsunterstützung im Netz spielen Endsystemmechanismen eine wesentliche Rolle, um eine erforderliche Ende-zu-Ende-Qualität für Audio und Video zu erzielen [CaBi97].

Um die unterschiedlichen Anforderungen von Audio- und Videoströmen berücksichtigen zu können, wurden verschiedene Algorithmen zur Qualitätskontrolle untersucht und in der Videokonferenzanwendung MInT<sup>1</sup> implementiert. Damit läßt sich die Effektivität der Mechanismen in realen Testumgebungen untersuchen.

### 3.1 Qualitätskontrolle von Audioströmen

Sprachanwendungsprogramme für das Internet enthalten zur Zeit nur isolierte (d.h. von der eigentlichen Quellencodierung und Paketisierung unabhängige) Mechanismen, um Paketverluste zu behandeln (z.B. Vorwärtsfehlerkorrektur). Der Grund dafür ist, daß die üblichen standardisierten Codecs für hohe Sprachdatenkompression für einen nur schwach verlustbehafteten Kanal konzipiert wurden. Für die Randbedingungen des Internets unter Berücksichtigung des hohen Paketheader-Overheads und der typischen (hohen) Verlustraten sind solche Codecs besser geeignet, die sich durch geringere Kompression und dafür durch eine höhere Widerstandsfähigkeit gegenüber Verlusten auszeichnen.

Bei GMD FOKUS wurde deshalb der „Adaptive Packetization/Concealment“ (AP/C, [Sane98a]) Algorithmus entwickelt. Der Algorithmus bestimmt am Sender die Grenzen zwischen Sprachdatenpaketen adaptiv durch Vorverarbeitung des unkomprimierten Signals. Bei einem am Empfänger detektierten Paketverlust, kann dieser leichter durch unmittelbar angrenzende Signalabschnitte (von denen durch die Vorverarbeitung/Paketisierung bekannt ist, daß sie dem verlorengegangenen Signalabschnitt ähneln) ausgeglichen werden. Die nachträgliche Integration in bestehende Sprachanwendungsprogramme [Sane98b] ist mit geringem Aufwand möglich; die nötige Rechenleistung, sowie die sich daraus ergebende Verzögerung sind als niedrig einzustufen.

Der hier vorgestellte Mechanismus sowie der im letzten Kapitel beschriebene netzwerkbasierte Algorithmus können jeder für sich die Sprachqualität in einem überlasteten Netz-

<sup>1</sup> Das „Multimedia Internet Terminal“ (MInT) bietet dem Benutzer eine einfache Umgebung zum Starten, Einladen und Kontrollieren von multimedialen Konferenzen mit Audio- und Videomedien basierend auf verschiedenen MBONE-Applikationen, sowie Kontrollaplikationen zur Rederechtvergabe, Folienverteilung und Abstimmung. Die vorhandene Version unterstützt die Solaris und Linux Plattformen und ist verfügbar unter

werk verbessern. Die Mechanismen sind dabei so aufeinander abgestimmt, daß bei gleichzeitigem Einsatz beider Mechanismen der Mechanismus im Endsystem in hohem Maße von der Präsenz des Mechanismus in der Vermittlungsschicht profitiert. Der Mechanismus im Endsystem beruht auf adaptiver Paketisierung beim Sender, wodurch eine Verschleierung ("Concealment") von Paketverlusten am Empfänger erleichtert wird. Damit werden Verluste weniger stark vom Hörer wahrgenommen. Durch die Unterstützung in der Vermittlungsschicht werden die an einem Netzwerkknoten für Sprachdatenströme auftretenden Verlustmuster beeinflusst. Damit treten die Verluste mit geringerer Wahrscheinlichkeit gehäuft auf ("loss bursts") und werden somit ebenfalls nicht so stark wahrgenommen.

### 3.2 Qualitätskontrolle von Videoströmen

Im Vergleich zu Audioströmen zeichnen sich Videoströme durch einen höheren Verbrauch von Netzwerkressourcen und eine höhere Robustheit Verlusten gegenüber aus. Somit ergeben sich bei der Qualitätskontrolle von Videoströmen andere Mechanismen als bei Audioströmen. Während für Audioströme unser Hauptziel war, Verluste durch zusätzliche Redundanz zu verschleiern, zielen wir bei der Übertragung von Videoströmen auf die Reduzierung von Verlusten durch die Anpassung des Sende Verhaltens von Videoquellen an die Gegebenheiten des Netzes.

Im Rahmen unserer Arbeiten im Bereich der visuellen Kommunikation wurden verschiedene Mechanismen spezifiziert, implementiert und getestet, um folgende Ziele zu erreichen:

1. hohe Netzwerkauslastung bei geringen Verlusten;
2. gerechte Verteilung von Bandbreite zwischen Echtzeitverkehr und Datenverkehr;
3. Skalierbarkeit für größere Gruppen sowie Einsatzfähigkeit in heterogenen Umgebungen;
4. geringer Aufwand.

Der „Loss-Delay Based Algorithmus“ (LDA) [SiSc98b] reguliert die Senderate von Datenquellen basierend auf einer Rückkopplung vom Empfänger. Da der LDA-Algorithmus auf dem RTP-Protokoll basiert, stellt die Realisierung der Rückkopplung keinen zusätzlichen Aufwand dar und ist von der Netzwerkarchitektur völlig unabhängig. Die Empfänger teilen den Sendern ihre gemessenen Verlust- und Verzögerungsstatistiken mit. Darauf basierend stellt der Sender dynamisch die geeignete Senderate fest, wobei hier darauf geachtet wird, daß die von der Quelle beanspruchten Netzressourcen vergleichbar sind mit denen einer TCP-Quelle mit den selben Verlust- und Verzögerungscharakteristika. Hierdurch wird verhindert, daß Videoströme einen überproportionalen Anteil der Bandbreite erhalten und dadurch andere Verbindungen benachteiligen.

Der LDA-Algorithmus ist in der audiovisuellen Konferenzapplikation „Multimedia Internet Terminal“ integriert. Der größte Nachteil des LDA-Algorithmus besteht darin, daß bei der Kommunikation mehrerer Teilnehmer bei heterogenen Netzszenarien mit unterschiedlichen Kapazitäten die Senderate an den schwächsten Teilnehmer angepaßt wird. Durch eine Kombination des LDA-Algorithmus mit empfangerbasierten Adaptionsmechanismen läßt sich dieser Nachteil vermeiden. Hierbei sendet die Audio- oder Videoquelle mehrere Ströme unterschiedlicher Bandbreite gleichzeitig, aber an verschiedene Multicastgruppen („Kanäle“) aus. Beispielsweise kann eine Videoübertragung so gestaltet werden, daß auf einem Kanal fünf Bilder pro Sekunde gesendet werden und auf einem zweiten Kanal die jeweils dazwischen liegenden Bilder. In gleicher Weise können auf weiteren Kanälen

Empfänger, der zwei Kanäle auswählt, kann dann zehn Bilder pro Sekunde darstellen, und ein Empfänger, der drei Kanäle auswählt, zwanzig Bilder pro Sekunde. Bei solchen empfangerbasierten Methoden schaltet sich jeder Teilnehmer so lange in zusätzliche Kanäle ein, bis Paketverluste oder andere Metriken anzeigen, daß die Kapazitätsgrenze auf dem Pfad vom Sender zu diesem Teilnehmer erreicht ist. Durch die Integration mit dem LDA-Algorithmus kann die Aufteilung des Datenstromes auf die verschiedenen Kanäle dynamisch entsprechend der Netzwerktopologie und Endsystemkapazitäten gestaltet werden.

### 4 Tarifierung von Internet-Diensten

Ein wichtiger Punkt in der Diskussion um Dienstqualitäten besteht darin, daß bei einer Differenzierung der Qualitätsklassen ohne regulierende Faktoren alle Benutzer die höchste Qualität anfordern. Durch die Einführung ökonomischer Anreize und entsprechend ausgewählter Tarifierungsansätze läßt sich dieser Widerspruch überwinden.

Neben der Bereitstellung von Premium-IP-Diensten kann ein Angebot von Diensten mit reduzierter Qualität je nach Anwendungskontext für den Nutzer attraktiv und kostengünstig sein [CaFS98]. Die Attraktivität solcher Angebote wird durch die Nutzung adaptiver Mechanismen, wie der Adaptivität der Bandbreiten für Videoübertragungen, erhöht. Die Bereitstellung einer akzeptablen Qualität zu Billigtarifen anstelle luxuriöser Dienste zu sehr hohen Tarifen stellt eine treibende Kraft zur Einführung Audiovisueller Dienste über das Internet dar.

Für die Bewertung von Tarifierungsansätzen ist es wichtig, daß die verwendeten Verkehrsmodelle die charakteristischen Verkehrsströme und Lastprofile audiovisueller Dienste repräsentieren. Mit Hilfe der Modelle lassen sich unterschiedliche Strategien zur Zuordnung von Dienstklassen und Kommunikationsressourcen vergleichen.

Eine zentrale Aufgabe für die Realisierung von nutzungs- und dienstqualitätsabhängigen Tarifierungsansätzen stellt die Erfassung der realen Ressourcennutzung (Accounting) unter Berücksichtigung der Qualität des Netzwerkdienstes dar.

Die Aggregation und Vorverarbeitung der erfaßten Meßdaten und die Verteilung der errechneten Kosteninformationen entwickelt sich besonders für die Tarifierung von Multicastdiensten zu einem äußerst komplexen Problem, bei dem die Integration unterschiedlicher Dienstqualitäten noch eine zusätzlich Dimension erzeugt.

Bei GMD FOKUS wurde eine generische Architektur für Charging und Accounting (GENACA) für IP Multicast Integrated Services über ATM entworfen [CaSZ98]. Das Konzept ist konform mit dem Integrated Services Modell und beinhaltet ein Protokoll für Charging und Accounting (CA Protokoll), das RSVP-Nachrichten für den Transport von Accounting-Informationen nutzt. In Kombination mit der MIS Architektur lassen sich die IP-basierten Mechanismen auch für ATM-Netze nutzen. Dabei wurden die Vorzüge und Besonderheiten der MIS Architektur bewußt zur Unterstützung des CA Protokolls eingesetzt.

Ähnlich der Zusammenfassung von RSVP Reservierungsnachrichten in den Routern bei Multicastverbindungen können auch die Meßdaten verschiedener Gruppenteilnehmer in den Netzknoten aggregiert werden. Dabei wird sowohl eine passive Aggregation (Übertragung aller Metering-Daten ohne Vorverarbeitung) als auch eine aktive Aggregation (Vorverarbeitung und Zusammenfassung der Metering-Daten) unterstützt.

Die vorgestellte Charging und Accounting Architektur wird im Rahmen des ACTS Projektes SUSIE (AC320) eingesetzt. In diesem Projekt wird auch die Übermittlung von Metering-Daten an ein CORBA/TINA-basiertes Accounting-System realisiert. In weiteren Projekten bei GMD FOKUS wird eine Übermittlung der Metering-Daten an Endsysteeme zur Kostenüberwachung (Online Tarifierung) betrachtet.

## 5 Zusammenfassung

Die vorgestellten Mechanismen zeigen auf, wie durch Erweiterung des bestehenden Internets um Mechanismen zur Ressourcenreservierung und zur Erfassung der Ressourcennutzung „kontrollierbare“ Internet-Dienste mit QoS-Unterstützung realisiert werden können. Für eine effiziente Erbringung von Audio- und Videodiensten bieten sich dabei unterschiedliche Strategien an. Während bei Videodiensten eine Adaption der Senderate an die momentane Lastsituation durch Messung von Verzögerung und Verlust im Vordergrund steht, müssen für Sprachanwendungen aufgrund der niedrigen Paketrate und der strikten Verzögerungsanforderungen andere Wege beschritten werden. Eine Kombination aus anwendungsorientierten Mechanismen zur Fehlerverschleierung mit Mechanismen der Netzwerkschicht, die einen Verlust von mehreren Sprachpaketen eines IP-Flows in Folge vermeiden helfen, erlaubt durch leistungsfähiges Ressourcensharing auch für Sprache eine hohe Qualität mit geringen Kosten.

## 6 Literaturangaben

- [AcAO98] A. Acharya, F. Ansari, M. Ott, H. Sanneck, Dynamic QoS Support for IP Switching Using RSVP Over IPSOFACTO, International Symposium on Broadband European Networks (SYBEN '98), Zürich, Mai 1998
- [CaBi97] G. Carle and E. Biersack: Survey on Error Recovery for IP-based Audio-Visual Multicast Applications, IEEE Network Magazine, November/Dezember 1997, Vol. 11, No. 6, pp. 24-36.
- [CaCS98] M. Canosa, A. Corghi, H. Sanneck, M. Smirnov, L. Vismara, D. Witaszek, T. Zseby: Development of the Early-Stage Prototype IP/ATM Integration, MULTICUBE Deliverable, April 1998
- [CaDF97] R. Callon, P. Doolan, N. Feldman, A. Fredete, G. Swallow, A. Viswanathan, A Framework for Multiprotocol Label Switching, IETF Internet Draft, Work in progress, <draft-ietf-mpls-framework-02.txt>, November 1997
- [CaFS98] G. Carle, G. Fankhauser, B. Stiller: Charging for ATM-based IP Multicast Services, Proceedings of 5th Annual Network+Interop Engineers Conference, Las Vegas, NV, U.S.A, Mai 1998.
- [CaSZ98] G. Carle, M. Smirnow, T. Zseby: Charging and Accounting Architecture for IP Multicast Integrated Services, 4th International Symposium on Interworking (Interworking'98), Ottawa, Canada, Juli 1998.
- [NiBI98] K. Nichols, S. Blake: Differentiated Services Operational Model and Definitions, Internet draft, Work in Progress, , <draft-nichols-dsopdef-00.txt>, Februar 1998
- [RFC1577] M. Laubach, Classical IP and ARP over ATM, RFC1577, Januar 1994.
- [RFC1633] D. Clark, R. Braden, S. Shenker, Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview, RFC 1633, IETF, Juni 1994
- [RFC1889] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, V. Jacobson, RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications, RFC 1889, IETF, Januar 1996
- [RFC2211] J. Wroclawski, Specification of the Controlled Load Quality of Service, RFC 2211, September 1997.
- [RFC2212] S. Shenker, C. Partridge, and R. Guerin, Specification of the Guaranteed Quality of Service, RFC 2212, September 1997.
- [SaCS97] L. Salgarelli, A. Corghi, H. Sanneck, and D. Witaszek, "Supporting IP Multicast Integrated Services in ATM Networks", In Proceedings of SPIE VV'97 - Broadband Networking Technologies, Dallas, Texas, November 1997
- [Sane98a] H. Sanneck, Concealment of Lost Speech Packets Using Adaptive Packetization, Proceedings IEEE Multimedia Systems, Austin, Texas, USA, Juni 1998
- [Sane98b] H. Sanneck, Adaptive Loss Concealment for Internet Telephony Applications, Proceedings INET '98, Genf, Juli 1998
- [SaSi98] H. Sanneck, D. Sisalem, Predictive Loss Pattern Queue Management for Internet Routers, Technischer Bericht, GMD FOKUS, Berlin, Mai 1998
- [SiEm98] D. Sisalem, F. Emanuel, QoS Control using Adaptive Layered Data Transmission, in IEEE Multimedia Systems'98, Austin, Texas, Juni 1998.
- [Sisa98] D. Sisalem, Fairness of Adaptive Multimedia Applications, in IEEE International Conference on Communications, ICC'98, Atlanta, Juni 1998.
- [SiSc98a] D. Sisalem, H. Schulzrinne, The Multimedia Internet Terminal, accepted for publication in the Special Issue on Multimedia of the Journal of Telecommunication Systems, 1998.
- [SiSc98b] D. Sisalem, H. Schulzrinne: The Loss-Delay Based Adjustment Algorithm: A TCP-Friendly Adaptation Scheme, NOSSDAV'98, Cambridge, UK, Juli 1998.
- [Smir97] M. Smirnov, EARTH - Easy IP multicast Routing Through ATM clouds, IETF Internet-Draft, Work in progress, <draft-smirnov-ion-earth-02.txt>, März 1997.
- [Zseb97] T. Zseby: Support for IP Multicast over UNI3.x: Link Layer Extension, Diplomarbeit, Fachgebiet Telekommunikationsnetze, Technische Universität Berlin, September 1997

