

Verteilte Multimedia-Anwendungen und ihre Anforderungen an die Netzinfrastruktur

Thomas R. Schmidt

*Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung,
Universität Stuttgart,
Pfaffenwaldring 47,
70569 Stuttgart*

Zusammenfassung: Multimedia-Anwendungen werden immer öfter für die Kommunikation über Datennetze hinweg eingesetzt. Die Nutzer erwarten eine bestimmte Ende-zu-Ende Dienstgüte (Quality of Service, QoS) an ihren Endgeräten. Somit muß die Anwendung einen Mechanismus bereitstellen, der ihre Parameter auf den momentanen Systemzustand optimiert. Um dies zu erreichen, muß zunächst die *erfahrene Dienstgüte* (experienced QoS) ermittelt und mit der *erwarteten Dienstgüte* (expected QoS) für diese Anwendung verglichen werden. Unterscheiden sich die erfahrene und die erwartete Dienstgüte, so muß die Anwendung ihre Parameter anpassen. Dies erfordert jedoch Wissen über die quantitativen Auswirkungen von Parameteränderungen auf die Dienstgüte. Daher wird eine *Experimentierplattform* (XP) entwickelt, mit der nicht nur diese Einflüsse untersucht werden können, sondern auch die Auswirkungen der Multimedia-Übertragung auf die Netzinfrastruktur.

1. Einleitung

In einer verteilten multimedialen Kommunikation erwarten die Nutzer eine bestimmte Dienstgüte (QoS) an ihren Endgeräten, abhängig von der Art der Anwendung und den Kosten. Da Ressourcen nicht in unbegrenzter Menge zur Verfügung stehen, kann man die Parameter der Übertragung nicht einfach auf die Bestwerte einstellen. Stattdessen ist es notwendig, die Parameter so abzustimmen, daß sie mit den verfügbaren Ressourcen die beste QoS liefern. In Abhängigkeit von der Art der Anwendung (z. B. Videokonferenz, Internet-Telephonie) müssen spezielle Wertebereiche (für Bildgröße oder Kodierformate) verwandt werden, um die erwartete Dienstgüte zu erreichen. Dies wäre möglich, indem der Nutzer diese Werte eingeben müßte – was aber von ihm ein sehr großes Wissen voraussetzen würde und eine Anpassung an eine Veränderung der Ressourcenverfügbarkeit wäre kaum möglich. Somit wird eine automatische QoS-Anpassung benötigt.

Während der Multimedia-Kommunikation ermittelt der Steuermechanismus (durch Messung beim Empfänger und anschließende Übermittlung) Parameter, die die erfahrene Dienstgüte des Empfängers (bzw. der Empfänger) beschreiben. Sodann werden die ermittelte und die erwartete Dienstgüte verglichen und die einstellbaren Parameter angepaßt, sofern dies nötig (und möglich) ist um die Übereinstimmung zu erhöhen.

Dabei kann auch der Nutzer Einfluß auf die Einstellungen nehmen, indem er seine Erwartungen an die erfahrene Dienstgüte ändert, z. B. weil das Übertragungsnetz momentan keine bessere Dienstgüte erlaubt. Andererseits ist es auch möglich, daß das Netz-Management der Abbildungsfunktion Beschränkungen auferlegt, um den erzeugten Verkehr der Anwendung zu beeinflussen. Dies wäre insbesondere in Netzen ohne Zugangskontrolle nützlich.

Das Ziel dieser Arbeit ist nun Definition, Entwurf und Implementation dieses *Dienstgüten-Managements* im Rahmen einer *Experimentierplattform* (XP), die Untersuchung und Vergleich verschiedener Ansätze erlaubt. Basierend auf den erhobenen Daten sollen Abhängigkeiten zwischen Parameterwerten, Netzzustand und erfahrener Dienstgüte entdeckt und untersucht werden.

Im zweiten Abschnitt wird die Motivation für diese Arbeit gegeben, sodann im dritten das Ziel genauer gefaßt. Der vierte Abschnitt stellt die geplante Vorgehensweise dar, indem er das Grundprinzip und den Aufbau der *Experimentierplattform* vorstellt. Es schließt sich eine kurze Beschreibung des momentanen Entwicklungsstands an und im sechsten Abschnitt ist dann eine Zusammenfassung mit Ausblick zu finden.

2. Motivation

Multimedia-Anwendungen werden immer häufiger zur interaktiven Kommunikation zwischen Nutzern eingesetzt. Um nun die Anforderungen an die *Experimentierplattform* zu entwickeln, wurden existierende Programme untersucht. Eines der am meisten verwandten ist dabei „NetMeeting“ von Microsoft [Mic99]. Obwohl es für den spontanen Einsatz und niedrige Dienstgüte ausreichend ist, erlaubt es dem Nutzer nicht, sein internes Verhalten zu beobachten oder gar zu beeinflussen.

Ein weiteres System für multimediale Kommunikation sind die *MBone-Tools* [Kum95]: Programme wie *vat* oder *rat, vic, sdr* [Fah97] werden kombiniert, um (möglicherweise sehr vielen) Nutzern verschiedene Dienste bereitzustellen. Da diese Programme im Quelltext verfügbar sind, wurden viele Erweiterungen und Modifikationen an ihnen vorgenommen, die einige Nachteile der Originalversion mildern sollen: Das Fehlen eines Werkzeug-übergreifenden Resource-Zuteilungsverfahrens, die komplizierte Sitzungskontrolle und natürlich die Nutzbarkeit mit bestimmten Hardwarekomponenten.

Daneben gibt es zudem kommerzielle Systeme, die meist Spezialhardware wie Video-Kodierer umfassen (z. B. *CellStack Capella Video* [Cel99], eine ATM-Lösung). Meist verwenden diese Systeme eine konstante Bandbreite (z. B. *PictureTel* [Pic98], $n \times 64$ Kb/s ISDN) oder passen sich kaum den momentanen Übertragungsbedingungen an. Obwohl sie eine gute Dienstgüte liefern, wird ihr hoher Preis kaum zu einer großen Verbreitung führen.

Natürlich wurden auch viele Forschungssysteme entwickelt (u.a. in [CAH96] findet sich eine Übersicht), von denen sich die meisten jedoch auf das Terminal konzentrierten. Entweder wollten sie es dem Nutzer ermöglichen, sehr leicht eine auf ihn zugeschnittene Anwendung zu erzeugen (z. B. *CINEMA* [BDHea93]), oder das Ziel war das lokale Ressourcenmanagement im Endgerät zu untersuchen (z. B. *QoS Broker* [NS95]).

Das Ziel dieser Arbeit liegt nun aber in der Erforschung des Einflusses der Übertragung auf die Multimedia-Kommunikation, sowie des der Anwendung auf das Transportnetz. Momentan sind hierfür aber vergleichende Studien nur möglich, indem völlig verschiedene Anwendungen betrachtet werden. Bedenkt man nun die enorme Anzahl an Parametern, die die Dienstgüte beeinflussen, so erlaubt dies nicht die genauen Effekte einer Änderung zu identifizieren und zu quantifizieren. So laufen beispielsweise ATM-Anwendungen nicht auch in einer LAN-Umgebung, wodurch direkte Vergleiche unmöglich sind.

Aus diesem Grunde wurde die *eXperimentation Platform* (XP) entworfen. Sie erlaubt die Untersuchung der Effekte einer einzelnen Änderung am Aufbau einer Anwendung, ohne die übrigen Parameter zu modifizieren. So ist es z. B. möglich, statt ATM IP/RSVP zu verwenden oder den

Mechanismus zur Anpassung an verschiedene Netzzustände vollständig zu ersetzen, ohne Kodierer und Signalisierung zu ändern.

3. Zielsetzung

Für ein effizientes Dienstgüten-Management in einer Multimedia-Anwendung ist ein quantitatives Wissen über folgende drei Phasen der Übertragung nötig:

1. Einstellung der Parameter der Anwendung auf Startwerte, die den Zustand des Endgeräts (verfügbare Ressourcen und Kodierer) bei der Wahl berücksichtigen
2. Auswirkung der Veränderung (Verluste, Verzögerungen und Verfälschungen) des übertragenen Datenstroms durch das Transportnetz auf die erfahrene Dienstgüte
3. Strategien zur Verbesserung der Ende-zu-Ende Dienstgüte der Anwendung

Für jede dieser Phasen hängen die Werte auch von der *Art* der Anwendung ab. Somit muß eine Beschreibung von deren Typ und der Dienstgüte abhängen, die erbracht werden soll. Um hierfür allgemeine Aussagen treffen zu können, ist es das Ziel,

1. die Verkehrserzeugung zu *modellieren*:
Die Bildung verkehrstheoretischer Modelle erfordert jedoch zunächst statistische Daten über den Verkehr, den die Anwendung je nach eingestellter Anwendungsdienstgüte erzeugt.
2. die Übertragung der Daten und ihre Veränderungen durch das Netz zu *simulieren*:
Hierfür muß das Modell für die Verkehrsgeneration mit einem Modell des Übertragungsnetzes kombiniert werden.
3. und neue Verfahren zur Adaption an die Veränderungen zu *entwerfen* und zu validieren:
Dies setzt ein Modell des Dienstgüten-Managements voraus, das je nach Netzzustand die Verkehrserzeugung verändert.

Existieren Methoden zur Erzeugung realistischen Multimedia-Verkehrs sowohl in der Realität, als auch in der Simulation, so können diese ebenso für die Betrachtung seiner Auswirkungen auf das Transportnetz und den parallelen Datenverkehr verwandt werden.

4. Vorgehensweise

4.1 Grundprinzip

Zentrale Ideen beim Entwurf der XP sind der modulare Aufbau und die Trennung von Dienstgüten-Management und der Datenübertragungs-Funktionalität (Abb. 1). Dies erlaubt es, die Dienstgüten-Abbildungs- und Anpassungsfunktionen auszutauschen, um ihre Auswirkung zu studieren, in Abhängigkeit von Faktoren wie Medien-Kodierern und Übertragungstechnologien.

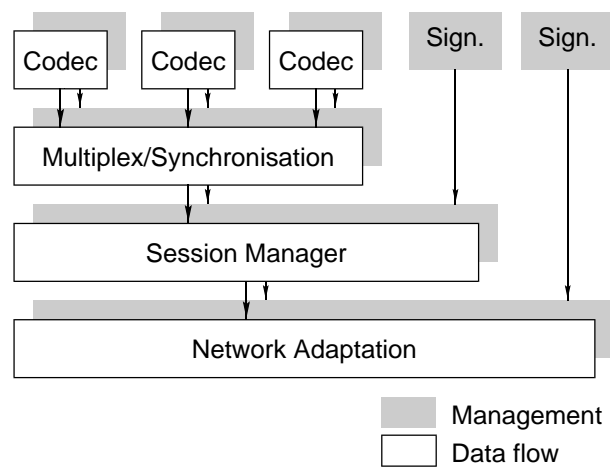


Abbildung 1: System-Ebenen

Auf der Ebene des Dienstgüten-Management werden mehrere Abbildungsschritte aneinandergereiht. Im ersten Schritt legt der Nutzer eine *User Level Quality* (ULQ) fest, die die Gesamtdienstgüte des Dienstes definiert. Um nun den Nutzer von der Aufgabe zu befreien, technische Parameter wie Bandbreiten oder Verzögerungen einzustellen, muß hier nur ein Wert zwischen 0 und 10 eingegeben werden. Zum Beispiel kann der Nutzer eine sehr gute Dienstgüte durch die Eingabe einer ULQ von 9 verlangen.

Nun muß die XP diese Zahl in die *Application Level Quality* (ALQ) konvertieren. Da jede Anwendung einen eigenen Bereich von Dienstgütenparametern besitzt, muß für jeden Typ eine andere Abbildung der ULQ auf Faktoren wie Bandbreite oder Kodierungsformate durchgeführt werden. Beispielsweise wird bei einer ULQ von 9 für eine Telefonie-Anwendung eine sehr niedrige Verzögerung gewünscht sein, während diese für eine wenig-interaktive *Teleteaching*-Anwendung sehr hoch sein darf.

Nachdem die XP die Parameter bestimmt hat, die die zu erbringende Dienstgüte beschreiben, wählt sie Kodierer und Parameter aus und belegt System-Ressourcen (Abb. 2). Sobald die Übertragung beginnt, hat der erzeugte Verkehr der Anwendung eine bestimmte Charakteristik, die mit der *Communication Level Quality* (CLQ) beschrieben wird.

Abhängig von der Art des verwendeten Transportnetzes beschreibt die *Network Level Quality* (NLQ) diesen Verkehr mit den Parametern des jeweiligen Netzes. Auf seinem Weg wird der Verkehr eine Veränderung erfahren, die in der NLQ beim Empfänger dargestellt wird. In den folgenden Dekodierungsschritten wird die erbrachte Dienstgüte auf den jeweiligen Schichten dargestellt.

Im nächsten Schritt wird dann die erfahrene mit der erwarteten Dienstgüte verglichen und ggf. der Anpassungsmechanismus verwendet um die Übereinstimmung zwischen beiden zu erhöhen.

Beispiel (vgl. [Sch98]). Der Benutzer einer Videokonferenz-Anwendung möchte ein Übertragung in „Fernsehqualität“ und gibt daher eine ULQ von 9 ein. Die *Policy*-Funktion für diesen Anwendungstyp übersetzt dies in folgende ALQ-Parameter: 25 Bilder/s, Auflösung 720 x 576 Punkte, 16 bit Stereoton bei 32 kHz und maximalem „Skew“ (Abweichung zwischen Bild und Ton) von 80 ms. Die verfügbaren Kodierer können nun aber nur 20 Bilder/s bei 640 x 480 Bildpunkten liefern, daneben einen Stereoton mit 24 kHz, 16 bit und dies bedeutet für die CLQ eine Datenmenge von 3 Mbit/s für Video und 350 kbit/s für Audio, bei einem Skew von bis zu 40 ms.

Das verwendete Netz unterstützt Reservierungen, kann aber momentan nur eine Bandbreite von 2.5 Mbit/s garantieren (NLQ). Somit reagiert die Anwendung mit einer Anpassung der Kodierparameter, hier der Wahl der nächstkleineren Bildgröße von 320 x 240 Punkten. Die CLQ wird hierdurch

auf 0.75 Mbit/s für Video verringert, d. h. die Audio-Qualität muß nicht verändert werden. Die Übertragung startet und der Datenstrom erreicht den Empfänger mit einer kaum veränderten NLQ. Nach der Rückgewinnung der Nutzdaten (mit entsprechender CLQ) zeigt das Terminal die Daten nach der Dekodierung mit einer bestimmten ALQ an, die hier den eingestellten Parametern des Senders entspricht. Das *Rating* bildet diese Werte auf die erfahrene ULQ ab, die für diesen Anwendungstyp 7 betrage.

Dieser Wert erreicht über Signalisierung den Sender, der nun entweder

- die Übertragung abbrechen kann, weil die Qualität nicht ausreicht;
- seine Anforderung „ULQ = 9“ aufrecht erhalten kann, mit dem Effekt, daß sich das Dienstgüten-Management bemühen wird, im Laufe der Übertragung diese zu erfüllen, oder
- seine Erwartungen auf eine ULQ von 7 reduziert – mit dem Effekt, daß die gegenwärtige Qualität gehalten wird, auch wenn mehr Ressourcen verfügbar werden.

In jedem Fall sollte nur die wirklich erfahrene Dienstgüte ggf. in eine Kostenberechnung einfließen, was den Preis für den Nutzer leicht einschätzbar macht.

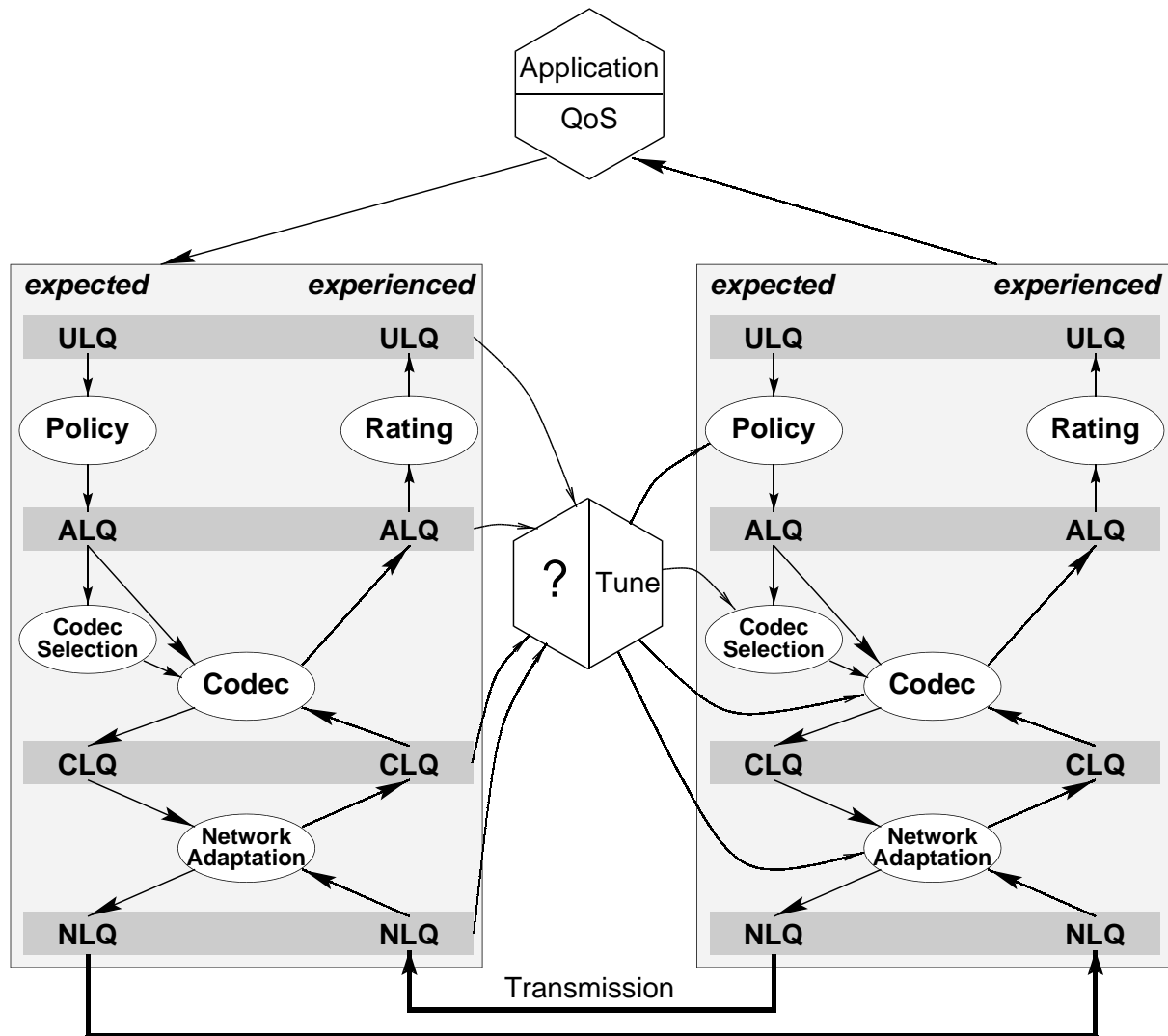


Abbildung 2: Parameter-Abbildung und -Anpassung

4.2 Entwurf

Die XP wurde als hochflexibles System entworfen, dessen Module ausgetauscht, hinzugefügt oder modifiziert werden können, ohne andere Teile zu verändern. Somit kann der Einfluß einer Änderung besser untersucht werden, da die übrigen Teile des Systems gleichbleiben.

Das System hat eine feste Struktur (Abb. 3) aus *abstrakten Modulen*, die durch *spezialisierte Module* implementiert werden. Diese Module können aus einer Bibliothek („Repository“) entnommen werden, wobei ein Modul auch die Funktion mehrerer einfacherer Module übernehmen kann; z. B. kann ein MPEG-Modul Audio- und Video-Kodierung, Synchronisierung und Multiplexing vereinen.

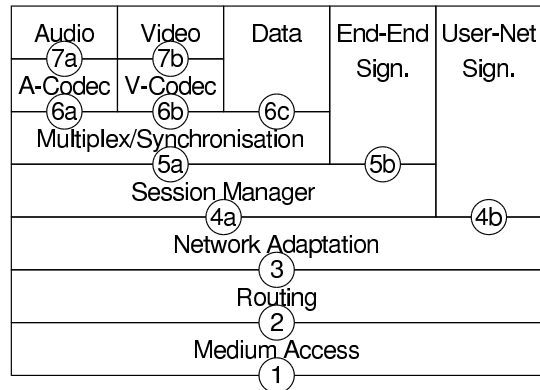


Abbildung 3: Architektur mit Meßpunkten

Zwischen den Modulen können Meßpunkte eingesetzt werden, die den Verkehr an dieser Stelle überwachen können. Die erhobenen Meßdaten werden benutzt, um die Charakteristik eines bestimmten Dienstes oder Kodierers zu modellieren. Sie erlauben es zudem, den vom Sender erzeugten Verkehr mit dem Verkehr zu vergleichen, der den Empfänger erreicht. Zusammen mit der Bewertung der erfahrenen Dienstgüte ist es dann möglich, die Auswirkung der Übertragung auf die gesamte Dienstgüte zu ermitteln. Dies erlaubt die Kompensation dieser Veränderung des Verkehrs durch das Management.

5. Status

Das System liegt in einem funktionierendem Zustand vor. Momentan liegt der Schwerpunkt der Arbeit in der Implementierung weiterer Standard-Kodierer für Audio- und Video-Daten, d.h. für *G.711* und *GSM* als auch für *Motion-JPEG* und *H.261*. Es werden zudem die Signalisierung erweitert und das Dienstgütemanagement umgesetzt. Es ist beabsichtigt, daß das System mehrere Signalisierungsprotokolle unterstützt, ebenso *H.323*.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Der durch die Nutzung multimedialer Kommunikationsdienste produzierte Datenverkehr hat in den letzten Jahren dramatisch zugenommen und wird dies voraussichtlich weiter tun. Somit ist es erforderlich, seine Charakteristik besser zu verstehen und auch die Art, wie er sich je nach Netzzustand durch Anpassung der Anwendungen verändert. Es wurde zudem immer klarer, daß

eine zufriedenstellende Ende-zu-Ende Dienstgüte nur durch ein Management der Netzressourcen und adaptive Anwendungen erreicht werden kann.

Sehr viele Ansätze hierzu wurden entwickelt, wobei es jedoch meist sehr schwer ist, ihre Vor- und Nachteile zu vergleichen. Die interessierenden Algorithmen wurden entweder tief in eine Anwendung eingebunden oder die Modularität ist nicht für das gesamte System gegeben.

Dies war der Grund, die *Experimentierplattform* zu entwickeln; ein System, das die Funktionalität in Module kapselt, die zu einer Multimedia-Anwendung zusammengesetzt werden können. Mit dieser Anwendung kann man viele verschiedene Kombinationen von Netzmodulen, Dienstgütemanagement-Algorithmen, Kodierern, usw. untersuchen, um ihre Auswirkung auf das Netzwerk zu bewerten und zudem ihre Fähigkeit einzuschätzen, mit der vom Netz verursachten Veränderung der Verkehrscharakteristik zurechtzukommen. Die Beobachtung des Zusammenhangs zwischen den Parametern und der erfahrenen Dienstgüte erlaubt den Entwurf besserer Anpassungs- und Ressourcenmanagement-Algorithmen.

Momentan sind folgende Studien geplant:

- Benutzung der Ergebnisse für Modellierung der Verkehrsquellen, -übertragung, der erfahrenen Dienstgüte und der -anpassungsmechanismen in der Absicht, die fundamentalen Prinzipien besser zu verstehen (Dies wird durch eine vorhandene Simulationsbibliothek des IND unterstützt.)
- Interaktion der Dienstgütemanpassung im Endgerät mit den Netz-Ressource-Reservierungsmechanismen, insbesondere *RSVP-over-ATM* ([BZBea97]; implementiert in einem europäischen Forschungsprojekt)

Darüberhinaus sollen diese Fragestellungen untersucht werden:

- Effekte der Priorisierung von Datenströmen auf die End-zu-End Dienstgüte und das Netz, z. B. bei Benutzung von *Differentiated Services* [BBCea98]
- Effekte der Benutzung sicherer Datenübertragung (d.h. Verschlüsselung) auf die Dienstgüte und die Signalisierung
- Bewertung der erfahrenen Dienstgüte durch Befragung eines nicht-technischen Publikums

Selbst nachdem diese Untersuchungen abgeschlossen sind, wird die XP weiterhin sinnvoll nutzbar sein – um neue Netzprotokolle zu bewerten, neue Anwendungen und Medien-Kodierungen zu implementieren und um die Mechanismen zur Bereitstellung von Dienstgüte in Multimedia-Anwendungen besser zu verstehen.

Literatur

- [BBCea98] Blake, S.; Black, D.; Carlson, M.; Davies, E.; Wang, Z.; Weiss, W.: *An Architecture for Differentiated Services*, RFC 2475, IETF, December 1998.
- [BDHea93] Barth, I.; Dermler, G.; Helbig, T.; Rothermel, K.; Sembach, F.; Wahl, T.: *CINEMA: Eine konfigurierbare, integrierte Multimedia-Architektur*, GI/ITG Arbeitstreffen 'Verteilte Multimedia Systeme', Stuttgart, D, 18.02.1993 - 19.02.1993, Band 5, K.G. Saur, Februar 1993, ISBN 3-598-22407-9, S. 33–47.

- [BZBea97] Braden, R.; Zhang, L.; Berson, S.; Herzog, S.; Jamin, S.: *Resource ReSerVation Protocol (RSVP)*, RFC 2205, IETF, September 1997.
- [Kum95] Kumar, V.: *MBone: Interactive Multimedia on the Internet*, New Riders, Indianapolis, USA, 1995, ISBN 1-56205-397-3.
- [NS95] Nahrstedt, K.; Smith, J. M.: *The QOS Broker*, IEEE Multimedia, Vol. 2, No. 1, USA, Spring 1995, pp. 53–67.
- [Sch98] Schmidt, T.: *Verteilte Multimedia-Anwendungen und ihre Anforderungen an die Netzinfrastruktur*, Beiträge zum 5. Berichtskolloquium der GK PVS, Stuttgart, D, 03.07.1998, Juli 1998, S. 111–118.

Online-Referenzen:

- [CAH96] Campbell, A.; Aurrecochea, C.; Hauw, L.: *A Review of QoS Architectures*, <ftp://ftp.ctr.columbia.edu/CTR-Research/comet/public/papers/96/CAM96a.ps.gz>, March 1996.
- [Cel99] *CellStack Systems*, <http://www.cellstack.com>, 1999.
- [Fah97] Fahner, H.: *MBone Software Archive*, <http://www-ks.rus.uni-stuttgart.de/mbone/mb-soft.html>, 1997.
- [Mic99] *Microsoft NetMeeting*, <http://www.microsoft.com/netmeeting/>, January 1999.
- [Pic98] *PictureTel Corporation*, <http://www.picturetel.com>, 1998.