

Referat

Video im Internet

Referat im Rahmen der Vorlesung „Ton und Video“
an der Fachhochschule Hamburg.
Referent: Sven Rautenberg

Inhaltsverzeichnis

1 Videokomprimierung	1
1.1 Weglassen	1
1.2 Komprimieren	2
1.2.1 MPEG	2
1.2.2 Software-Tools	3
2 Datenströme übertragen	4
2.1 Das OSI-Schichtenmodell	4
2.1.1 Netzwerkverbindungen: Ethernet, Modem, ISDN	4
2.1.2 Datenverteilung: IP	5
2.1.3 Verbindungskontrolle: TCP, UDP	5
2.1.4 Höhere Protokolle: http, rtp, rtsp	5
2.1.5 Packetorientierte Datenübertragung	6
2.2 Distributionsvarianten im Internet	7
2.2.1 Filetransfer oder Streaming?	7
2.2.2 Unicast - Broadcast - Multicast	7
2.2.3 Quality of Service	9
3 Anwendungen	10
3.1 Videokonferenzen	10
3.2 Video-on-demand	10
3.3 Internet-TV	11
3.4 Ausblick	11
4 Anhang	12
4.1 Quellen	12

1 Videokomprimierung

Das Thema „Video im Internet“ zerfällt in die zwei Bestandteile „Video“ und „Internet“. Zunächst muß Video in irgendeiner Weise bearbeitet, sprich: komprimiert werden, bevor es dann via Internet übertragen werden kann. Dazu werden gewöhnlich zwei Schritte unternommen:

1.1 Weglassen

Um von den 270 MBit/s eines unkomprimierten SDI-Datenstromes auf Modem-verträgliche 40 kBit/s zu kommen, werden viele Videodaten einfach weggelassen.

Zunächst einmal werden nur 8-Bit-Samples verwendet (Reduktion auf 216 MBit/s), es werden nur die Daten der aktiven Videozeile verwendet (Reduktion auf 166 MBit/s), und es wird mit 4:2:0 statt 4:2:2 gesampelt (Reduktion auf 125 MBit/s). So gelangt man ohne sichtbare Qualitätsverluste schon zu einer Einsparung von über 50 Prozent.

Für Internet-Video wird dann nur selten die volle Video-Auflösung von 720x576 bzw. 768x576 Pixeln gesendet, sondern häufig die halbe Auflösung (352*288), die halbe VGA-Auflösung (320*240), oder ein Viertel der Auflösungen (176*144 bzw. 160*120). Damit spart man noch einmal viele Daten. Die halbe PAL-Auflösung erfordert nur ein Viertel der Pixel, spart somit 75 Prozent Datenmenge ein (Reduktion auf 31,25 MBit/s). Die Viertel-Auflösung wiederholt dies noch einmal (Reduktion auf 7,8 MBit/s).

Eine weitere Möglichkeit, die Datenrate schon vor der Komprimierung zu reduzieren, ist das Auslassen von Bildern. Anstatt mit der vollen Bildfrequenz von 25 Bildern/s werden beispielsweise nur 15 Bilder/s, 12,5 Bilder/s oder 10 Bilder/s genommen. Damit wird das Video zwar ruckeliger, aber die Datenrate halbiert sich noch einmal (auf bis zu 3,9 MBit/s).

Natürlich darf der Ton nicht vergessen werden. Auch hier wird anstatt der vollen CD-Qualität eine reduzierte Variante zum Einsatz kommen, wobei es zunächst sinnvoll

ist, nur mit 22kHz Samplerate zu arbeiten, dann von Stereo auf Mono zu reduzieren und dann ggf. die Samplerate noch weiter herunterzufahren. Diese Reduktionen werden im allgemeinen von dem Audio-Codec¹ direkt erledigt, so daß eine Qualitätsreduktion des Ausgangsmaterials nicht notwendig ist.

1.2 Komprimieren

Am Ende des Weglassens stehen immer noch Datenraten, die für gewöhnliche Internet-Verbindungen mittels Modem, ISDN oder DSL viel zu groß sind. Für Video hat sich MPEG als Standard der verlustbehafteten Komprimierung etabliert, welches nochmal bis um den Faktor 200 verringerte Datenraten erreichen kann. Das reicht dann endlich aus, um die Videodaten durch ein Modem zu schicken (etwa 19 kBit/s). Die Audiodaten werden ebenfalls komprimiert, die Audio-Datenrate nimmt bei einer Modem-Verbindung fast die Hälfte der Videodatenrate ein.

1.2.1 MPEG

Die Motion Pictures Expert Group hat verschiedene MPEG-Standards festgelegt, die jedermann gegen Lizenzgebühren nutzen kann. Aktuell sind Codecs für MPEG-1 und MPEG-2 schon sehr ausgereift, MPEG-4 steckt noch ein wenig in den Kinderschuhen, bietet aber enormes Potential, gerade für Übertragungen bei niedrigen Bitraten noch ansehnliches Video zu liefern. In der Entwicklung befindet sich MPEG-7, und am Horizont zeichnet sich MPEG-21 ab, welches als übergreifender Standard noch ein paar Anwendungslücken füllen soll.

MPEG codiert drei verschiedene Arten von Bildern: I-Frames sind einem JPEG-Bild vergleichbar und enthalten nur Informationen für dieses eine Bild. P-Frames beziehen sich auf vorhergehende P- oder I-Frames und sind ohne Kenntnis dieser Bilder nicht zu dekodieren. B-Frames schließlich beziehen sich auf vorhergehende und nachfolgende I- oder P-Frames. Sie sind am kleinsten von allen Bildern und sparen somit am meisten Datenrate ein. Damit ein Empfänger den Datenstrom sinnvoll betrachten kann, müssen in regelmäßigen Abständen I-Frames gesendet werden, damit an dieser Stelle der Dekoder „einsteigen“ kann.

¹Codec = Coder-Decoder. Software, welche die Komprimierung und Dekomprimierung von Audio und Video erledigt

1.2.2 Software-Tools

Microsoft bietet mit den Windows Media Tools bzw. dem Windows Media Encoder ein kostenloses Programm an, um gespeicherte oder live eingespielte Videos entweder direkt zu streamen oder als Streaming-Datei auf Festplatte zu speichern. Die derzeit aktuelle Version 7 ist einfach zu bedienen, versteckt die interessanten Tuning-Einstellungen aber sehr gut.

Der u.a. mitgelieferte Codec MS MPEG4 V3 wurde gehackt und als DivX;) bekannt. Er wird gerne zum Speichern von DVD-Material auf CDs benutzt, wodurch natürlich die Qualität leidet. Dennoch soll mindestens VHS-Qualität erreichbar sein.

Leider sind alle Microsoft-Codecs (vielleicht mit Ausnahme des ISO MPEG-4 Codecs) reine Microsoft-Entwicklungen, deren Funktionsweise und Datenformat nicht offengelegt sind.

RealNetworks (früher Progressive Networks genannt) bietet ebenfalls kostenlos den RealProducer Basic an, der mit dem RealPlayer 8 zusammenarbeitet. Ebenfalls kostenlos ist der RealServer Basic 8.0 erhältlich, der den mit dem RealProducer erzeugten Datenstrom dann verteilen kann. Über die interne Funktionsweise der Codecs kann auch hier nichts genaueres gesagt werden, denn RealNetworks legt diese Informationen ebenfalls nicht offen.

Das Gleiche gilt auch für die Nummer Drei unter den Videoformaten: Apples Quicktime-Format läßt sich natürlich auch streamen. Die nötige Software zum Streamen (nicht zum Komprimieren) wird mit dem Apple-Betriebssystem OS X schon mitgeliefert, und die Quelltexte für den Streaming-Server sind sogar offengelegt. Damit ist zwar immer noch nicht erkennbar, wie der Komprimierungsvorgang funktioniert, aber Streamingserver kann jetzt jedermann programmieren.

Die Geheimnistuerei um die besten Komprimierungsalgorithmen haben natürlich einen guten Grund: Marktbeherrschung. RealNetworks hat sich mit seinem RealVideo-Format schon sehr zu Anfang einen Namen gemacht, weil die Ergebnisse bei geringer Bandbreite einfach am besten aussahen². Microsoft will mit ASF (Advanced Streaming Format) und den Windows Media Formaten eine eigene Richtung einschlagen, während Apple als Nummer Drei mit dem Universalformat Quicktime und dem qualitativ noch nicht ebenbürtigen Sorenson-Codec munter hinterherläuft, ohne allzu große Beachtung zu finden. Quicktime ist eben kein originales PC-Format.

²was nicht heißt, daß sie verglichen mit heutigen Codecs schön aussehen

2 Datenströme übertragen

Nachdem die Software die Video- und Audiodaten komprimiert hat, müssen diese über das Internet zum Empfänger geschickt werden. Um die Mechanismen und Protokolle ein wenig besser auseinanderhalten zu können, folgt hier ein kurzer Abriß der Netzwerktechnik.

2.1 Das OSI-Schichtenmodell

Für Datenverbindungen aller Art hat sich als abstrakte Beschreibung das OSI-Schichtenmodell durchgesetzt. Es beschreibt 7 Schichten, die für die Abwicklung einer Datenkommunikation zuständig sind. Ziel war es, die Funktionen einer Schicht soweit zu abstrahieren, daß jede Schicht nur noch Standardfunktionen der darunterliegenden Schicht aufruft, so daß beliebige Übertragungsmethoden eingesetzt werden können, ohne jede Anwendung speziell darauf anpassen zu müssen.

Im Zusammenhang mit dem Internet sind viele Begriffe gebräuchlich, die hier kurz und nur grob den einzelnen Schichten zugeordnet werden. Die Verteilung und Übermittlung von Daten im Allgemeinen und Videodaten im Speziellen werden so nachvollziehbar.

2.1.1 Netzwerkverbindungen: Ethernet, Modem, ISDN

Den untersten zwei Schichten zuzuordnen sind die Art der Netzwerkverbindung. Hierzu gehören z.B. Ethernet, Modem- und ISDN-Verbindungen. Ihre Aufgabe ist die bitweise Übermittlung von Daten auf dem untersten Level über ein Kabel oder eine Funkstrecke.

2.1.2 Datenverteilung: IP

Die nächsthöhere Schicht wird vom Internet-Protokoll IP eingenommen. IP regelt den Versand von Datenpaketen an den richtigen Empfänger, worunter auch das Routing fällt. Für diese Schicht sind die IP-Adressen gedacht.

2.1.3 Verbindungskontrolle: TCP, UDP

Oberhalb der IP-Schicht sind die Protokolle TCP und UDP angeordnet. Diese Protokolle sind für den Transport der Daten verantwortlich.

Zwischen TCP und UDP gibt es einen großen Unterschied: Bei TCP (Transport Control Protocol) wird eine Verbindung zwischen Sender und Empfänger eröffnet und die Kommunikation auf Vollständigkeit kontrolliert. UDP (User Datagram Paket) dagegen besteht nur aus einzelnen Datenpäckchen, die ohne Kontrolle abgesandt werden, aber nicht unbedingt ankommen müssen.

2.1.4 Höhere Protokolle: http, rtp, rtsp

Auf den obersten Schichten sind Protokolle wie HTTP¹, RTP² und RTSP³ angesiedelt. Sie sind für die eigentliche Initiierung des Datenverkehrs verantwortlich. Diese zwei Protokolle sind sehr einfach aufgebaut.

Der am häufigsten gebrauchte HTTP-Befehl lautet GET. Jeder Browser sendet einen GET-Befehl zusammen mit ein paar Informationen über sich selbst an den Server, um eine HTML-Seite, eine Grafik oder eine andere Datei zu erhalten. Der Server antwortet mit einem Statuscode und dem Inhalt der Datei - oder auch nicht. Statuscode 404 zeigt z.B. an, daß der Server die gewünschte Datei nicht gefunden hat. Mit HTTP kann grundsätzlich auch gestreamt werden.

RTSP ist ähnlich simpel. Hier werden ebenfalls einfache Kommandos übermittelt, allerdings sind die Befehle reichhaltiger und auf die Kontrolle eines Video- oder Audio-datenstromes ausgerichtet. Ein Client-Programm sollte mindestens die Befehle SETUP zur Auswahl eines Streams, PLAY zum Abspielen, PAUSE zum zeitweiligen Anhalten und TEARDOWN zum Beenden kennen.

¹Hyper Text Transport Protocol

²Real-time Transport Protocol

³Real Time Streaming Protocol

Der große Unterschied zwischen HTTP und RTSP ist: HTTP kennt keine Sessions. Jede Anforderung einer Datei ist ohne Bezug zu vorhergehenden Anforderungen. RTSP dagegen eröffnet eine Verbindung mit SETUP, und der Client kann bis zum Ende der Session beliebig im Stream vor- und zurückspulen und springen. Insbesondere kann man bei HTTP nicht Teile des Streams einfach überspringen, sondern muß warten, bis diese vollständig übertragen wurden.

RTP dient als Übertragungsprotokoll der Streaming-Daten, wobei es sich ausgezeichnet für Videokonferenzen eignet. Parallel zu RTP schicken die Empfänger über RTCP⁴ Steuerungsbefehle für den Datenstrom an den Sender zurück.

Außerdem kann RSVP⁵ eingesetzt werden, um vor Beginn der Übertragung die notwendige Bandbreite zu reservieren. Dieses Feature ist allerdings in TCP/IP-Netzwerken meist nicht umsetzbar.

Ich will auf die Protokolle hier nicht näher eingehen. Sie sind alle ausführlich⁶ in RFCs beschrieben:

- RFC 1889/1890: RTP/RTCP
- RFC 2326: RTSP
- RFC 2205: RSVP

2.1.5 Packetorientierte Datenübertragung

Einer der wesentlichsten Unterschiede zwischen der Videoübertragung mittels digitaler Schnittstellen wie SDI und der Internet-Übertragung ist die packetorientierte Übertragung im Internet. Es steht keine exklusiv reservierte Verbindung zur Verfügung, sondern die Daten werden in kleine Pakete aufgeteilt und einzeln auf die Reise geschickt. Sie nehmen jeweils den für sie günstigsten Weg, wobei natürlich Probleme auftreten können:

Pakete können verloren gehen. Während TCP die Übermittlung jedes Packets kontrolliert und notfalls noch einmal anfordert (was natürlich Zeit kostet), können UDP-Datagramme spurlos verloren gehen, wenn Leitungen überlastet sind.

Pakete können aufgehalten werden. Da die Auslastung der Datenstrecken sehr unterschiedlich sein kann, sind Verzögerungen eher die Regel als die Ausnahme.

⁴RTP Control Protocol

⁵Reservation Protocol

⁶und für Nicht-Netzwerktechniker unverständlich

Pakete können ungleichmäßig verzögert werden. Gerade wenn zwei Pakete unterschiedliche Routen nehmen, treffen sie möglicherweise in der falschen Reihenfolge beim Empfänger ein und müssen sortiert werden.

2.2 Distributionsvarianten im Internet

2.2.1 Filetransfer oder Streaming?

Sind die Videodaten komprimiert, können Sie grundsätzlich auf zwei verschiedene Arten vom Sender zum Empfänger gelangen: Filetransfer oder Streaming.

Der Filetransfer ist dabei die schlechtere Lösung. Voraussetzung ist natürlich, daß überhaupt eine Datei existiert. Live-Ereignisse können so nicht übertragen werden. Außerdem kann der Inhalt meist erst nach erfolgter Übertragung betrachtet werden (Quicktime bietet aber u.A. Faststart-Dateien, deren bereits übertragener Teil schon abspielbar ist). Allerdings können höhere Bitraten genutzt werden, weil die Datenübertragung nicht in Echtzeit geschehen muß, bzw. die Übertragung kann schneller ablaufen, wenn eine höhere Bandbreite zur Verfügung steht, als für die Videodaten genutzt wird.

Streaming ist in dieser Hinsicht flexibler: Jede Art von Programm, egal ob aufgezeichnet oder live, kann gesendet werden. Außerdem muß der Empfänger die Daten nicht speichern, die Anforderungen an den Speicherplatz der Empfangsgeräte sind also gering. Der einzige Nachteil im Vergleich zum Filetransfer: Streaming Video muß mit der niedrigsten vorhandenen Bandbreite auf dem Weg vom Sender zum Empfänger auskommen, da es grundsätzlich in Echtzeit arbeitet.

Es wird übrigens von Streaming-Anbietern immer wieder behauptet, Streaming-Daten wären vor ungenehmigter Vervielfältigung sicher, da sie ja nicht gespeichert werden. Dies ist aber nur die halbe Wahrheit. Alle Daten, die der Empfänger erhält, kann er natürlich auch speichern. Daß die verbreitete Software dieses nicht tut, ist eine andere Sache. Entsprechende „Videorekorder-Software“ existiert, wird aber von den Streaming-Herstellern nicht gerne gesehen.

2.2.2 Unicast - Broadcast - Multicast

Die Verbreitung der Videodaten im Internet kann grundsätzlich über drei verschiedene Mechanismen verlaufen.

Unicast ist das heute für alle Internet-Teilnehmer funktionierende Verfahren. Jeder

Empfänger eines Videostreams erhält die Daten exklusiv über die Leitung zugeschickt. Dieses sorgt allerdings beim Sender für Probleme, denn die gleichen Daten müssen für jeden Empfänger einzeln verschickt werden. Dadurch werden beim Server sehr hohe Bandbreiten benötigt, während die Empfänger mit sehr niedrigen Bandbreiten auskommen müssen.

Eine einfache Alternative ist Broadcast. Dies wird für Videostreaming zwar nicht angewandt, soll aber zur Vollständigkeit hier genannt werden. Broadcast funktioniert nur in lokalen Netzwerken. Jedes Netzwerk hat eine spezielle Adresse, welche von allen angeschlossenen Rechnern empfangen wird. So reicht es, ein Datenpaket einmal zu senden, und es wird von allen Rechnern empfangen. Der Nachteil: Es wird auch von den Rechnern empfangen, die den Stream garnicht wollen. Broadcast-Datenpakete werden von Routern nicht weitergereicht, um zu verhindern, daß auf diese Weise andere Netzwerke mit nutzlosen Datenpaketen überflutet werden.

Die Lösung aller Probleme verspricht Multicast. Mit Multicast wird der Videostream nur einmal dorthin verschickt, wo Empfänger sind, und der Datenstrom wird an Verzweigungen notfalls verdoppelt, um zu beiden Teilzweigen zu gelangen. Auf diese Weise muß der Server keine große Bandbreite mehr vorhalten, und die Datenleitungen werden insgesamt weniger belastet.

Für Multicast werden spezielle IP-Adressen des Klasse-D-Bereichs benutzt. Möchte ein Empfänger einen Multicast-Stream empfangen, so sendet er einen Befehl an den nächstgelegenen Router. Dieser wiederum sucht den für ihn nächstgelegenen Router, solange bis ein Router den Datenstrom schon empfängt und ein weiteres Mal kopieren kann, oder bis der Server erreicht wurde. Auf diese Weise „abonniert“ der Empfänger praktisch das Programm, solange er es empfangen möchte, und bestellt es bei seinem Router ab, wenn er fertig ist.

Der große Nachteil: Multicast ist noch im experimentellen Stadium. Der Mbone (Multicast-Backbone) existiert zwar schon seit längerem, aber er wird noch nicht kommerziell genutzt. Einzelne experimentelle Sendungen mit der wahnsinnig riesigen Zahl von nicht mal einhundert Zuschauern sind schon gesendet worden.

Ein Problem, welches die Einführung unter anderem verhindert, sind die Abrechnungsmodalitäten zwischen den großen und kleinen Netzwerk-Betreibern. Der Unicast-Datenverkehr ist vertraglich geregelt. Große Anbieter tauschen ihren Datenverkehr normalerweise kostenlos untereinander aus, wenn die Datenmengen in beide Richtungen ungefähr gleich sind, aber kleinere ISPs, die nur Firmen und Privatkunden mit Internet-Zugängen versorgen, müssen für Datenverkehr zahlen. Wie aber soll man nun ein Multicast-Datenpaket bewerten? Wenn nur ein Empfänger damit versorgt wird, ist es dem Unicast gleichwertig. Sind mehrere Empfänger zu versorgen, spart es Bandbreite. Es ist somit irgendwie wertvoller.

Außerdem sind wichtige Fragen der Koordination von Multicast nicht abschließend geregelt, so daß auf die globale Einführung von IP-Multicast noch gewartet werden muß.

2.2.3 Quality of Service

Das Hauptproblem des Streaming: Die Daten müssen in Echtzeit gesendet werden. Kleine Verzögerungen können durch großzügig dimensionierte Zwischenspeicher aufgefangen werden, aber trotzdem kann es zu Unterbrechungen kommen. Mit „Quality of Service“ können die Daten nach ihrer Wichtigkeit gekennzeichnet und so von Routern bevorzugt behandelt werden. In IPv4 ist solch eine Kennzeichnung schon vorgesehen, allerdings wird sie noch nicht benutzt. Das kommende IPv6 wird QoS bieten, es ist aber noch nicht sehr weit verbreitet.

Andere Netzwerktechniken wie ATM bieten die Möglichkeit, Bandbreiten für bestimmte Datenkanäle zu reservieren. Leider ist ATM nicht sehr verbreitet, obwohl es z.B. zum Transport von IP-Datenverkehr benutzt wird. Es ist unwahrscheinlich, daß ATM sich gegenüber TCP/IP durchsetzen wird.

3 Anwendungen

3.1 Videokonferenzen

Videokonferenzen sind ein gutes Mittel, um Reisekosten zu sparen, aber die Gesprächspartner trotzdem zu sehen. Typisches Bildmaterial sind sprechende Köpfe, die sich nicht übermäßig viel bewegen, so daß die Komprimierung auch bei kleinen Datenraten noch ein ansehnliches Bild erzeugt. Dies ist wichtig, da jeder Teilnehmer nicht nur einen Datenstrom senden, sondern natürlich auch von allen anderen Teilnehmern Datenströme empfangen muß, so daß die Bandbreite sehr schnell sehr groß werden kann. Allerdings kann man spezielle Relais-Stationen zwischenschalten, die z.B. eine hohe Datenrate in eine niedrige umsetzen, damit auch Teilnehmer mit geringer Bandbreite Video sehen können, oder die verschiedene Videodatenströme zu einem Strom zusammensetzen, um z.B. aus vier Einzelbildern ein Viererbild zu erstellen. Die Möglichkeiten dazu sind schon im RTP vorgesehen.

Als bekannte Videokonferenz-Software ist Microsoft Netmeeting zu nennen, welche allerdings mit dem Videokonferenz-Protokoll H.323 arbeitet.

3.2 Video-on-demand

Mit Video-on-demand wird ein Mechanismus beschrieben, bei dem Empfänger zu jeder Zeit jeden beliebigen Videoclip ansehen können. Der Vorteil für die Komprimierungsalgorithmen ist, daß die gespeicherten Videos in der Regel nicht in Echtzeit komprimiert werden müssen, sondern daß die Komprimierung in mehreren Durchgängen optimiert werden kann, um ein möglichst gutes Ergebnis zu erzielen.

Video-on-demand wurde schon häufig als das Geschäftsmodell der Zukunft beschrieben, so richtig etablieren konnte es sich jedoch nicht. Das Problem sind die immer noch zu geringen Bandbreiten. Wenn sich ein Anbieter auf dem Markt behaupten will, muß er qualitätsmäßig mit VHS und DVD konkurrieren können. Selbst mit T-DSL dauert der

Download eines 90-Minuten-Spielfilms mit 2 GByte Datenmenge noch über 6 Stunden. Deshalb werden als Alternative Satellitenverbindungen oder Kabelfernsehen eingesetzt, der Film selbst verschlüsselt in einer Set-Top-Box gespeichert. Wirtschaftlich tragfähig ist aber noch keines der bestehenden Angebote.

3.3 Internet-TV

Die Übertragung von Live-Programmen, seien es Konzerte oder regelmäßige, TV-vergleichbare Programme, sind die dritte Möglichkeit für die Videoübertragung. Auch sie ist noch nicht sehr erfolgreich.

Die Übertragung eines Madonna-Konzertes krankte an massiver Server-Überlastung, der Datenstrom brach einige Male komplett ab. Der Markt für werbefinanziertes, öffentliches Internet-Fernsehen ist ebenfalls zu klein, als daß sich daraus ein aufwendiges Programm finanzieren ließe.

Als billiges Abfallprodukt bereits laufender Unternehmungen wird es aber schon heute produziert. Das Programm von n-tv wird live ins Internet übertragen, die ARD stellt die Tagesschau häppchenweise on demand zur Verfügung, und viele englischsprachige Anbieter tummeln sich bereits im Netz.

Die erzielbare Bild- und Tonqualität ist bei geringen Bandbreiten noch sehr bescheiden. Erst bei DSL-Geschwindigkeiten und Datenraten ab 300 kBit/s wird das Internet-Fernsehen recht ansehnlich - diese Internetzugänge sind aber noch nicht sehr verbreitet, das potentielle Publikum deshalb sehr übersichtlich.

3.4 Ausblick

Video im Internet - diese Anwendung hat ihren Sinn, und sie wird heute schon genutzt. Allerdings sind alle aktuellen und kommenden Meldungen über mögliche Killer-Anwendungen mit Vorsicht und Skepsis zu genießen. Die Menschen sind durch das traditionelle Analog-Fernsehen so sehr geprägt, und die Technik hat noch so viele Einschränkungen und Qualitätsdefizite, so daß kaum anzunehmen ist, daß sich nennenswert viele Menschen in naher Zukunft für Videoübertragungen im Internet begeistern können - jedenfalls nicht so viele, als das man damit viel Geld verdienen könnte.

4 Anhang

4.1 Quellen

Ein Bericht über die Verwendung des MBone ist unter <http://www.dkrz.de/gigaflops/gigaflops96-3/GIGA-12.html> zu finden.

Der Windows Media Encoder 7 gibt es zum Download unter <http://www.microsoft.com/windows/windowsmedia/en/wm7/encoder.asp>.

Ein Vortrags-Dokument mit Fokus auf RealNetworks-Applikationen liegt unter <http://www.tbw.mfh-iserlohn.de/seminarvortraege/rtime3/index.html>

Der RealProducer Basis ist unter <http://www.realnetworks.com> im Produkt-Bereich kostenlos erhältlich.

In der Zeitschrift c't, Ausgabe 10/2001 ist ein ausführlicher Testbericht über die verschiedenen Codecs und ihre Qualitäten, zusammen mit ausführlicher Hintergrundinformation zum Thema „Video im Internet“