

8. Übertragung von Videodaten

Videokonferenzsysteme, Video on Demand, Fernstudium, Telemedizin, Virtual Reality u.a. sind neue Applikationen, die auf der Übertragung von Video-, Audio- und Grafikdaten beruhen. Diese Applikationen bringen es mit sich, daß ein Netzwerk mehrere Audio- und Videoströme unterstützen muß, die verschiedenste Anforderungen an die Dienstqualität haben. Konventionelle lokale Netzwerke (Ethernet, FDDI) können für diese vielfältigen Multimedia-Applikationen die notwendige QoS, insbesondere Gesamtdurchsatzrate und Echtzeitanforderung, nicht immer bereitstellen. Abhilfe soll auch hier das ATM, als der Transportmechanismus für das B-ISDN, schaffen.

Kodierschema	Auflösung	Bandbreite (1 Kanal halbduplex) [Mbit/s]	Bandbreite Videokonferenz mit 4 Teilnehmern [Mbit/s]
MPEG-1	352 x 288	1,15	13,8
MPEG-2	720 x 576	4	48
MPEG-3 (HDTV)	1920 x 1080	20	240
MPEG-4 (Videophone)	176 x 144	0,064	0,768

Tabelle 8.1: Bandbreitanforderungen für digital kodierte Video [KYA 3/95]

Multimediadaten variieren in ihren Anforderungen an das Netzwerk. So liefern stetige Medien (Video, Audio) einen Datenstrom, der Echtzeitwängen unterliegt, andererseits in Abhängigkeit vom verwendeten Kodierschema ein gewisses Maß an Informationsverlusten toleriert. Konventioneller Computerverkehr (File-Transfer) oder Daten aus dem medizinischen Bereich dulden hingegen keinen Verlust, aber eine gewisse Verzögerung. Höchste Anforderungen an die Übertragungsleistung werden gegenwärtig durch Videosequenzen hoher Qualität gestellt, weshalb diese Form von Multimedia-Verkehr in vielen Studien zur Untersuchung der Leistungsfähigkeit von ATM-Netzwerken eingesetzt wird. Bei der Bewertung der End-to-End-Performance beim Einsatz von digital kodierten Videos (JPEG, MPEG-1, MPEG-2) über lokale ATM-Netzwerke, erfolgt dies vor allem durch die Untersuchung von Durchsatz, Jitter und Zellverlusten unter Lastbedingungen und dem Einsatz von Algorithmen zur Verkehrsglättung. In Tabelle 8.1 sind typische Übertragungsbandbreiten für digital kodierte Video dargestellt.

Desweiteren sind auf Grund der eingesetzten hocheffizienten Kompressionsalgorithmen die notwendige Rechenleistung zur Komprimierung/Dekomprimierung von einiger Bedeutung.

8.1. Bilddatenkompression für digitale Multimedia-Systeme

Digitale Kompressionsalgorithmen wie MPEG und JPEG nutzen die Charakteristika des menschlichen Auges, um Bildinformationen, die für den Betrachter (fast) nicht sichtbar sind, zu entfernen. Diese besteht darin, daß das menschliche Auge viel empfindlicher gegenüber Änderungen der Helligkeit als der Farbe ist.

- JPEG (Joint Picture Experts Group): Standbildkompression mit Raten von 10:1
- MPEG (Motion Picture Experts Group): Bewegtbildkompression mit Raten größer 100:1

Geeignete Kompressionsraten werden durch bestimmte Kompressionstechniken oder einer Kombination aus mehreren Kompressionstechniken erzielt.

Allgemein unterscheidet man zwei Kompressionstechniken:

1. Intraframe Kompression

Dieses Verfahren dient der Reduzierung der räumlichen Redundanz innerhalb eines jeden Bildes und wird sowohl bei JPEG als auch bei MPEG angewendet.

2. Interframe Kompression

Dieses Verfahren dient der Reduzierung der Redundanz in zeitlich aufeinanderfolgenden Bildern.

Intraframe Kompression

Bei dieser Kompression werden zuerst die Bildinformationen in den Frequenzbereich transformiert. Dazu werden die Informationen über rote, grüne und blaue Farbintensitäten in die Werte für Leuchtdichte bzw. Helligkeit (Y) und Farbdifferenzwerte (U,V) übersetzt.

$$Y = 0.299 R + 0.58 G + 0.114 B$$

$$U = 0.493 (B - Y)$$

$$V = 0.877 (R - Y)$$

Die Pixel der U- und V-Matrix werden dann in „kleine“ Blöcke aufgeteilt und das Prinzip des Subsampling angewendet, bei dem den Pixeln in einem Block der gleiche Farbwert zugeordnet wird (Informationsverlust). Anschließend werden die Blöcke zu Makroblöcken zusammengefaßt und einer diskreten Cosinus-Transformation (DCT), zur Übertragung in den Frequenzbereich (ähnlich der Fouriertransformation), unterzogen (kein Informationsverlust). Die Besonderheit der entstehenden Matrix mit den DCT-Koeffizienten besteht darin, daß:

- jeder Koeffizient aus allen Werten der Ausgangsmatrix berechnet wird,

- die Koeffizienten von links oben nach rechts unten immer kleiner werden und
- der Informationsgehalt der Koeffizienten von links oben nach rechts unten abnimmt,

so daß eine Quantisierung dieser Koeffizienten mit einem Schwellwert β möglich ist, die alle Koeffizienten, die betragsmäßig kleiner als β sind, zu Null werden läßt (Informationsverlust). Im letzten Schritt der Intraframe Kompression erfolgt eine statistische Kodierung der verbleibenden Werte entsprechend ihrer Häufigkeit (Entropie-Kodierung). In Abbildung 8.1 ist das allgemeine Prinzip der Intraframe Kompression dargestellt.

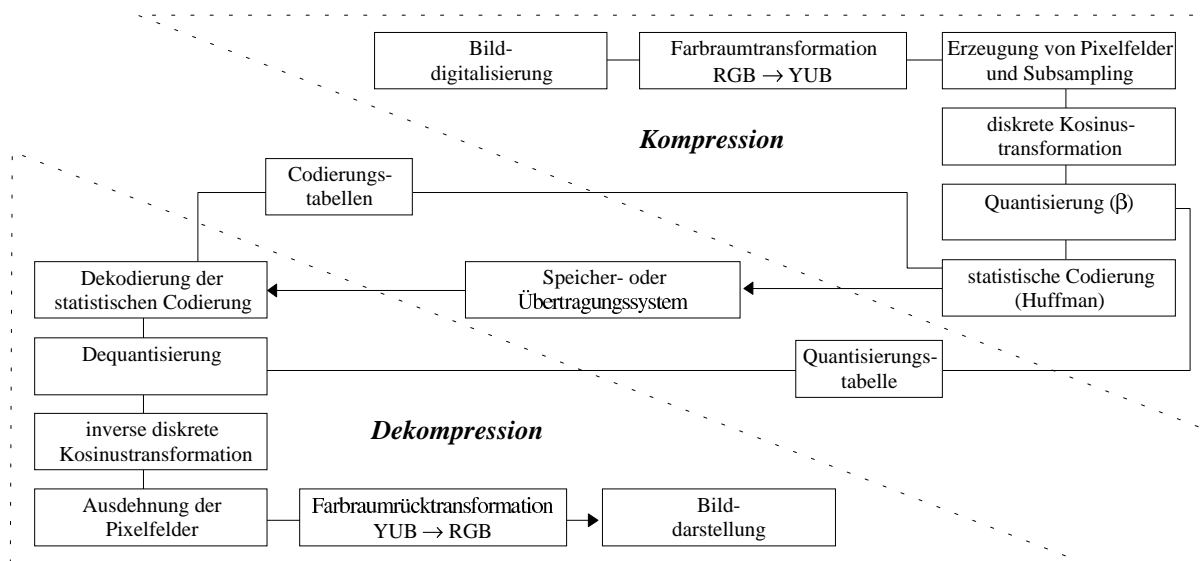


Abbildung 8.1: Prinzip der Intraframe Kompression [RFE 2/95]

Interframe Kompression

Der Grundgedanke der Interframe Kompression besteht darin, daß Bildinhalte einer Gruppe aufeinanderfolgender Bilder sich nur geringfügig ändern. Deshalb wird in einem ersten Schritt die Bildfolge in Gruppen aufeinanderfolgender Bilder aufgeteilt. Das erste Bild einer jeden Gruppe wird entsprechend des vorher beschriebenen Verfahrens intraframe-kodiert. Auf diese Intraframepicture (I-Frames) kann somit direkt zugegriffen werden. Die restlichen Bilder einer Gruppe werden bezogen auf das erste Bild kodiert. Es entstehen:

- Predicted Pictures (P-Frames) und
- Interpolated Pictures (B-Frames).

Predicted Pictures werden mit Bezug auf ein vorangegangenes I- oder P-Frame kodiert. Der Kompressionsgrad ist i.a. höher als bei I-Frames und geringer als bei B-Frames.

Interpolated Pictures werden mit Bezug auf ein vorangegangenes und nachfolgendes I- oder P-Frame kodiert. Sie weisen den höchsten Kompressionsgrad auf.

Beim MPEG gibt es zwei Parameter, die der Benutzer variieren kann, um Spezifizierungen der visuellen Qualität und der Bitcharakteristik vorzunehmen.

1. Quantisierungsfaktor β (auch für JPEG)
2. Anzahl der Bilder einer Gruppe zwischen zwei I-Frames

In der Studie wurde eine Interframe-to-Intraframe-Rate von 16 gewählt. Die entstehende Sequenz aus MPEG-Frames hatte somit die folgende Form: ... IBBPBBPBBPBBPBBPI ...

In Abbildung 8.2 ist die Anzahl von ATM-Zellen in Abhängigkeit von der Frame-Nummer dargestellt. Da die I-Frames (bei MPEG) alle 16 Frames auftreten, tritt auch alle 16 Frames eine Spitzenbitrate für die weniger komprimierbaren I-Frames auf.

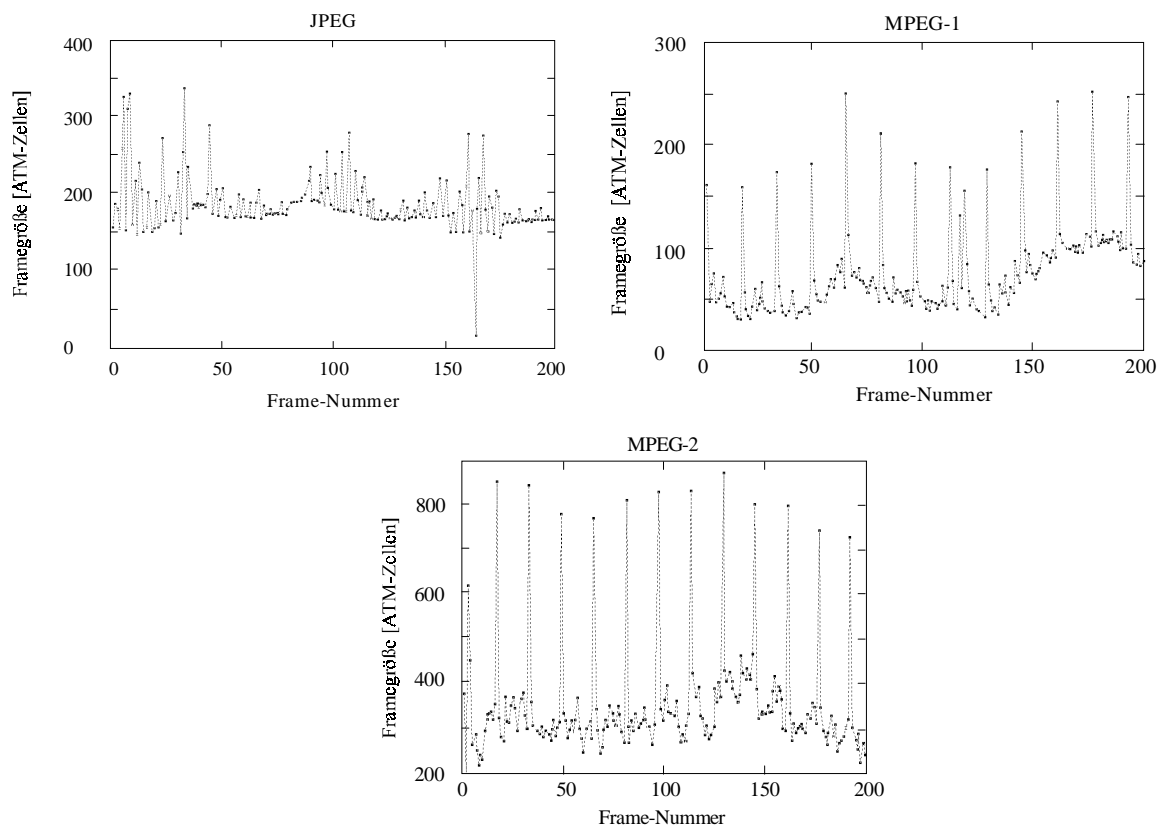


Abbildung 8.2: Kodierte Videoströme [MUL 4/96]

Ein weiterer Faktor, der die Bitratencharakteristik von Videoübertragungen beeinflusst, ist der Inhalt der Videosequenzen. High-Action-Szenen, Szenenwechsel und Zoom (komplexe räumliche und zeitliche Aktivitäten) reduzieren die Möglichkeit des Komprimierens. Videosequenzen mit wenigen Szenenwechseln (Videokonferenz) erzeugen relativ geringe, konstante Bitraten.

Für ins Detail gehende Ausführungen zur eingesetzten Kompressionstechnik sei auf entsprechende Literatur verwiesen.

8.2. Ziel der Studie

Ziel der Studie [MUL 4/96] war der Nachweis der Fähigkeit aktueller ATM LANs, VBR-Quellen in bezug auf Informationsverlust und Zeitanforderung zu unterstützen. Frühere Arbeiten griffen häufig auf analytische Mittel oder Simulationsmodelle zur Leistungsbestimmung zurück, die den Nachteil hatten, die komplizierte Wechselwirkung aller Komponenten vollständig zu berücksichtigen. Zum Einsatz kamen die Protokolle TCP/IP und UDP/IP, um u.a. die Fähigkeit bzw. Notwendigkeit einer End-to-End-Kontrolle und die Möglichkeit einer Wiederholung der Übertragung bei Fehlern, trotz Echtzeittatur des Videoverkehrs, zu untersuchen.

IP (Internet Protocol) ist das Basisprotokoll, das als verbindungsloses Protokoll für die virtuelle Verbindung zwischen zwei Rechnersystemen im Internet verantwortlich ist.

TCP (Transmission Control Protocol) ist das bekannteste der übergeordneten Protokolle und sorgt für den gesicherten Transport der Datenpakete über das Netzwerk durch die Verwendung von Prüfsummen, Quittungssignalen sowie Aufforderungen zur Übertragungswiederholung bei fehlerhaften Daten. TCP arbeitet verbindungsorientiert.

UDP (User Datagram Protocol) arbeitet ähnlich wie TCP, stellt jedoch keine Sicherheitsfunktionen zur Verfügung. UDP arbeitet verbindungslos.

In vorausgehenden Umfragen zum Einsatz von Protokollen, die eine Flußkontrolle und Sendewiederholung (wie TCP) bereitstellen, wurden diese als nicht verwendbar eingestuft, da entstehende Verzögerungen den Anforderungen des Videoverkehrs nicht genügen würde.

8.3. Testkonfiguration

Die verwendete Testkonfiguration ist in Abbildung 8.3 dargestellt und wurde in der Zusammenstellung ein Sender zu einem Empfänger und zwei Sender zu einem Empfänger verwendet.

Der Eingangsvideostrom für den MPEG-Dekoder bestand aus einer 3 min 40 s langen digitalisierten Sequenz (CD) eines „Star Wars“-Films mit High- und Low-Actionszenen. Die Wiedergabe erfolgte mit 24 Bildern/s, die Bildauflösung betrug 512 x 480 Pixel und die Interframerate $[I_x, I_{x+1})$ 16.

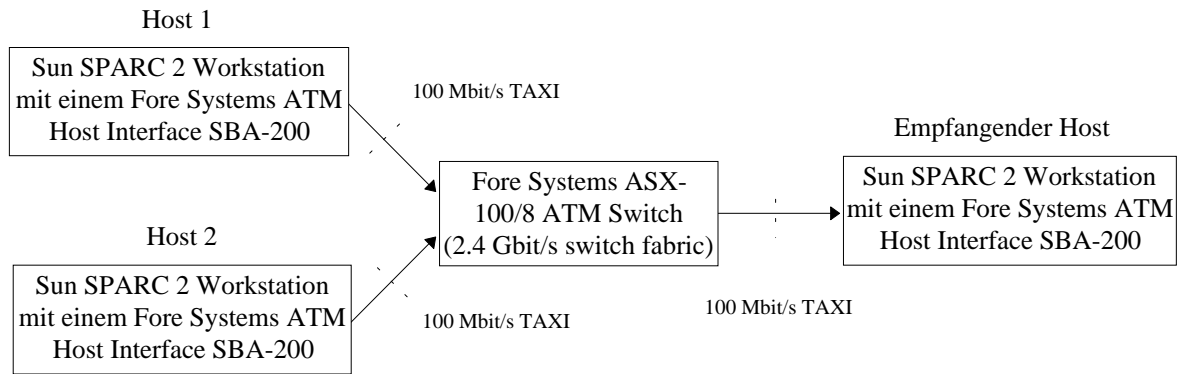


Abbildung 8.3: Testkonfiguration [MUL 4/96]

Der Eingangsvideostrom für den JPEG-Dekoder bestand ebenfalls aus einer „Star Wars“-Sequenz, kam von einem Videorekorder und wurde durch eine Videokarte von „Parallax Graphics“ verarbeitet. Die Wiedergabe erfolgte mit 15 Bildern/s und die Bildauflösung betrug 512 x 480 Pixel.

In Tabelle 8.2 sind die realisierten Bitraten dargestellt.

	min. Bitrate [Mbit/s]	durchs. Bitrate [Mbit/s]	max. Bitrate [Mbit/s]
MPEG-1	0.3	1.5	4.5
MPEG-2	0.8	5	10.5
JPEG	2	2.3	2.5

Tabelle 8.2: Realisierte Bitraten

8.3.1. Durchsatzmessung

- Experiment 1:

Durchsatzmessung von MPEG-1-Videostreamen in der Konfiguration ein Sender zu einem Empfänger.

Die Ergebnisse der Versuchsdurchführung sind in Tabelle 8.3 zusammengefaßt.

Type	UDP/AAL5	TCP/AAL5
Vergleichsergebnisse für den max. Durchsatz von Nachrichten von ca. 200 kByte	48 Mbit/s	35 Mbit/s
Spitzendauerdurchsatz für gemultiplexte MPEG-1-Videostreamen	41 Mbit/s	26 Mbit/s
Durchsatz für qualitativ akzeptables Video	12 Mbit/s (8 MPEG-Ströme)	23 Mbit/s (20 MPEG-Ströme)

Tabelle 8.3: Durchsatzergebnisse für MPEG-1

Die unerwartete Erkenntnis aus diesem Versuch ist die Tatsache, dass TCP eine bedeutend größere Anzahl von Videoströmen effektiver, mit einer akzeptablen Qualität, übertragen kann, wobei die Bitraten in der Nähe des möglichen Spitzendurchsatzes liegen. Flußkontrolle und Wiederholungsaufforderungen hatten demzufolge keinen entscheidenden Einfluß auf die möglichen Durchsatzraten bei TCP. UDP kann hingegen nur 8 Videoströme mit ca. 30 % des möglichen Spitzendauerdurchsatzes in akzeptabler Qualität übertragen. Erst der Einsatz von „Glättungsverfahren“ (s. Experiment 4) ermöglicht eine Verdopplung der Anzahl der übertragenen Videoströme.

-

```
ERROR: rangecheck  
OFFENDING COMMAND: .pdfshow
```

```
STACK:
```

```
{--widthshow-- }  
(. )  
32  
0  
23.5
```