

Ein Beitrag zu MPEG-4 Broadcast

Ein MPEG-4 Transport im Delivery Multimedia Integration Framework (DMIF)
für das Broadcast Szenario unter Nutzung von IP-Multicast

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades
DOKTOR-INGENIEUR

des Fachbereichs
Elektrotechnik und Informationstechnik
der
FernUniversität in Hagen

Vorgelegt von
Dipl.-Ing. Michael Stepping
geboren in Hachenburg/Westerwald

Hagen 2004

Eingereicht am:	05.07.2004
Tag der mündlichen Prüfung:	01.10.2004
1. Berichterstatter:	Prof. Dr.-Ing. Firoz Kaderali
2. Berichterstatter:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Krämer

Berichte aus der Kommunikationstechnik
herausgegeben von Prof. Firoz Kaderali

Michael Stepping

Ein Beitrag zu MPEG-4 Broadcast

**Ein MPEG-4 Transport im Delivery Multimedia Integration Framework
(DMIF) für das Broadcast Szenario unter Nutzung von IP-Multicast**

Michael Stepping
Siegen

Copyright Michael Stepping, 2004

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany

Michael Stepping, Gustav-von-Mevissen-Straße 28, 57072 Siegen

Telefon (02 71) 37 57 37 - 0 • Internet: www.stepping.de

eMail: Michael.Stepping@stepping.de

Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrgebiet Kommunikationssysteme des Fachbereichs Elektrotechnik und Informationstechnik der FernUniversität in Hagen.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr.-Ing. Firoz Kaderali. Durch seine Unterstützung bei der Erstellung der Arbeit, die Diskussionen und wertvollen Hinweise hat er diese Promotion überhaupt erst ermöglicht. Herrn Prof. Dr.-Ing. Bernd Krämer danke ich für das Interesse an dieser Arbeit und an der Übernahme des Korreferats.

Die vorliegende Arbeit basiert auf einem EU-Projekt, welches Herr Prof. Dr. Thomas Bonse zum FTK mitbrachte. Dadurch war früh der Grundstein für das Forschungsthema - Broadcast in MPEG-4 - gelegt. Ohne ihn wäre das Thema der Promotion so sicherlich nicht möglich gewesen. Daher mein besonderer Dank an ihn.

Für die interessanten Diskussionen, wertvollen Hinweise und Anregungen zu inhaltlichen Aspekten der Arbeit danke ich den Kollegen Dagmar Sommer, Thomas Paleschke und Christian Grosch. Herrn Peter Roer danke ich für die Ideen zum Thema Verkehrsformung. Herrn Prof. Dr. Werner Poguntke danke ich für das stets offene Ohr und seine Ratschläge bei der Erstellung dieser Arbeit.

Den Kollegen des Lehrgebiets danke ich für die zahlreichen Diskussionen und das intensive Korrekturlesen sowie ihrer Geduld mit mir, namentlich Gerd Steinkamp, Jörg Dora, Biljana Cubaleska, Alex Essoh und Thorsten Kisner. Frau Biljana Cubaleska habe ich auch meine heutige Begeisterung für MATLAB zu verdanken. Ohne diesen Impuls wäre es schwer geworden, die zahlreichen Auswertungen auch in grafischer Form zu erstellen.

Herrn Herwig Jahn, Herrn Mostafa Dashti und Frau Farkhondeh Mehdizadeh danke ich für die Erstellung ihrer Diplomarbeiten, womit sie wertvolle Vorarbeiten geleistet haben. Die Herren Rainer Dampmann, Stefan Neveling und Taher Nasched haben wesentlichen Anteil an der Implementierung des Prototypen durch das Umsetzen meiner Konzepte und Ideen. Ohne deren Hilfe und Ideen hätte der Prototyp nicht die heutige Stabilität erreicht. Den Herren Jens Vollmert und Marcus Ladwig danke ich für die Hilfe bei der Fertigstellung von Publikationen, der Erstellung von Grafiken sowie dem Korrekturlesen deutscher und englischer Texte. Die Herren Tekin Birduezen, Richard Sotke und Claus Behrens haben mich rund um das Thema MPEG-4 hilfreich unterstützt.

Frau Andrea Frank danke ich für die Erstellung von Hilfswerkzeugen und Herrn Firas Nasched für die Programmierung der Word-Makros, ohne die die Erstellung der Arbeit mit Word ein Desaster geworden wäre. Herrn Gerd Tübben danke ich für die umfassende Unterstützung mit technischem Equipment, sowie Herrn Matthias Schneider für die Versuche mit der Universität Siegen.

Die Arbeit am Lehrgebiet mit Herrn Kaderali, den Kollegen, Diplomanden, studentischen Hilfskräften und Praktikanten war immer sehr angenehm. Ich habe in den vergangenen Jahren stets sehr gerne mit ihnen zusammengearbeitet.

Für die Zusammenarbeit in den MPEG-Gremien, verschiedenen EU-Projekten und die Unterstützung mit MPEG-4-Playern und Autorenwerkzeugen darf ich den Herren Stefano Battista, Guido Franceschini, Jean-Claude Dufourd und Jürgen Deicke danken.

Schließlich gilt mein besonderer Dank meiner Frau, meinen Kindern, meiner elterlichen Familie und allen, die durch ihre Unterstützung unterschiedlichster Art die Arbeit mit vorangebracht haben und zu deren Gelingen beigetragen haben.

Schließlich und endlich enthält die Arbeit 13 Definitionen, 53 Gleichungen, 57 Tabellen und 282 Abbildungen.

Siegen, im Juli 2004

Kurzfassung

Die dieser Arbeit zu Grunde liegende Idee kann mit dem Schlagwort „Fernsehen über das Internet“ bezeichnet werden. Die stetig zunehmende Vernetzung der Haushalte ermöglicht es mittlerweile einer breiten Bevölkerungsschicht multimedial über das Internet zu kommunizieren.

Der Standard MPEG-4 (*Moving Pictures Experts Group*) liefert eine komprimierte, einheitliche Beschreibung (BIFS) für interaktive und objektbasierte Multimedia-Anwendungen (VRML) – die *MPEG-4 Applikation*. Diese multimedialen Datenströme werden als Multimedia-Objekte (AAC, AC-3, H.264, H.263, H.261, MPEG-2, ...) behandelt.

Der Transport dieser Datenströme geschieht mittels des Rahmenwerks *Delivery Multimedia Integration Framework (DMIF)*, welches die eigentliche Quelle der Datenströme vor dem audio-visuellen Darstellungswerkzeug (Player) verbirgt. Damit erfolgt mit der Schnittstelle *DMIF Application Interface (DAI)* die Trennung in einen medien- und einen netzunabhängigen Teil.

Hier setzt die Arbeit an. *MPEG-4 Broadcast* ist der unidirektionale, gleichzeitige Versand von Datenströmen von einer Quelle an viele Empfänger (Push-Szenario). Hierfür wird in dieser Arbeit IP-Multicast verwendet, welches die Datenströme erst in den an der Verteilung beteiligten Routern vervielfältigt.

Die vorgestellte unidirektionale DMIF-Signalisierung für das MPEG-4 Broadcast-Szenario ist als *Generische Signalisierung* für schmalbandige Netze und als *IP-Multicast Signalisierung (SAP/SDP)* für breitbandige Netze entwickelt worden. Transportkanalinformationen wie Adresse (Socket) und Dienstgüte sowie Kanalbeziehungen zwischen den logischen Kanälen (Elementar-Datenstrom) und den Transportkanälen werden übermittelt.

Für das bei dem Paradigma *Fernsehen* übliche spätere Einschalten eines Empfängers in eine laufende Übertragung, das sogenannte *Late Tuning-In*, überträgt die Signalisierung periodisch mit Karussell-Techniken die benötigten Informationen mehrfach. Auch das MPEG-4 typische Wurzelelement *InitialObjectDescriptor (IOD)* wird periodisch übertragen.

Für den Transport der Datenströme im Broadcast-DMIF wird das Echtzeit-Transportprotokoll *Real-Time Protocol (RTP)* über UDP/IP-Multicast verwendet und leistet die Inter- und Intra-Datenstrom-Synchronität. Aus den MPEG-4 Datenströmen werden die Zeitstempel aus dem spezifischen *Synchronisation Layer* entnommen. Die Informationen über den wahlfreien Zugriffspunkt (*Random Access Point*) müssen zusätzlich angepasst werden. Für das spätere Einschalten, *Late Tuning-In*, müssen des Weiteren statische Objekte (Stillbilder, ...) in einem Karussell periodisch übertragen werden. Beliebig große MPEG-4 PDUs werden in RTP-PDUs fragmentiert und reassembliert. Hierfür wurde das RTP-Protokoll erweitert. Das FlexMux-Werkzeug zum Multiplexen kleiner MPEG-4 PDUs wird nicht berücksichtigt.

UDP hat die Eigenschaft der Verkehrsverdrängung (*non-TCP-friendly traffic*), daher wird der Ausgangsverkehr der Quelle der Datenströme (Broadcast-Server) mittels der *Server Limited Bitrate (SLB)* limitiert. Diese Bitrate wird eingeführt und ist die obere Grenze der aktuellen Ausgangsspitzen-Bitrate beziehungsweise die maximale Server-Ausgangsdatenrate und wird nicht überschritten. Mittels Verkehrsglättung und -formung (Traffic Shaping, Rate Shaping) wird unter Verwendung verschiedener Scheduling-Algorithmen (FIFO, WRR, ...) der ankommende MPEG-4 Verkehr unter Ausnutzung statistischer Eigenschaften (Jitter, Delay) geglättet.

Für das Traffic Shaping wurde nicht der bekannte *Sliding Window*-Mechanismus, sondern die im Rahmen dieser Arbeit entwickelte *Virtuelle Blockierzeit* verwendet. Dieser Zusammenhang ermittelt aus der Größe der zu übertragenden PDU in Verbindung mit der *SLB* die virtuelle Übertragungszeit. In dieser Zeit darf keine weitere PDU den Broadcast-Server verlassen. Reale Einflüsse (Betriebssystem, Festplattenzugriffe, Netzwerkkarte) führen zu der Verfeinerung der *Realen Blo-*

ckierzeit. Empfängerseitig werden die Datenströme wieder entzerrt und in Echtzeit an den Player abgegeben.

Mittels der Verkehrstheorie wird gezeigt, dass die Puffergröße und die Serververweilzeit der PDUs abgeschätzt werden können und nur von der Verkehrsankunftsrate am Broadcast-Server und den statistischen Eigenschaften der Varianzen der Ankunfts- und Bedienrate abhängen. Ebenso wird gezeigt, dass die Größe des Client-Puffers in der Größenordnung des Server-Puffers liegen sollte.

Es wird ein modularer Demonstrator mit Software-Engineering-Methoden zur Verifikation der theoretischen Ansätze erstellt. Dieser besteht aus den Modulen *Broadcast-Server*, *Broadcast-DMIF-Server*, *Broadcast-DMIF-Client* und *Player*. Als Programm für die audio-visuelle Darstellung werden verschiedene MPEG-4 Player und als Datenströme werden selbst generierte MPEG-4 Applikationen verwendet. Hierbei werden bestehende Datenströme in MPEG-4 Audio- und Video-codierte Datenströme transcodiert. Die verkehrstheoretischen Ansätze und Abschätzungen, insbesondere das Traffic Shaping, werden mit dem Prototypen verifiziert.

Die entstandene Software ist mit den Methoden der objekt-orientierten Analyse, des Designs und der Programmierung (OOA, OOD, OOP) nach *Object Modelling Techniques (OMT)* erstellt worden. Die Ergebnisse wurden mit der *Unified Modelling Language (UML)* dokumentiert.

Der Demonstrator ist für Windows- und Linux-Betriebssysteme in portablen Source-Code in C++ erstellt. Dazu sind insbesondere die betriebssystemspezifischen Funktionen und Methoden in portablen Klassen gekapselt.

Abstract

The basic idea of this thesis can be described as “Television via the Internet”. The continuous growth of interconnected households enables a broad audience to use multimedia tools within the Internet.

The standard MPEG-4 (*Moving Pictures Experts Group*) provides a unique, compressed description (BIFS) for interactive and object-oriented Multimedia-Applications (VRML), the so called *MPEG-4 Application*. These multimedia streams are treated as Multimedia-Objects (AAC, AC-3, H.264, H.263, H.261, MPEG-2, ...).

These streams are transported using *Delivery Multimedia Integration Framework* (DMIF), which hides the original source of the streams from the audio-visual player. With this distinction a media-unaware part and a network-unaware part is separately served. The boundary is the *DMIF Application Interface* (DAI).

The discussions presented within this thesis are based on the described architecture. *MPEG-4 Broadcast* describes the unidirectional, simultaneous distribution of streams from one source to multiple receivers (Push-Scenario). This thesis is based on IP-Multicast mechanisms, which multiply data streams at the distribution-involved routers only.

The presented DMIF signalling within the *MPEG-4 Broadcast Scenario* is developed as a *generic signalling* for narrowband transmissions as well as an *IP-Multicast signalling* (SAP/SDP) for broadband networks. Transport channel information like addresses (sockets) and Quality of Service (QoS) information are transmitted as well as a mapping of logical channels (so called Elementary Streams) to the underlying transport channels.

To enable the well-known “Television” paradigm in the given environment, the *Late Tuning-In* of a terminal is supported by signalling information which announces the required information periodically in a carousel. Additionally, the typical MPEG-4 root element *InitialObjectDescriptor* (IOD) is transmitted periodically as well.

The transport of the streams via the Broadcast-DMF is carried out by the *Real-Time Protocol* (RTP) via UDP/IP-Multicast. RTP provides the inter- and intra-stream-synchronicity. The time-stamps in an MPEG-4 stream are extracted from the specific *Synchronisation Layer*. Furthermore, the *Random Access Point* is modified. To enable the Late Tuning-In, static objects (still images) are carried out in a carousel, too. MPEG-4 PDUs of any size are fragmented and re-assembled into RTP-PDUs. Therefore, the RTP-Protocol was extended accordingly. The FlexMux-Tool to multiplex small MPEG-4 PDUs is not considered in this thesis.

UDP has the characteristic to supersede traffic (*non-TCP-friendly traffic*), so the outgoing traffic of the source of the streams (broadcast server) is limited by the *Server Limited Bit rate* (SLB). This bit rate is defined and limits the upper border of the current outgoing bit rate. By introducing traffic shaping, rate shaping and different scheduling algorithms (like FIFO, WRR, ...), the arriving MPEG-4 traffic is smoothed using its own statistical features (jitter, delay). Traffic shaping is realised without using the well-known *Sliding Window-Mechanism*. Instead of this, a new *Virtual Blocking Time* is introduced. The PDU size to be transmitted in conjunction with the SLB leads to the virtual transmission time. During this time interval, no other PDU is allowed to leave the broadcast server. But other influences coming from the real environment of such a system (operating system, hard disc access, network interface card) lead to the improved *Real Blocking Time* algorithm. On behalf of the client, the streams are de-jittered and are delivered to the player in real-time.

By deriving relations from basic traffic theory, it is shown that the buffer sizes and the server waiting time for a distinct PDU is assessable and depends only on the arrival-rate at the broadcast

server, the statistical attributes of the variances of arrival rate and serving rate. Another result is that the size of the client buffer should be of the same size as the used server buffer.

The modular concept of the demonstrator is based on software-engineering principles and is required to verify the estimations determined theoretically. The demonstrator implementation consists of the Modules *Broadcast-Server*, *Broadcast-DMIF-Server*, *Broadcast-DMIF-Client* and *Player*. To playback audio-visual streams, several MPEG-4 players are used. The used streams appear as MPEG-4 applications and are hand-made results coming out of different processing steps. Existing streams are additionally transcoded into MPEG-4 audio- and video-coded streams. The deriving estimations and assessments from basic traffic theory are verified. Therefore, the main focus lies on the verification of the traffic shaping algorithms.

The developed software is realised by the use of *Object-oriented Analysis, Design and Programming* (OOA, OOD, and OOP) methods according to *Object Modelling Techniques* (OMT) and documented corresponding to *Unified Modelling Language* (UML) specifications.

The demonstrator is developed for Windows and Linux operating systems with portable source code in C++. Operating system specific function calls and methods are encapsulated in portable classes.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung und Übersicht	1
2	Broadcast und Multicast	3
2.1	Broadcast – Rundsendebetrieb	3
2.2	Kommunikationsformen für Gruppen	5
2.3	IP-Multicast-Routingprotokolle	8
2.4	Einsatz für Broadcast-Szenarien	12
2.5	Gruppenmanagement im lokalen Netz	13
2.6	Zusammenfassung	16
3	MPEG-4	17
3.1	MPEG Standards	17
3.2	Videokompression	25
3.3	Das MPEG-4-System	31
3.4	Der MPEG-4 Transport - DMIF	33
3.5	Die MPEG-4 Applikation	34
3.6	Protokoll für den Start einer MPEG-4 Applikation	36
3.7	Deskriptoren	38
3.8	Zusammenfassung	46
4	MPEG-4 Broadcast	47
4.1	Netz-Modelle	47
4.2	MPEG-4 Delivery Multimedia Integration Framework	50
4.3	Remote-Interactive Szenario	54
4.4	Push/Pull-Szenario	65
4.5	Broadcast Anforderungen	65
4.6	Zusammenfassung und Identifizierung der Aufgabenstellung	69
5	Broadcast-DMIF Signalisierung	73
5.1	Einleitung	73
5.2	Zielsetzung	74
5.3	Dienstzugang	75
5.4	Protokoll	76
5.5	Meldungen: Generische Signalisierung	86
5.6	Meldungen: Multicast-Signalisierung	102
5.7	Karussell-Schicht	122
5.8	Zusammenfassung	124
6	Broadcast-DMIF Datentransport	127
6.1	Datenströme im MPEG-4 Terminal	127

6.2	Anforderungen an Warteschlangenmodelle	130
6.3	Warteschlangen und Puffer	135
6.4	Theoretische Betrachtung des Broadcast-DMIF	141
6.5	Queue-Management.....	153
6.6	Ratenanpassung (Rate Shaping).....	159
6.7	Traffic Shaping.....	160
6.8	Verwendete Protokolle	164
6.9	Protokolloptimierungen	171
6.10	Ergänzende Protokolle	176
6.11	Zusammenfassung	179
7	Broadcast Prototyp	181
7.1	Analyse.....	182
7.2	Modellbildung	183
7.3	Anwendungsfälle (Use case)	187
7.4	Aktivitäten	192
7.5	Zustandsdiagramme.....	234
7.6	Schnittstellen (Interface)	236
7.7	Klassen (Classes)	237
7.8	Implementierung.....	239
7.9	Zusammenfassung	241
8	Versuchsdurchführung	243
8.1	Versuchsaufbau.....	243
8.2	Broadcast-Server und Broadcast-DMIF	245
8.3	Messpunkte.....	246
8.4	Messungen.....	249
8.5	Zusammenfassung	285
9	Zusammenfassung	287
A	Abkürzungsverzeichnis und Glossar.....	293
A.1	Abkürzungen, Glossar.....	293
A.2	Mathematische Bezeichnungen.....	298
B	Unified Modeling Language	299
B.1	Konzepte der objektorientierten Systementwicklung	299
B.2	Objektorientierte Modellierung mit der UML.....	301
C	Erstellung von Inhalten	311
C.1	Das Autorensystem	311
C.2	Die Szenenbeschreibung	311
C.3	Generierung einer MPEG-4-Applikation als .mp4-Datei	312
C.4	Der Autoring-Prozess	313

C.5	Verwendete Programme.....	314
C.6	Audiomaterial nach AAC/MP3 encoden	315
C.7	Erstellen der MPEG-4 Applikation aus den einzelnen Datenströmen	318
C.8	bSoft Tools.....	321
D	Realisierung eines Schalters in einer MPEG-4 Applikation	327
D.1	Grundlegende Elemente in MPEG-4	327
D.2	Definition der Elemente.....	328
D.3	Funktionsweise.....	329
D.4	BIFSText	329
D.5	Beispiel: InitialOD und OD	332
D.6	MPEG-4 Knotenelemente (Nodes)	333
E	Datenmaterial.....	335
E.1	„KillerBean 2“	335
E.2	„Roxette-Fingertips93-CBR600“	338
E.3	„Roxette-Fingertips93-VBR600“	340
E.4	„Roxette-Fingertips93-VBR1200“	342
E.5	„Roxette-Queen of Rain“.....	344
E.6	„Matrix_XP“.....	346
E.7	„Tomb Raider 2 Trailer“	348
E.8	„Terminator 3 Trailer“.....	349
E.9	„Hikaru no GO (ep1) –german Subtitle“	350
E.10	„Hikaru no GO (ep1) – italy Subtitle“	352
E.11	„Matrix Reloaded Trailer“	352
E.12	„Watch-Out“ (http://watch.out.free.fr/)	354
F	Übersicht der MPEG Standards.....	357
G	Automatisierter Test.....	361
G.1	BroadcastCtrl.....	361
G.2	OsroseTester.....	363
G.3	CSV2Matlab.....	363
G.4	LogFileConverter	363
G.5	CheckTestFolder.....	364
	Abbildungsverzeichnis.....	365
	Tabellenverzeichnis.....	373
	Literaturverzeichnis	375
	Index.....	389

1 Einführung und Übersicht

Die Anfänge dieser Arbeit wurden in dem EU-Esprit-Projekt *MPEG-4 PC* gelegt. Dieses EU-Projekt startete 1996, um den damals noch in der Entwicklung befindlichen Standard MPEG-4 auf einem *Personal Computer (PC)* zu implementieren. Ein Hauptaugenmerk bildete damals die Entwicklung von Hardware-beschleunigten MPEG-4 Grafikkarten, so wie dies schon zu Zeiten von MPEG-2 geschah. 1998 stellte sich jedoch heraus, dass kommende Rechner (damals Pentium II, 200 MHz) in kurzer Zeit schon leistungsfähig genug würden, so dass kein Bedarf an einer Hardware-Lösung bestand.

Noch im selben Jahr stimmte die EU-Kommission der Änderung des Projektziels dahingehend zu, dass das Broadcast-Szenario wissenschaftlich auf den praktischen Einsatz hin untersucht werden sollte. So wurde der Grundstein dieser Arbeit gelegt.

Eine Idee und somit der Grund für die Beteiligung der FernUniversität an diesem Projekt war das Ziel, über die bis dato bekannten Verfahren für multimediale Darstellungen hinaus Erfahrungen zu sammeln. Außerdem war das Broadcast-Szenario gerade deshalb interessant, weil es für die FernUniversität für die Verbreitung von multimedialen, elektronischen Lehrmaterialien, wie sie für die neu eingeführten Bachelor- und Master-Studiengänge schon vielfach in den letzten Jahren vorbereitet wurden, kostengünstig genutzt werden kann. Kostengünstig, weil ein einziger Datenstrom die FernUniversität verlässt und nur dieses Transfervolumen die Netzressourcen belastet und später zur Abrechnung gelangt.

Durch Verwendung der IP-Multicast Technologie, die über zehn Jahre nach der grundlegenden Arbeit von Deering [Dee91] in der Praxis erste langsame Konkretisierungen zeigt, wird dieser Datenstrom erst in den angeschlossenen Multicast-Netzen vervielfacht und gelangt dann zu den einzelnen Empfängern. Der Vorteil der Nutzung von Multicast-Techniken gegenüber Broadcast-Techniken ist, dass nur die empfangsbereiten Empfänger auch mit dem Datenstrom versorgt werden.

Die *Moving Pictures Experts Group (MPEG)* begann 1988 ihre Arbeiten zur Standardisierung von Audio- und Videokompressionstechniken und verabschiedete in der Folge eine Reihe von Normen. *MPEG-4* steht als Synonym für sehr kleine Videobitraten, was das ursprüngliche Ziel der Entwicklung (64 kbit/s - 384 kbit/s) von *MPEG-4 Video* war. Dieses ehrgeizige Ziel konnte erst mit der Weiterentwicklung des *MPEG-4 Advanced Video Coded (AVC)* beziehungsweise ITU.T H.264 realisiert werden. Hier war die maßgebliche Antriebsfeder die Einführung der UMTS-Technologie (Mobilfunk dritter Generation), die Bewegtbilds mit einer nutzbaren Übertragungsrate von 384 kbit/s erstmals in akzeptabler Qualität ermöglichen.

Die Problemstellung dieser Arbeit ist, minimale Datenmengen¹ möglichst maximal zu verbreiten. Dazu folgen zwei Ansätze. Einerseits setzen Mechanismen an den Datenströmen selbst in Form von Kompressionsstandards an und andererseits in der Netzoptimierung wie Multicast. Ein Ansatzpunkt ergibt sich aus der Tatsache, dass Multimedia-Datenströme üblicherweise eine burstartige Verkehrscharakteristik aufweisen. Hierdurch kommt es normalerweise zu einer Überreservierung von Netzressourcen, wenn eine bestimmte Dienstgüte (*Quality of Service*) angestrebt wird. Der Lösungsansatz, der in dieser Arbeit verfolgt wird, ist die Glättung der Datenströme mit dem Ziel, die benötigte Übertragungsrate unter einem wohldefinierten, parametrisierbaren Limit zu halten. Im Broadcast-Szenario führt diese Lösung zu einer verzögerten Versendung der Datenpakete. Andererseits müssen diese in Echtzeit beim Endteilnehmer abspielbar sein. Die Fragen dieser Ar-

¹ beispielsweise komprimierte Videodatenströme

beit stellen sich bezüglich der *Signalisierung*, der *Verkehrsanpassung* und der verwendbaren *Pufferungsmechanismen*.

Die Arbeit gliedert sich wie folgt. Im Kapitel 2 werden die Grundlagen und Randbedingungen eines Broadcast-Szenarios eingeführt sowie die Datenverteiltechnik IP-Multicast und hier insbesondere den Ablauf beim Sender und Empfänger im LAN vorzustellen. Das Kapitel 3 gibt nach einem historischen Abriss der MPEG-Geschichte eine Einführung in die Audio- und Videokompressionstechniken und eine detaillierte Einführung in das MPEG-4 System wieder. Der Transport-Teil von *MPEG-4*, genannt *Delivery Multimedia Integration Framework*, kurz *DMIF* [14496-6], wird in Kapitel 4 eingeführt und unter dem besonderen Blickwinkel des Broadcast diskutiert. Daraus werden die beiden Arbeitsgebiete Signalisierung und Transport abgeleitet.

Im Bereich der Signalisierung wird in Kapitel 5 eine neues Signalisierungsprotokoll für das Broadcast-Szenario vorgestellt, welches mit generischen *DMIF* Protokollmeldungen als auch mit *Session Description Protocol (SDP)*-konformen Meldungen entwickelt wird.

Im Bereich des Transports werden die Datenströme im Transport-System untersucht. Dazu wird im Kapitel 6 die Inter- und Intra-Datenstrom-Synchronisierung, sowie Konzepte für Puffermodelle und theoretische Betrachtungen von Warteschlangen-Systemen vorgestellt. Besonderes Augenmerk wird zum Abschluss auf die faire Nutzung der vorhandenen Netzressourcen gelegt.

Die Software des im Rahmen dieser Arbeit erstellten Prototyps wird in Kapitel 7 vorgestellt. Objektorientierte Analyse, Konzept und Design zeigen die Komplexität des Prototypen.

In Kapitel 8 werden die durchgeführten Versuche untersucht und diese mit den theoretisch erwarteten Werten verglichen.

Kapitel 9 endet mit einer Zusammenfassung und Bewertung sowie einem Ausblick auf die mit dieser grundlegenden Arbeit eröffneten Forschungsgebiete.

Die Beschriftungen aller Abbildungen in dieser Arbeit sind strikt in englischer Sprache beziehungsweise in englischen Fachworten gehalten. Ebenso sind im Text Fachbegriffe in englischer Sprache beibehalten worden und nur dort, wo die Bedeutung nicht sofort ersichtlich ist, kurz in deutscher Sprache erläutert. Dieses Vorgehen vereinfacht eine spätere englische Veröffentlichung für das internationale Fachpublikum.

2 Broadcast und Multicast

In diesem Kapitel werden Distributionsformen für Datenströme über Netze vorgestellt. Insbesondere wird die Verteilung von identischen Datenströmen an eine große Empfängerschar betrachtet.

2.1 Broadcast – Rundsendebetrieb

In diesem Kapitel wird der **Broadcast**, deutsch *Rundsendebetrieb*, vorgestellt. Es wird absichtlich von Broadcast gesprochen, da damit nicht nur landläufig die drahtlosen Übertragungstechniken via terrestrischem Broadcast gemeint sind.

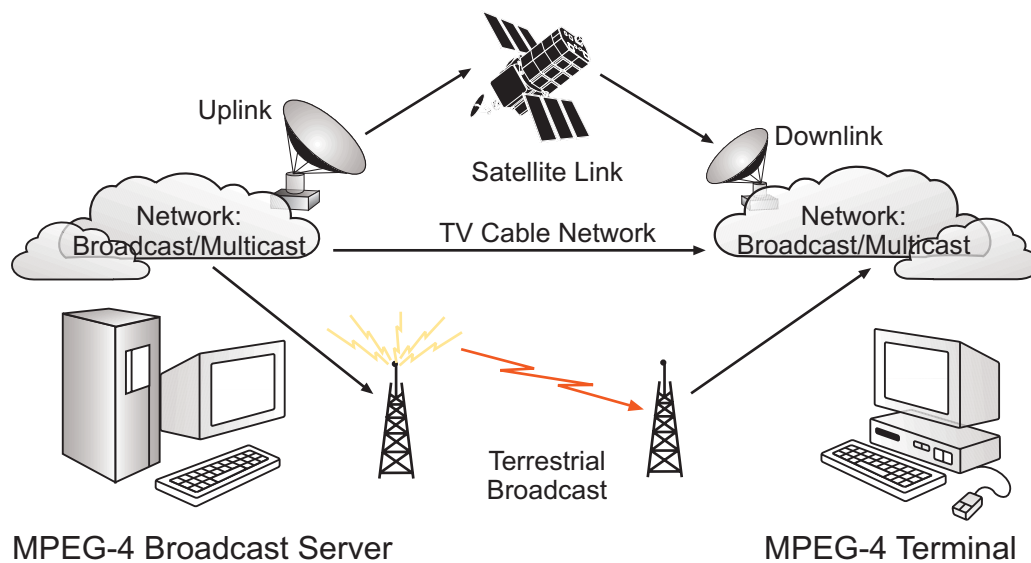


Abbildung 1: Mögliche Netzstruktur für ein MPEG-4 DMIF¹-Broadcast-Szenario

In Broadcast Umgebungen wie Satellitenstrecken, Fernsehkabelnetzen oder terrestrischen Übertragungsverbindungen existiert im Allgemeinen nur ein einseitiger Informationsfluss vom Sender zum Empfänger. Dieses unidirektionale Szenario beinhaltet die weit verbreiteten Verteilungsstrategien für Informationsdienste (*Push-Dienste*).

In dieser Arbeit wird das Paradigma des konventionellen Fernsehens zu Grunde gelegt.

Dieses Szenario hat die sehr wichtige Randbedingung:

- Es besteht eine unidirektionale Verbindung vom Broadcast-Server zum Terminal und
- damit besteht kein Rückkanal vom Terminal (Anwender) zum Broadcast-Server.

Einige wesentliche Eigenschaften und Randbedingungen des *Fernsehens* sollen hier aufgeführt werden:

- kein Rückkanal (damit sind keine Anfragen des Terminals an den Broadcast-Server möglich),
- beliebige Auswahl ausgestrahlter Sendungen,
- nach Selektion eines Fernsehkanals sollen sofort die Inhalte präsentiert werden,
- Verwendung bestehender Internet-Infrastruktur und damit kostengünstiger Einsatz.

¹ Delivery Multimedia Integration Framework (DMIF) wird der für den MPEG-4 Transport zuständige Teil des MPEG-4 Standards genannt.

Mit dieser Aufzählung werden die größten technischen Schwierigkeiten im Umfeld von MPEG-4 beschrieben [BS00], [BS99a], [BS99c]. In den kommenden Kapiteln werden die Möglichkeiten und Einschränkungen von IP-Multicast und dem MPEG-4 Transport – DMIF – im Detail erarbeitet. Lösungen der Sachzwänge, die ein Broadcast-Szenario einführt, werden in Kapitel 5 vorgestellt.

Broadcast Szenario

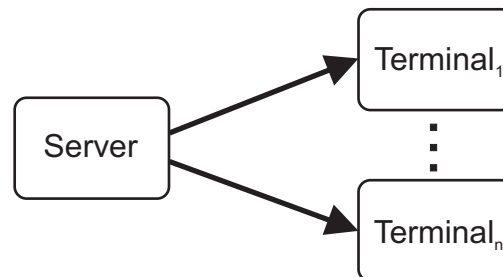


Abbildung 2: Gleichzeitiger Empfang an allen Terminals

Das Broadcast-Szenario zeichnet aus, dass n Empfänger (Terminal₁ bis Terminal_n) gleichzeitig dieselben Datenströme empfangen. Dieses Szenario wurde ursprünglich *Rundsendebetrieb* genannt, was in der deutschen Sprache allerdings mit der rein terrestrischen Ausstrahlung von Radio- oder Fernsehprogrammen über Antennen semantisch vorbelegt ist, auch wenn mittlerweile der Kabelfernseh- und der Satellitenempfang an Bedeutung zugenommen hat.

In dieser Arbeit werden die Terme *Player*, *Terminal* und *Client* synonym für den Empfänger der Datenströme verwandt, also das Empfangsgerät zur audiovisuellen Darstellung der Datenströme für den Betrachter.

Der Begriff *Server* bezeichnet den Sender der Datenströme.

Kanalwahl

Bei dem Begriff *Kanal* soll es sich um audio-visuelle Datenströme, wie in einem *Fernsehskanal*, handeln. Der Anwender kann zwischen mehreren *Programm-Kanälen* beliebig auswählen (*wahlfreier Zugriff*).

Spätes Einschalten (*Late Tuning-In*)

Eine wichtige Anforderung für ein Broadcast-Szenario ist die Möglichkeit, während einer laufenden Übertragung einzuschalten. Solch ein verspätetes Einschalten (*Late Tuning-In*) ist ohne weitere zusätzlich übertragene Informationen gewöhnlich nicht möglich.

Beim *Fernsehen*, was technisch *ein* und zusätzlich *kontinuierlicher* Datenstrom ist, kann zu beliebiger Zeit in den Datenstrom eingeschaltet werden und die Selbstsynchronisierungsmechanismen des Datenstromes sorgen für eine unverzügliche Darstellbarkeit der audio-visuellen Bestandteile des *Programm-Kanals*.

Wird jedoch in Betracht gezogen, dass bei MPEG-4 eine Szene auch statische Elemente beinhalten kann, die nur einmalig für eine Szene benötigt werden, so ergeben sich hieraus Probleme, wenn ein *Terminal* verspätet eingeschaltet wird. Die Übertragung des statischen Elements ist zeitlich gesehen schon geschehen und damit für das *Terminal* unwiderruflich verloren. Lösungen werden in Kapitel 5 *Broadcast* erarbeitet.

Literaturverzeichnis

- [AS98] F.-U. Andersen und J. Schmidt: Weltweit Video – Mbone: Multimedia im Internet, Verlag Heinz Heise, c't, Ausgabe 21, Seite 262 ff, 1998
- [BB92] B. Breutmann, R. Burkhardt: Objektorientierte Systeme, Grundlagen – Werkzeuge, Einsatz, Hanser, München, Wien, 1992
- [Ben97] H. Benoit: Digital Television MPEG-1, MPEG-2 and principles of the DVB system, AJ Wiley & Sons, 1996, 1997
- [Ber93] E. Berard: Essays on Object-Oriented Software Engineering, Volume I, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1993
- [BJR97a] G. Booch, I. Jacobson und J. Rumbaugh: Unified Modeling Language, Notation Guide, Version 1.5, 2003, zu beziehen über <http://www.omg.org>
- [BJR97b] G. Booch, I. Jacobson und J. Rumbaugh: Unified Modeling Language, UML Semantics, Version 1.5, 2003, zu beziehen über <http://www.omg.org>
- [BJR97c] G. Booch, I. Jacobson und J. Rumbaugh: Unified Modeling Language, UML Summary, Version 1.5, 2003, zu beziehen über <http://www.omg.org>
- [Boo94] G. Booch: Object Oriented Design with Applications, Second Edition, The Benjamin/Cummings Publishing Company, Redwood City, 1994
- [Bra97] R. Braden: Resource ReSerVation Protocol (RSVP) - Version 1 Functional Specification, RFC 2205, Internet Engineering Task Force, September 1997
- [BS00] T. Bonse und M. Stepping: MPEG-4 - Neue Nutzungspotentiale in der Fernlehre, FERNSEH- und KINO-TECHNIK, 54. Jahrgang Nr. 1-2/2000, Seiten 43-51, Hüthig-Verlag, Heidelberg
- [BS98] T. Bonse, M. Stepping, F. Casalino, M. Quaglia, G. Franceschini: MPEG-4 Systems, concepts and implementation, ECMAST Konferenz, 26.05.-28.05.1998, Berlin, Seiten 504 - 517, Springer-Verlag, Heidelberg
- [BS99a] T. Bonse und M. Stepping: Broadcast Multimediaübertragung auf der Basis von MPEG-4, 8. Dortmunder Multimediaseminar der FK TG, 27.-29.09.1999, Dortmund
- [BS99b] T. Bonse und M. Stepping: MPEG-4 PC - Authoring and Playing of MPEG-4 Content, EMMSEC Konferenz, Proceedings on Business and Work in the Information Society: New Technologies and Applications, 21.-23.6.1999, Stockholm, Schweden, Cheshire Henbury Verlag, Großbritannien
- [BS99c] T. Bonse, M. Stepping, P. Gerken, S. Schultz, G. Knabe, F. Casalino, G. Di Cagno, M. Quaglia, J.-C. Dufourd, S. Boughoufalah, F. Bouilhaguet, U. Mayer, J. Deicke, M. Glesner: MPEG-4 PC - Authoring and Playing of MPEG-4 Content for Local and Broadcast Applications, ECMAST Konferenz, Mai 1999, Madrid, Spanien, Seiten 108 - 119, Springer-Verlag, Heidelberg
- [CRVG00] D.Curet, C.Roux, M.Veillard, E. Le Gall: A FlexMux tool with lower overhead, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Beitrag M6612, 2000

- [CIR98] D.Curet, C.Islas, K.Renout: MPEG4 SL and FlexMux management, fixed length SL-PDUs, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Beitrag M3901, 1998
- [CGR+03] D.Curet, E.Gouleau, S.Relier, C.Roux, P.Clement, G.Cherry: RTP Payload Format for MPEG-4 FlexMultiplexed Streams, Internet draft: draft-curet-avt-rtp-mpeg4-flexmux-04.txt, Internet Engineering Task Force, work in progress, 2003
- [Das00] M. Dashti: Entwicklung eines Mappings von MPEG-4 DMIF-Signalisierungsmeldungen auf IP-Multicast und Erstellung eines Datentransportmechanismus mittels IP-Multicast, Diplomarbeit Universität Dortmund in Zusammenarbeit mit FernUniversität in Hagen, Universität Dortmund, 2000
- [DBB99] J.-C. Dufourd, S. Boughoufalah und F. Bouilhaguet: Release of ENST tools for BIFS/MP4 editing and encoding, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, Beitrag M4690, 1999
- [DC85] S. E. Deering, and D. R. Cheriton: Host Groups: A Multicast Extension for Datagram Internetworks, in Proceedings of the Ninth Data Communications Symposium, ACM/IEEE, Seiten 172 - 179, September 1985
- [Dee91] S. Deering: Multicast Routing in a Datagram Internetwork, PhD thesis, Stanford University, 1991
- [Dei00] J. Deicke: Schedulingstrategien für das Multiplexen audiovisueller Datenströme unter Berücksichtigung von Dienstgüte, Dissertation, TH Darmstadt, Shaker-Verlag, 2000
- [DIN44300] DIN 44300-1: Informationsverarbeitung - Begriffe - Teil 1: Allgemeine Begriffe, Beuth-Verlag, Berlin, 1995
- [DKR99] I. Defée, J. Kangasoja, M. Rustarion: COMIQS System for Commercial Presentations on the Internet, ECMAST Konferenz, 26.-28.5.1999, Madrid, Spanien, Seiten 262 - 280, Springer-Verlag, Heidelberg
- [EEIG97] European Economic Interest Grouping (EEIG): European Information Technology Observatory 1997 (EITO), EITO, 1997
- [Ele97] A. Eleftheriadis: Flavor: A Language for Media Representation, Proceedings, ACM Multimedia '97 Conference, Seattle, Washington, Seiten 1 - 9, November 1997
- [Ele99] A. Eleftheriadis: Traffic Shaping, E-Mail Konversation über den IP-Multicast Reflektor der Audio-Video-Transport-Group AVT des IETF, 28.01.1999, Archiv unter <http://www.ietf.org/mail-archive/web/avt/current/>
- [Ens98] J. Enssle: Modellierung und Leistungsuntersuchung eines verteilten Video-On-Demand-Systems für MPEG-codierte Videodatenströme mit variabler Bitrate, 68. Bericht über verkehrstheoretische Arbeiten, Universität Stuttgart, 1998
- [EU96] EU Esprit-Projekt 23191: MPEG-4 PC – MPEG-4 System Implementation and Tools for PC, Nov. 96 – Aug. 99
- [EU97] EU Esprit Project 23191: Deliverable D5.1 – Software Architecture, project report, 1997
- [EU98a] EU Esprit Project 23191: Deliverable D7.1 – Specification of Scenario, project report, 1998
- [EU98b] EU Esprit Project 23191: IDeliverable D5.1a – Intermediate Deliverable on the Status of WP5 Developments, project report, 1998
- [EU98c] EU Esprit Project 23191: Technical Annex, 1998

-
- [EU98d] EU Esprit Project 23191: Deliverable D5.1a – Network architecture for broadcast scenario, project report, 1998
- [EU98e] EU ACTS Project COMIQS: Deliverable – Choice of network architecture, public project report, 1998
- [EU99] M. Stepping: EU Esprit-Projekt 23191 Deliverable 5.6a: Streams management tools for broadcast scenario, FernUni Hagen, 1999
- [GBL+98] J. D. Gibson, T. Berger, T. Lookabaugh, D. Lindbergh, R. L. Baker: Digital Compression for Multimedia – Principles & Standards, Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, 1998
- [GHJV95] E. Gamma, R. Helm, R. Johnson, J. Vlissides: Design Patterns, Elements of Reusable Object-Oriented Software, Addison Wesley Longman, Massachusetts, 1995
- [GP98] E. Gelenbe und G. Pujole: Introduction to Queueing Networks, John Wiley & Sons, Chichester, England, 1987, 1998
- [Gra97] R. Grabowski: The Web Publisher's Illustrated Quick Reference - Covers HTML 3.2 & VRML 2.0, Springer-Verlag Berlin, 1996
- [Gro01] C. Grosch: Über Sicherheit und Anonymität in Multicastumgebungen, Dissertation, FernUniversität Hagen, Fachbereich Elektrotechnik, Berichte aus der Kommunikationstechnik, Band 9, Shaker-Verlag, Aachen, 2001
- [H261] ITU-T: Line Transmission of Non-Telephone Signals – Video Codec For Audiovisual Services at $p \cdot 64$ kbit/s, ITU-T Rec. H.261, 1993
- [H263] ITU-T: Video coding for low bitrate communication, ITU-T Recommendation H.263, Vers. 1, 1995, Vers. 2 (H.263+), 1998, Vers. 3 (H.263++), 2000
- [H323] ITU-T: Visual telephone systems and equipment for local area networks which provide a non guaranteed quality of service, ITU-T Rec. H.323, 1996
- [Her98] C. Herpel: Elementary Stream Management in MPEG-4, IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, Seiten 315 - 324, 1998.
- [Hod98] P. Hoddie: Comments on MP4 Intermedia Format VM, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, M3858: July 1998
- [HS+98] P. Hoddie und D. Singer et. al.: The QuickTime File Format as the Basis for MPEG-4 Intermedia Format, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, M2980, 1998
- [HW96] J. Hartman und J. Wernecke: The VRML 2.0 Handbook, Addison Wesley, 1996
- [IGMPv1] S. Deering: Host Extensions for IP Multicasting, RFC 1112, Internet Engineering Task Force, 1989, (Stichwort: IGMP)
- [IGMPv2] W. Fenner: Internet Group Management Protocol, Version 2, RFC 2236, Updates RFC 1112, Internet Engineering Task Force, 1997
- [IGMPv3] B. Cain, S. Deering, I. Kouvelas, B. Fenner und A. Thyagarajan: Internet Group Management Protocol, Version 3, RFC 3376, Internet Engineering Task Force, Oktober 2002
- [ISO93] ISO/IEC 2382-26: Information technology - Vocabulary - Part 26: Open systems interconnection, ISO/IEC, 1993

-
- [ISO94] ISO/IEC 7498-1: Information technology - Open Systems Interconnection - Basic Reference Model: The Basic Model, ISO/IEC, 1994
- [ISO97] ISO/IEC 7498-3: Information technology - Open Systems Interconnection - Basic Reference Model: Naming and addressing, ISO/IEC, 1997
- [ITG98] ITG: ITG 5.2-03 - Nachrichtenverkehrstheorie - Begriffe, ITG Fachgruppe 5.2.1, VDE-Verlag, Berlin, Offenbach, 1998
- [JCJ+92] I. Jacobson, M. Christerson, P. Jonsson, G. Övergaard: Object-Oriented Software Engineering – A Use Case Driven Approach, Addison Wesley, Wokingham, 1992
- [JPEG] ISO/IEC 10918-1:1994 und ITU-T T.81: Information technology - Digital compression and coding of continuous-tone still images, Part 1-4, ISO/IEC JTC1/SC29/WG1 und ITU-T, 1994
- [JPG2000] ITU-T and ISO/IEC: Information technology - JPEG 2000 image coding system, Part 1-11, ISO/IEC 15444, ITU-T Recommendation, T.800, 2002
- [Kad91] F. Kaderali: Digitale Kommunikationstechnik I, Vieweg-Verlag, Braunschweig, 1991
- [Kad95] F. Kaderali: Digitale Kommunikationstechnik II, Vieweg-Verlag, Braunschweig, 1995
- [Kad03] F. Kaderali: Vorlesungsskript Kommunikationsprotokolle, Kurs-Nr. 02552, FernUniversität Hagen, 1995, 2003
- [KBS+00] F. Kaderali, T. Bonse, M. Stepping und G. Steinkamp: MPEG-4 - der neue Austauschstandard für Autorensysteme in der Fernlehre der Virtuellen Universität?, Vernetztes Lernen mit digitalen Medien, Poster, Konferenz D-CSCL, 23.-24.03.2000, Darmstadt
- [KF99] M. W. Koyabe, G. Fairhurst, Wide Area Multicast Internet Access via Satellite, presented at the 5th European Conference on Satellite Communications (ECSC), Toulouse, France, 03.-05.11.1999.
- [KF01] M. W. Koyabe, G. Fairhurst, RELIABLE MULTICAST VIA SATELLITE: A Comparison Survey and Taxonomy, International Journal of Satellite Communications (IJSC), Volume 19, No 1, Seiten 3 - 28, Januar/Februar 2001.
- [Kir97] C. Kirsch: Programm-Aktualisierung per Netz, Verlag Heinz Heise, iX, Ausgabe 8, Seite 96 ff, 1997
- [Kle76a] L. Kleinrock: Queueing Systems, Volume 1, Theory, John Wiley & Sons, 1976
- [Kle76b] L. Kleinrock: Queueing Systems, Volume 2, Computer Applications, John Wiley & Sons, 1976
- [KIGa96] L. Kleinrock and R. Gail: Queueing Systems, Problems and Solutions, John Wiley & Sons, 1996
- [Koe97] R. Koenen: Overview of the MPEG-4 Standard, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, N1730, Stockholm, 1997
- [Koe01] R. Koenen: Overview of the MPEG-4 Standard, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, N2725, 2001
- [KP94] F. Kaderali, W. Poguntke: Graphen, Algorithmen und Netze: Grundlagen und Anwendungen in der Nachrichtentechnik, Vieweg-Verlag, 1995

- [KPC97] R. Koenen, F. Pereira, and L. Chiariglione: MPEG-4: Context and Objectives, Signal Processing: Image Communication, Special Issue on MPEG-4, Vol. 9, Nr. 4, Seiten 295 - 304, Elsevier Science, 1997
- [Lei00] F. von Leitner: Die Kunst des Weglassens - Grundlagen der Audio-Kompression, Verlag Heinz Heise, c't, Ausgabe 3, Seiten 130 ff, 2000
- [Lei00a] F. von Leitner: Multicast: Sendeverfahren für Audio und Video im Netz, Verlag Heinz Heise, c't, Ausgabe 12, Seiten 212 ff, 2000
- [Lin92] G. Lin: Simulative Leistungsuntersuchung des D-Kanal-Protokolls an den ISDN-Benutzer-Netz-Schnittstellen, Dissertation, FernUniversität Hagen, Fachbereich Elektrotechnik, 1992
- [Lor00] M. Lorenz: Traffic Control mit Linux, Verlag Heinz Heise, iX, Ausgabe April, Seite 134 ff, 2000
- [LS00] S. Latrou and I. Stavrakakis: A Dynamic Regulation and Scheduling Scheme for Real-Time Traffic Management, IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol 8, No 1, Seiten 60 - 70, Februar 2000
- [MADCAP] S. Hannah, B. Patel and M. Shah: Multicast Address Dynamic Client Allocation Protocol (MADCAP), RFC 2730, Internet Engineering Task Force, 1999
- [May98] G. Mayer-Schwarzenberger: MPEG, JPEG & Co.: Wege der Datenreduktion, Heidelberg, Hüthig-Verlag, 1998
- [Meh00] F. Mehdizadeh: Entwicklung eines Mappings von MPEG-4 DMIF-Signalisierungsmeldungen auf das Real-Time Transport Protocol RTP und Erstellung eines Datentransportmechanismus, Diplomarbeit Universität Dortmund in Zusammenarbeit mit FernUniversität in Hagen, Universität Dortmund, 2000
- [Mey98] D. Meyer: Administratively Scoped IP Multicast, RFC 2365, Internet Engineering Task Force, 1998
- [MJPEG] ITU-T and ISO/IEC: Information technology - JPEG 2000 image coding system - Part 3: Motion JPEG 2000, Part 3, ISO/IEC 15444, ITU-T Recommendation, T.800, 2001
- [MPEG1] ISO/IEC 11172:1993: Information technology - Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about 1,5 Mbit/s, Part 1-5, 1993
- [MPEG2] ITU-T and ISO/IEC JTC1: Generic coding of moving pictures and associated audio information - Part 1-10, ITU-T Rec. H.262 - ISO/IEC 13818, 1994, 2000
- [MPEG2-1] ITU-T and ISO/IEC JTC1: Generic coding of moving pictures and associated audio information - Part 1: Systems, ITU-T Rec. H.262 - ISO/IEC 13818-1, 1994, 2000
- [MPEG2-2] ITU-T and ISO/IEC JTC1: Generic coding of moving pictures and associated audio information - Part 2: Video, ITU-T Rec. H.262 - ISO/IEC 13818-2, 1994
- [MPEG2-6] ITU-T and ISO/IEC JTC1: Generic coding of moving pictures and associated audio information - Part 6: Digital Storage Media – Command and Control, ITU-T Rec. H.262 - ISO/IEC 13818-2, 1994
- [MPEG4] ISO/IEC IS 14496: Information Technology – Generic Coding of Audio - Visual Objects, Part 1 - 6, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, 1999, 2000

- [MPEG4-1] ISO/IEC IS 14496-1: Information technology – Generic Coding of Audio-Visual Objects – Part 1: Systems, International Standard, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, N2601, Version 1, 1998
- [MPEG4-1v3] ISO/IEC IS 14496-1: Information technology – Generic Coding of Audio-Visual Objects – Part 1: Systems, International Standard, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, N5277, Version 3, 2002
- [MPEG4-2] ISO/IEC IS 14496-2: Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information – Part 2: Visual, International Standard, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, N2602, Version 1, 1998
- [MPEG4-2v2] ISO/IEC IS 14496-2: Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information – Part 2: Visual, International Standard, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, N4350, Version 2, 2001
- [MPEG4-3] ISO/IEC IS 14496-3: Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information – Part 3: Audio, International Standard, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, N2603, 1998
- [MPEG4-5] ISO/IEC IS 14496-5: Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information – Part 5: Reference Software, International Standard, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, 1998 – 2003, kontinuierliche Entwicklung
- [MPEG4-6v1] ISO/IEC IS 14496-6: Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information – Part 6: Delivery Multimedia Integration Framework, International Standard, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, N2606, Version 1, 1998
- [MPEG4-6] ISO/IEC IS 14496-6: Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information – Part 6: Delivery Multimedia Integration Framework, International Standard, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, N3713, Version 2, 2000
- [MPEG4-8] ISO/IEC IS 14496-8: Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information – Part 8: MPEG-4 on IP Framework, International Standard, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, N4172, 2002
- [MSDN] Microsoft: Windows NT 4.0 DDK, Microsoft Developer Network Library Edition, Microsoft 1998, 2004
- [MSDP] B. Fenner, D. Meyer: Multicast Source Discovery Routing Protocol, RFC 3618, Internet Engineering Task Force, 2003, (Stichwort MSDP)
- [NAAM03] A. Nafaa, T. Ahmed, Y. H. Aoul, A. Mehaoua: RTP4MUX: A Novel MPEG-4 RTP Payload For Multicast Video Communications Over Wireless IP, Packet Video 2003 Konferenz, 28.-29.04.2003, Nantes, Frankreich, <http://www.polytech.univ-nantes.fr/pv2003/papers/pv/html/abstract/a1014.htm>
- [Oes98] B. Oestereich: Objektorientierte Softwareentwicklung: Analyse und Design mit der Unified Modeling Language, R. Oldenbourg, München, Wien, 1998
- [Paw98a] D. Pawson: Analysis of MP4 Sample Table for Random Access, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, M3612, 1998
- [Paw98b] D. Pawson: Proposed Glossary for M4F VM, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, M3851, 1998
- [Paw98c] D. Pawson: Amended MP4 text with regard to FlexMux, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, M3852, 1998

-
- [PE98] A. Puri and A. Eleftheriadis: MPEG-4: An Object-Based Multimedia Coding Standard Supporting Mobile Application, ACM Mobile Networks and Applications Journal, Volume 3, Issue 1, Seiten 5 - 32, 1998
- [PE02] F. Pereira (Hrsg.), T. Ebrahimi (Hrsg.): The MPEG-4 Book, Prentice-Hall, New Jersey, 2002
- [Per96] F. Pereira: MPEG-4: a New Challenge for the Representation of Audio-Visual Information, Picture Coding Symposium 96, Seiten 447 - 451, Melbourne, Australia, 1996
- [PIM-DM] A. Adams, J. Nicholas, W. Siadak: Protocol Independent Multicast - Dense Mode (PIM-DM): Protocol Specification (Revised), Internet Draft draft-ietf-pim-dm-new-v2-05.txt, work in progress, Internet Engineering Task Force, Juni 2004
- [PIM-SM] D. Estrin, D. Farinacci, A. Helmy, D. Thaler, S. Deering, M. Handley, V. Jacobson, C. Liu, P. Sharma, L. Wei: Protocol Independent Multicast-Sparse Mode (PIM-SM): Protocol Specification, RFC 2117, 1997, RFC 2362, 1998
- [PK96] F. Pereira, and R. Koenen: Very Low Bitrate Audio-Visual Applications, Signal Processing: Image Communication, Vol. 9, Nr. 1, Seiten 55 - 77, November 1996
- [Pos80] J. Postel: User Datagram Protocol, RFC 768, Internet Engineering Task Force, 1980, (Stichwort UDP)
- [Pos81]] J. Postel: Internet Protocol, RFC 791, Internet Engineering Task Force, 1981, (Stichwort IP, IPv4)
- [Pos81] J. Postel: Transmission Control Protocol, RFC 793, Internet Engineering Task Force, 1981, (Stichwort TCP)
- [Rob94] T. G. Robertazzi: Computer Networks and Systems, Springer-Verlag, New York, 1990, 1994
- [Rei97] U. Reimers: Digitale Fernsehetechnik – Datenkompression und Übertragung für DVB – Digital Video Broadcasting, Springer-Verlag, Berlin, 1995, 1997
- [RBP+91] J. Rumbaugh, M. Blaha, W. Premerlani, F. Eddy und W. Lorenzen: Object-Oriented Modeling und Design, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1991
- [RFC1075] D. Waitzmann, C. Partridge, S. Deering: Distance Vector Multicast Routing Protocol, RFC 1075, Internet Engineering Task Force, 1988, (Stichwort: DVMRP)
- [RFC1129] D. Mills: Internet Time Synchronization: the Network Time Protocol, RFC 11129, Internet Engineering Task Force, 1989
- [RFC1305] D. Mills: Network Time Protocol (Version 3) Specification and Implementation, RFC 1305, Internet Engineering Task Force, 1992, (Stichwort: NTP)
- [RFC1584] J. Moy: Multicast Extension to OSPF, RFC 1584, Internet Engineering Task Force, 1994, (Stichwort: MOSPF)
- [RFC1771] Y. Rekhter, T. Li: A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4), RFC 1771, Internet Engineering Task Force, 1995, (Stichwort BGP)
- [RFC1819] L. Delgrossi, L. Berger: Internet Stream Protocol Version 2 (ST2) Protocol Specification Version ST2+, RFC 1819, Internet Engineering Task Force, 1995, (Stichwort ST2)

- [RFC2047] K. Moore: Multipurpose Internet Mail Extensions (MIME), Part Three: Representation of Non-ASCII Text in Internet Message Headers, RFC 2047, Internet Engineering Task Force, 1996
- [RFC2201] A. Ballardie: Core Based Trees (CBT) Multicast Routing Architecture, RFC 2201, Internet Engineering Task Force, 1997
- [RFC2234] D. Crocker, P. Overell: Augmented BNF for Syntax Specifications: ABNF, RFC 2234, Internet Engineering Task Force, 1997, (Stichwort ABNF)
- [RFC2250] D. Hoffman, G. Fernando, V. Goyal, M. Civanlar: RTP Payload Format for MPEG1/-MPEG2 Video, RFC 2250, Internet Engineering Task Force, 1998
- [RFC2283] T. Bates, R. Chandra, D. Katz, Y. Rekhter: Multiprotocol Extensions for BGP-4, RFC 2283, Internet Engineering Task Force, 1998, (Stichwort MBGP)
- [RFC2309] B. Braden, D. Clark, J. Crowcroft, B. Davie, S. Deering, D. Estrin, S. Floyd, V. Jacobson, G. Minshall, C. Partridge, L. Peterson, K. Ramakrishnan, S. Shenker, J. Wroclawski, L. Zhang: Recommendations on Queue Management and Congestion Avoidance in the Internet, RFC 2309, Internet Engineering Task Force, 1998
- [RFC2326] H. Schulzrinne, A. Rao, R. Lanphier: Real Time Streaming Protocol (RTSP), RFC 2326, Internet Engineering Task Force, 1998, (Stichwort RTSP)
- [RFC2453] G. Malkin: RIP Version 2, RFC 1388, RFC 1723, RFC 2453, Internet Engineering Task Force, 1998, (Stichwort RIP)
- [RFC2365] D. Meyer: Administratively Scoped IP Multicast, RFC 2365, Internet Engineering Task Force, 1998
- [RFC3569] S. Bhattacharyya: An Overview of Source-Specific Multicast (SSM), RFC 3569, Internet Engineering Task Force, 2003, (Stichwort SSM)
- [Ric85] L. Richter: Betriebssysteme, B.G. Teubner, Stuttgart, 1977, 1985
- [Ric99] J. Richter: Programming Applications for Microsoft Windows, Microsoft Press, Redmond, 4. Auflage, 1999
- [RJB95] J. Rumbaugh, I. Jacobson und G. Booch: The Unified Modelling Language for Object Oriented Development, Rational Software Corporation, Santa Clara, 1995, (Stichwort: UML)
- [Roe99] P. Roer: Verkehrssteuerung in ATM-Netzen – Untersuchung des Worst Case-Verkehrs GCRA-konformer Zellströme, Dissertation, FernUniversität Hagen, Fachbereich Elektrotechnik, Berichte aus der Kommunikationstechnik, Band 2, Shaker-Verlag, 1999
- [RTP96] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick und V. Jacobsen: RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications, RFC 1889, Internet Engineering Task Force, 1996, (Stichwort: RTP, RTCP)
- [RTP] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick und V. Jacobsen: RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications, RFC 3550, Internet Engineering Task Force, 2003, ersetzt RFC 1889 [RTP96].
- [RTPa96] H. Schulzrinne: RTP Profile for Audio and Video Conferences with Minimal Control, RFC 1890, Internet Engineering Task Force, 1996

- [RTPa] H. Schulzrinne und S. Casner: RTP Profile for Audio and Video Conferences with Minimal Control, RFC 3551, Internet Engineering Task Force, 2003, ersetzt RFC 1890 [RTPa96]
- [RTP03] J. van der Meer, D. Mackie, V. Swaminathan, D. Singer, P. Gentric: RTP Payload Format for Transport of MPEG-4 Elementary Streams, RFC 3640, Internet Engineering Task Force, November 2003
- [SAP] M. Handley, C. Perkins, E. Whelan: Session Announcement Protocol, RFC 2974, Internet Engineering Task Force, Version 2, 2000. Version 1 wurde nicht RFC. (Stichwort SAP)
- [SB02] M. Stepping und C. Bechter: MPEG-4 In Mobile Environments, Proceedings on Globalization, Innovation and Human Resource Development for Competitive Advantage, Vol. 1, pp. 477-487, Bangkok, 2002
- [Sch95] Klaus Schroiff: Multimedia-Datenformate, zu beziehen über http://i31www.ira.uka.de/-semin94/06_MPEG/main_html.html
- [Sch96] H. Schulzrinne: RTP Profile for Audio and Video Conferences with Minimal Control, RFC 1890, Internet Engineering Task Force, 1996
- [SDP] M. Handley und V. Jacobson: SDP: Session Description Protocol, RFC 2327, Internet Engineering Task Force, 1998
- [SDP03] M. Handley, V. Jacobson, C. Perkins: SDP: Session Description Protocol, Internet draft: draft-ietf-mmusic-sdp-new-15.txt, Internet Engineering Task Force, work in progress, 2003
- [Sin98] D. Singer: Contact points between systems and elementary streams, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, M3552, 1998
- [SIP] M. Handley, H. Schulzrinne, E. Schooler und J. Rosenberg: SIP: Session Initiation Protocol, RFC 2543, Internet Engineering Task Force, 1999
- [Sis00] D. Sisalem: TCP-Friendly Congestion Control for Multimedia Communication in the Internet, Dissertation, Technische Universität Berlin, Springer-Verlag, 2000
- [Som01] D. Sommer: Zur Prädiktion variabler Videobitströme für deren optimierte Übertragung in paketvermittelnden Netzen, Dissertation, FernUniversität Hagen, Fachbereich Elektrotechnik, Berichte aus der Kommunikationstechnik, Band 8, Shaker-Verlag, 2001
- [SS98] D. Singer und M. Speer: Proposed Revised Intermedia Format (M4F) VM text, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, M3319, 1998
- [SSW03] K. Sühring, H. Schwarz, T. Wiegand: Effizienter kodieren - Details zum kommenden Videostandard H.264/AVC, Verlag Heinz Heise, c't, Ausgabe 6, Seiten 266 ff., 2003
- [Sta90] W. Stallings: Handbook of Computer Communication Standards - Local Area Network Standards, Howard W. Sams and Company, 1990
- [Ste00] M. Stepping: Betriebssysteme, F. Kaderali (Hrsg.), Band Unternehmensnetze, Seiten 8.3.1-1 – 8.3.1-13, DWD-Verlag, Köln 2000
- [Ste00a] M. Stepping: Broadcast-DMIF (DNI-Messages and Broadcast Server), ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, M5797, März 2000

- [Ste00b] M. Stepping: SL-PDU fragmenting over RTP, ISO/IEC JTC1/SC29/ WG11, Beitrag M5798, März 2000
- [Ste02] M. Stepping: E-Learning Content Creation with MPEG-4, Advances in Infrastructure for e-Business, e-Education, e-Science and e-Medicine on the Internet in L'Aquila, Italien, 2002
- [Ste93] M. Stepping: Bereitstellung der SINEC-H1 Funktionalität (OSI-Transport-Protokoll) auf der Basis einer handelsüblichen Ethernet-Netzwerkkarte unter dem Betriebssystem Microsoft Windows NT, Diplomarbeit, Universität Siegen, 1993
- [Ste+98] M. Stepping, et al.: DMIF Application Interface: Syntax Definition, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Beitrag M4182, 1998
- [Ste98] M. Stepping: DAI Syntax definition: Source files, C++, Java, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Beitrag M4191, 1998
- [Ste99a] M. Stepping: DAI Syntax definition - several additions V1/V2, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Beitrag M4507, 1999
- [Ste99b] M. Stepping: DMIF Group and Broadcast Signalling: comments and DNI messages, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Beitrag M4508, 1999
- [Ste99c] M. Stepping: Monitoring DMIF, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, Beitrag M4509, 1999
- [Ste99d] M. Stepping: Rechnergestütztes Telefonieren – Computer Telefonie, F. Kaderali (Hrsg.), Band Unternehmensnetze, Seiten 9.1-1 – 9.1-17, DWD-Verlag, Köln, 1999
- [Ste99e] M. Stepping: Netzwerkkarten, F. Kaderali (Hrsg.), Band Unternehmensnetze, Seiten 8.2.2-1 – 8.2.2-6, DWD-Verlag, Köln, 1999
- [Ste99f] M. Stepping: Prinzipieller Aufbau von Betriebssystemen, F. Kaderali (Hrsg.), Band Unternehmensnetze, Seiten 8.1.2-1 – 8.1.2-15, DWD-Verlag, Köln 1999
- [Stm99] R. Steinmetz: Multimediatechnologie, Springer-Verlag, 2. Auflage, 1999
- [Str92] B. Stroustrup: Die C++ Programmiersprache, Addison Wesley Deutschland, 2. Auflage, 4. Überarbeitung, 1992, 1994
- [Str94] B. Stroustrup: Design und Entwicklung von C++, Addison Wesley Deutschland, 1994
- [SW49] C. Shannon, W. Weaver: The Mathematical Theory of Communication, Urbana, Ill., 1949
- [Tan90] A. Tanenbaum: Computer-Netzwerke, Pearson-Studium, München, 3. Auflage, 2000
- [Tan90a] A. Tanenbaum: Betriebssysteme – Entwurf und Realisierung, Teil 1, Prentice-Hall, München, Wien, London, 1990
- [Tan95] A. Tanenbaum: Distributed Operating Systems, Prentice-Hall, New Jersey, 1995
- [VRML97] ISO/IEC 14772-1:1997: Information technology - Computer graphics and image processing - The Virtual Reality Modelling Language (VRML) - Part 1: Functional specification and UTF-8 encoding, ISO/IEC, 1997
- [WZ99] R. Wittmann, M. Zitterbart: Multicast: Protokolle und Anwendungen, dpunkt-Verlag, Heidelberg, 1999

-
- [X.208] IS 8824 Information Processing Systems - Open Systems Interconnection - Specification of Abstract Syntax Notation One (ASN.1) (ebenfalls als ITU-T Rec. X.208 veröffentlicht)
- [X.209] IS 8825 Information Processing Systems - Open Systems Interconnection - Specification of Basic Encoding Rules for ASN.1 (ebenfalls als ITU-T Rec. X.209 veröffentlicht)
- [Zer99] K. Zerbe: Bauplan für Objekte - Eine Einführung in objektorientierte Verfahren mit der Unified Modelling Language, Verlag Heinz Heise, c't, Ausgabe 21, Seiten 338 ff, 1999
- [Zit95] T. Braun, M. Zitterbart: Hochleistungskommunikation, Band1: Technologie und Netze, Oldenburg-Verlag, München, Wien, 1995
- [Zit96] T. Braun, M. Zitterbart: Hochleistungskommunikation II: Transportdienste und -protokolle, Oldenburg-Verlag, 1996

Eigene Veröffentlichungen

- [BS98] T. Bonse, M. Stepping, F. Casalino, M. Quaglia, G. Franceschini: MPEG-4 Systems, concepts and implementation, ECMAST Konferenz, 26.05.-28.05.1998, Berlin, Seiten 504 - 517, Springer-Verlag, Heidelberg
- [BS99a] T. Bonse und M. Stepping: Broadcast Multimediaübertragung auf der Basis von MPEG-4, 8. Dortmunder Multimediaseminar der FKTG, 27.-29.09.1999, Dortmund
- [BS99b] T. Bonse und M. Stepping: MPEG-4 PC - Authoring and Playing of MPEG-4 Content, EMMSEC Konferenz, Proceedings on Business and Work in the Information Society: New Technologies and Applications, 21.-23.06.1999, Stockholm, Schweden, Cheshire Henbury Verlag, Großbritannien
- [BS99c] T. Bonse, M. Stepping, P. Gerken, S. Schultz, G. Knabe, F. Casalino, G. Di Cagno, M. Quaglia, J.-C. Dufourd, S. Boughoufalah, F. Bouilhaguet, U. Mayer, J. Deicke, M. Glesner: MPEG-4 PC - Authoring and Playing of MPEG-4 Content for Local and Broadcast Applications, ECMAST Konferenz, Mai 1999, Madrid, Spanien, Seiten 108 - 119, Springer-Verlag, Heidelberg
- [EU99] M. Stepping: EU Esprit-Projekt 23191 Deliverable 5.6a: Streams management tools for broadcast scenario, FernUniversität in Hagen, 1999
- [Ste99d] M. Stepping: Rechnergestütztes Telefonieren – Computer Telefonie, F. Kaderali (Hrsg.), Band Unternehmensnetze, Seiten 9.1-1 – 9.1-17, DWD-Verlag, Köln, 1999
- [Ste99e] M. Stepping: Netzwerkkarten, F. Kaderali (Hrsg.), Band Unternehmensnetze, Seiten 8.2.2-1 – 8.2.2-6, DWD-Verlag, Köln, 1999
- [Ste99f] M. Stepping: Prinzipieller Aufbau von Betriebssystemen, F. Kaderali (Hrsg.), Band Unternehmensnetze, Seiten 8.1.2-1 – 8.1.2-15, DWD-Verlag, Köln 1999
- [Ste00] M. Stepping: Betriebssysteme, F. Kaderali (Hrsg.), Band Unternehmensnetze, Seiten 8.3.1-1 – 8.3.1-13, DWD-Verlag, Köln 2000
- [BS00] T. Bonse und M. Stepping: MPEG-4 - Neue Nutzungspotentiale in der Fernlehre, FERNSEH- und KINO-TECHNIK, 54. Jahrgang Nr. 1-2/2000, Seiten 43-51, Hüthig-Verlag, Heidelberg
- [KBS+00] F. Kaderali, T. Bonse, M. Stepping und G. Steinkamp: MPEG-4 - der neue Austauschstandard für Autorensysteme in der Fernlehre der Virtuellen Universität?, Vernetztes Lernen mit digitalen Medien, Poster, Konferenz D-CSCL, 23.-24.03.2000, Darmstadt
- [Ste02] M. Stepping: E-Learning Content Creation with MPEG-4, Advances in Infrastructure for e-Business, e-Education, e-Science and e-Medicine on the Internet in L'Aquila, Italien, 2002
- [SB02] M. Stepping und C. Bechter: MPEG-4 In Mobile Environments, Proceedings on Globalization, Innovation and Human Resource Development for Competitive Advantage, Vol. 1, pp. 477-487, Bangkok, 2002

Beiträge zur MPEG-Standardisierung

- [Ste+98] M. Stepping, et al.: DMIF Application Interface: Syntax Definition, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Beitrag M4182, 1998
- [Ste98] M. Stepping: DAI Syntax definition: Source files, C++, Java, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Beitrag M4191, 1998
- [Ste99a] M. Stepping: DAI Syntax definition - several additions V1/V2, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Beitrag M4507, 1999
- [Ste99b] M. Stepping: DMIF Group and Broadcast Signalling: comments and DNI messages, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Beitrag M4508, 1999
- [Ste99c] M. Stepping: Monitoring DMIF, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, Beitrag M4509, 1999
- [EU99] M. Stepping: EU Esprit-Projekt 23191 Deliverable 5.6a: Streams management tools for broadcast scenario, FernUni Hagen, 1999
- [Ste00a] M. Stepping: Broadcast-DMIF (DNI-Messages and Broadcast Server), ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, M5797, März 2000
- [Ste00b] M. Stepping: SL-PDU fragmenting over RTP, ISO/IEC JTC1/SC29/ WG11, Beitrag M5798, März 2000

Betreute Diplomarbeiten

- [Meh00] F. Mehdizadeh: Entwicklung eines Mappings von MPEG-4 DMIF-Signalisierungsmeldungen auf das Real-Time Transport Protocol RTP und Erstellung eines Datentransportmechanismus, Diplomarbeit Universität Dortmund in Zusammenarbeit mit FernUniversität in Hagen, Universität Dortmund, 2000
- [Das00] M. Dashti: Entwicklung eines Mappings von MPEG-4 DMIF-Signalisierungsmeldungen auf IP-Multicast und Erstellung eines Datentransportmechanismus mittels IP-Multicast, Diplomarbeit Universität Dortmund in Zusammenarbeit mit FernUniversität in Hagen, Universität Dortmund, 2000
- [Jah00] H. Jahn: Vergleich von Warteschlangen- und Puffermodellen unter dem spezifischen Aspekt verschiedenartiger MPEG-4 Multimedia-Datenströme und Entwicklung eines konkreten Puffermodells innerhalb des Broadcast MPEG-4 Delivery DMIF über IP-Multicast unter der Randbedingung einer konstanten Gesamtausgangsbandbreite (Rate Shaping), Diplomarbeit, FernUniversität Hagen, 2000
- [Kar03] W. Karl: Erweiterung des Java-OfflineNavigators um authentische und vertrauliche Kommunikation, Diplomarbeit, FernUniversität Hagen, 2003

Index

A

AccessUnit	129, 174
Advanced Audio Coding	21
ALF	<i>Siehe</i> Application Layer Framing
Ankunftsabstand	
mittlerer	143
Varianz	143
Ankunftsrate	
mittlere	155
Application Layer Framing	168
Assembler	239
AU	<i>Siehe</i> AccessUnit

B

Bandwith Borrowing	157
Bediendauer	
mittlere	143
Varianz	143
Bedieneinheit	135, 154
mittlere Auslastung	143
Bedienstrategien	135
Befehl	48

C

CAT	<i>Siehe</i> Channel Association Tag
Channel Association Tag	53
Chiariglione, Leonardo	18
Committee Draft	17
Confirmation	48
Congestion Control	131
Construction Timestamp	45
Core Experiments	18
CTS	<i>Siehe</i> Construction Timestamp

D

Daemon	183
DAI	236 <i>Siehe</i> DMIF Application Interface
Delivery Multimedia Integration Framework	23, 50
Delivery TimeStamp	45

Dienstzugangspunkt	128
Digital Storage Media - Command and Control	21, 50
Digital Video Broadcast	20
Digitales Fernsehen	20
Diskrete Wavelet-Transformation	18
Diskreten Fouriertransformation	18
DMIF	<i>Siehe</i> Delivery Multimedia Integration Framework
DMIF Application Interface	183, 236
DMIF Network Interface	52
DNI	<i>Siehe</i> DMIF Network Interface
Drift	
Langzeit	177
DTS	<i>Siehe</i> Delivery Timestamp
DVB	<i>Siehe</i> Digital Video Broadcast

E

Echtzeit	130
Harte	130
Weiche	130
Echtzeit-Systeme	129
Entität	181

F

FCFS	<i>Siehe</i> First-Come First-Serve
Fernsteuerung	170
Final Committee Draft	17
Final Draft International Standard	17
First Fragment-Bit	174
First-Come First-Serve	155
First-In First-Out	138
FlexMux	128, 136

G

G/G/1-w	142
G/M/m	142

H

H.261	19
H.263	19

Heavy-Traffic	143	non-preemptive	155
I		NTP	<i>Siehe</i> Network Time Protocol
Identität	181	O	
Indication	48	Object Modelling Techique	181
Information Hiding	236	Objekt	181
Inter-Datenstrom-Synchronisation	128	Objekt-Orientierte Analyse	181
International Standard	17	Objekt-Orientierte Programmierung	181
Internet Protocol	171	Objekt-Orientiertes Design	181
Intra-Datenstrom-Synchronisation	128	OMT	<i>Siehe</i> Object Modelling Techique
IP <i>Siehe</i> Internet Protocol		One Pass	178
IP-Fragmentierung	171	One Pass with Advertisement	178
isochron	128	OOA	<i>Siehe</i> Objekt-Orientierte Analyse
J		OOD	<i>Siehe</i> Objekt-Orientiertes Design
Joint Pictures Experts Group	18	OOPS <i>iehe</i>	Objekt-Orientierte Programmierung
JPEG2000	18	OPWA	<i>Siehe</i> One Pass with Advertisement
K		OSI-Modell	47
Kendall	142	P	
Klassifikation	181	PBR	<i>Siehe</i> Peak Bitrate
L		Peak Bitrate	137, 161
Layer	47	Polymorphismus	181
Leaky Bucket	137	Polyphase Quadrature Filter	21
Linux	244	Primitiv	48
Lippensynchronität	128	Priority Queuing	139
Lokale Syntax	221	Processor Sharing	157
lokalen Syntax	49	PS	<i>Siehe</i> Processor Sharing
M		Pufferplätze	135
Markoff	142	Q	
Maximum Transmission Unit Size	171	Queue Management	135
Meldung	49	R	
Modifizierte Diskrete Cosinus-Transformation	20	Random Access Point	45, 186, 195
Motion-JPEG	19	RAP	<i>Siehe</i> Random Access Point
MPEG-1	20	Rate Shaping	133, 140, 143
MPEG-2	20	FCFS	159
MPEG-4	21	Inhaltsbasiert	160
MTU <i>Siehe</i> Maximum Transmission Unit Size		WRR	160
N		Ratenanpassung	143
National Bodies	17	Real-Time Streaming Protocol	170
Network Time Protocol	176	Real-Time Transport Protocol	171
Netzkosten	131	Request	48

Resource Reservation Protocol	177	Ü	
Response	48	Übertragungsrate	
Round Robin	139, 156, 160	Server Limited Bitrate	161
RR	<i>Siehe</i> Round Robin	U	
RSVP	<i>Siehe</i> Resource Reservation Protocol	UDP	<i>Siehe</i> User Datagram Protocol
RTP	<i>Siehe</i> Real-Time Transport Protocol	UML	<i>Siehe</i> Unified Modeling Language
RTSP	<i>Siehe</i> Real-Time Streaming Protocol	Unified Modeling Language	181
S		Universal Resource Identifier	36, 196
SAP	<i>Siehe</i> Service Access Point	Universal Resource Locator	36
Scheduler	154	Universal Resource Name	36, 183
Schicht	47	URI	<i>Siehe</i> Universal Resource Identifier
Server-Wartezeit	145	URL	<i>Siehe</i> Universal Resource Locator
Service Access Point	47	URN	<i>Siehe</i> Universal Resource Name
Sliding Window	161	User Datagram Protocol	171
SNHC <i>Siehe</i> Synthetic and Natural Hybrid Coding		V	
Socket	49, 183	Vererbung	181
Soft-State	9, 178	Verification Model	17
Spitzenbitrate	137, 161	Verkehrsformung	143, 153
ST2	<i>Siehe</i> Stream Protocol Version 2	Video on Demand	21
Stratum	176	W	
Stream Protocol Version 2	178	wahlfreier Zugriffspunkt	186
Synchronisation	129	Wall-Clock	152, 154, 176, 292
Synchronisationspunkte	128	Warteschlangen	135
Synthetic and Natural Hybrid Coding	22	Warteschlangensystem	141
Systemuhr	<i>Siehe</i> Wall-Clock	Wartezeitverteilung	143
T		Webradio	152
TAT	<i>Siehe</i> TransMux Association Tag	Weighted Round Robin	157
TCP-friendly traffic	131	dynamisch	140, 157
Traffic Shaping	133, 138, 143, 153, 160	optimiert dynamisch	140
Transfersyntax	49, 221	statisch	139
TransMux	128	Windows XP	244
TransMux Association Tag	53	Working Draft	17
<i>Trick</i> -Funktionen	170	WRR	<i>Siehe</i> Weighted Round Robin

Lebenslauf

Name:	Michael Stepping
Geburtsdatum:	1. Mai 1969
Geburtsort:	Hachenburg / Westerwald
Wohnort:	Gustav-von-Mevissen-Straße 28 57072 Siegen
Familienstand:	verheiratet, 2 Kinder
Schulbesuch:	1975 - 1979 Grundschule Wilnsdorf 1979 - 1985 Realschule Wilnsdorf 1985 - 1988 Gymnasium Am Giersberg, Siegen
Studium:	1988 - 1993 Universität -GH- Siegen, Fachbereich Elektrotechnik Fachrichtung Technische Datenverarbeitung
Stipendium:	1991 - 1993 Siemens AG, Köln
Diplomarbeit:	In Zusammenarbeit mit Siemens AG, Köln: „Bereitstellung der SINEC-H1 Funktionalität (OSI-Transport-Protokoll) auf der Basis einer handelsüblichen Ethernet-Netzwerkkarte unter dem Betriebssystem Microsoft Windows NT“. 06.08.1993 Diplom-Ingenieur der Elektrotechnik
Werdegang:	1993 - 1997 Firma Quintec Gesellschaft für Datentechnik mbH, Overath, Systementwickler 1997 - 2003 FernUniversität in Hagen, Kommunikationssysteme wissenschaftlicher Mitarbeiter
Dissertation:	01.10.2004 Ein Beitrag zu MPEG-4 Broadcast

Berichte aus der Kommunikationstechnik

Herausgeber: Firoz Kaderali

Lehrgebiet Kommunikationssysteme, FernUniversität in Hagen

Bisher sind in dieser Reihe folgende Bände erschienen:

	Helge Winterstein	Simulation zur Leistungsanalyse und Optimierung des Token-Bus-Protokolls
	Guochun Lin	Simulative Leistungsuntersuchung des D-Kanal-Protokolls an den ISDN Benutzer-Netz-Schnittstellen
	Johannes Wissing	Dynamisches Bandbreitenmanagement am ATM-Netzzugang für burstartige, verzögerungstolerante Datenströme
	Christoph Bach	Leistungsbewertung und Optimierung von zellbasierten Medienzugriffsverfahren für lokale Gbit/s-Netze
	Andreas Grebe	Reservierungsverfahren in regionalen Gbit/s-Netzen – Leistungsbewertung und Optimierung
	Burkhard Heyber	Zur Güte von Zufallsprozessen in der kryptologischen Praxis
	Thomas Hermann	Vergleichende Bewertung von Verfahren zur Benutzerauthentifikation
Band 1	Andreas Rieke	Die Anwendung von Verschlüsselungsverfahren in ATM-Systemen
Band 2	Peter Roer	Verkehrssteuerung in ATM-Netzen
Band 3	Kyamakya Kyandoghere	Issues in Telecommunication Networks Resiliency Analysis and Design Concepts
Band 4	Markus Schneider	Über Methoden der Generierung binärer Pseudozufallsfolgen zur Stromverschlüsselung
Band 5	F. Kaderali (Hrsg.)	Anonymität im Internet
Band 6	Dirk Westhoff	Ein dezentrales Agentensystem unter Berücksichtigung von mehrseitiger Sicherheit
Band 7	Gerd Bauer	Optimierung von statischen Routingverfahren in speziellen Graphenklassen
Band 8	Dagmar Sommer	Zur Prädiktion variabler Videobitströme für deren optimierte Übertragung in paketvermittelnden Netzen
Band 9	Christian Grosch	Über Sicherheit und Anonymität in Multicastumgebungen
Band 10	Bernhard Löhlein	Entwurf und Analyse kryptographisch sicherer Keystreamgeneratoren zur Stromverschlüsselung
Band 11	Thomas Demuth	Ein Beitrag zur Anonymität in Kommunikationsnetzen
	Michael Stepping	Ein Beitrag zu MPEG-4 Broadcast