



Universität Stuttgart

Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung

Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. P. J. Kühn

68. Bericht über verkehrstheoretische Arbeiten

**Modellierung und Leistungsuntersuchung eines
verteilten Video-On-Demand-Systems für
MPEG-codierte Videodatenströme mit
variabler Bitrate**

von

Jürgen Enssle

1998

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	VI
Abbildungsverzeichnis	X
Tabellenverzeichnis	XV
Abkürzungen	XVII
Formelzeichen	XXI
1 Einleitung	1
1.1 Multimedia und Breitband-Kommunikation	1
1.2 Übersicht über die Arbeit	3
2 Videokommunikation über das Breitband-ISDN	5
2.1 Video-Datenkompression	5
2.1.1 Grundlagen der Bildcodierung	6
2.1.2 MPEG-Codierung	8
2.2 Grundlagen des Breitband-ISDN	13
2.2.1 Asynchroner Transfer-Modus	13
2.2.1.1 Zellformat	14
2.2.1.2 Asynchrone Zeitmultiplextechnik	16
2.2.2 B-ISDN-Protokollarchitektur	17
2.2.2.1 Protokoll-Referenzmodell des B-ISDN	17
2.2.2.2 Bitübertragungsschicht	18
2.2.2.3 ATM-Schicht	19

2.2.2.4	ATM-Anpassungsschicht	19
2.2.3	Charakteristika und Anforderungen zukünftiger Dienste	21
2.2.3.1	Dienstklassifikation für das B-ISDN	21
2.2.3.2	Dienstgüteanforderungen verschiedener Darstellungsmedien	23
2.3	Video-On-Demand	25
2.3.1	Referenzmodell	26
2.3.2	Video-On-Demand-System	28
2.3.2.1	Architektur	28
2.3.2.2	RAID-Systeme	30
2.3.3	Teilnehmerendgeräte	32
3	Methoden der stochastischen Modellierung und Leistungsuntersuchung	34
3.1	Zufallsvariable	35
3.1.1	Definition, Verteilungen und Momente	35
3.1.2	Operationen auf Zufallsvariablen	39
3.1.2.1	Summen unabhängiger Zufallsvariablen	39
3.1.2.2	Zufällige Auswahl aus mehreren Zufallsvariablen	39
3.1.2.3	Funktion einer Zufallsvariablen (Merkmaltransformation)	40
3.2	Stochastische Prozesse	41
3.2.1	Definition und Verteilungen	41
3.2.2	Momente, Korrelation und Stationarität	43
3.2.3	Transformation eines stochastischen Prozesses	45
3.2.4	Schätzung statistischer Parameter	45
3.3	Selbstähnliche (fraktale) Prozesse und Langzeitkorrelation	48
3.3.1	Definitionen	48
3.3.2	Untersuchungsmethoden	50
3.3.2.1	Varianz-Zeit-Graph	50
3.3.2.2	R/S -Analyse	51
3.3.2.3	Periodogramm-Analyse	53
3.3.3	Modellierungsmöglichkeiten langzeitkorrelierter Prozesse	54

3.3.4	Fraktale Gauß-Prozesse	55
3.3.4.1	Definition	55
3.3.4.2	Näherungsverfahren	56
3.4	Hierarchische Verkehrsmodellierung	58
3.4.1	Charakterisierung der Verkehrsströme	60
3.4.2	Rufebene	60
3.4.3	Verbindungsebene	60
3.4.4	Burst-Ebene	61
3.4.5	Zellebene	62
3.5	Modellierung technischer Systeme	63
3.6	Simulationstechnik	65
3.6.1	Ereignisgesteuerte Simulation	66
3.6.2	Zeitliche Konvergenz der Erwartungswerte stochastischer Prozesse	68
4	Modellierung VBR-codierter Videodatenströme	72
4.1	Überblick über Modellierungsmöglichkeiten für VBR-Videodatenströme	72
4.2	Statistische Eigenschaften VBR MPEG-codierter Videodatenströme	75
4.2.1	Statistisches Basismaterial	76
4.2.2	Verteilungen	78
4.2.3	Autokorrelation	79
4.3	Hierarchisches Modell einer VBR MPEG-Videoquelle	81
4.3.1	Modellierung der Zellebene	82
4.3.2	Modellierung der Bildebene	83
4.3.3	Modellierung der Szenenebene	85
5	Leistungsuntersuchung eines statistischen ATM-Multiplexers	87
5.1	Modell eines statistischen ATM-Multiplexers	88
5.2	Validierung des hierarchischen Quellmodells	88
5.3	Multiplexen mehrerer VBR MPEG-Quellen	92
5.3.1	Zellebene	92
5.3.2	Bildebene	93
5.3.3	Szenenebene	95

6	Leistungsuntersuchung eines verteilten Video-On-Demand-Systems	98
6.1	Systemarchitektur	99
6.2	Architektur und Funktionalität der Systemkomponenten	100
6.2.1	Bedienstation	100
6.2.1.1	Aufbau	100
6.2.1.2	Management der Videodatenströme	101
6.2.1.3	Benutzerverhalten	103
6.2.2	Koppelnetz	104
6.2.3	RAID-System	105
6.2.3.1	Aufbau	105
6.2.3.2	Funktionen der RAID-Steuerung	106
6.2.4	Peripheriegerätebus	113
6.2.5	Festplatte	114
6.2.5.1	Magnetplattenspeicher	114
6.2.5.2	Controller	119
6.2.5.3	Halbleiterspeicher	119
6.3	Protokollarchitektur	122
6.4	Modellierung der Systemkomponenten	124
6.4.1	Bedienstation	126
6.4.2	Koppelnetz	128
6.4.3	RAID-Steuerung	129
6.4.4	Peripheriebus	131
6.4.5	Festplatte	133
6.5	Modellparameter	135
6.5.1	Bedienstation und Videofilmarchiv	136
6.5.2	Koppelnetz	137
6.5.3	RAID-Steuerung	138
6.5.4	Peripheriegerätebus	138
6.5.5	Festplatte	138
6.6	Leistungsuntersuchung und Dimensionierung	139

6.6.1	Festplatte	140
6.6.1.1	Ein Videodatenstrom	140
6.6.1.2	Mehrere Videodatenströme	144
6.6.2	RAID-System	147
6.6.2.1	Geringe Auslastung (10 Videodatenströme)	148
6.6.2.2	Hohe Auslastung (70 Videodatenströme)	152
6.6.2.3	Richtlinien für die Parameterwahl des RAID-Systems	156
6.6.2.4	Variable Auslastung bei günstiger Parameterwahl	157
6.6.3	Bedienstation	158
7	Zusammenfassung und Ausblick	161
	Literatur	166
A	Fraktale ARIMA-Prozesse	186
B	QQ- und PP-Plots der „Krieg der Sterne“-Daten	188
C	R/S-Analysen des hierarchischen Quellmodells	191
D	Mittlere Positionierdistanz eines Magnetplattenspeichers	193