

Lars Börmel

Zukunftsweisende Strategien im Netzwerkdesign des LAN/WAN großer Telekommunikationsunternehmen

Diplomarbeit

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de/> abrufbar.

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

Copyright © 1999 Diplomica Verlag GmbH
ISBN: 9783832422097

Zukunftsweisende Strategien im Netzwerkdesign des LAN/WAN großer Telekommunikationsunternehmen

Lars Börmel

Zukunftsweisende Strategien im Netzwerkdesign des LAN/WAN großer Telekommunikationsunternehmen

Diplomarbeit
an der Fachhochschule Jena
Fachbereich Elektrotechnik
Prüfer Prof. Dr.-Ing. W. Ostritz
5 Monate Bearbeitungsdauer
Dezember 1999 Abgabe



Diplomarbeiten Agentur
Dipl. Kfm. Dipl. Hdl. Björn Bedey
Dipl. Wi.-Ing. Martin Haschke
und Guido Meyer GbR

Hermannstal 119 k
22119 Hamburg

agentur@diplom.de
www.diplom.de

ID 2209

Börmel, Lars: Zukunftsweisende Strategien im Netzwerkdesign des LAN/WAN großer Telekommunikationsunternehmen / Lars Börmel –
Hamburg: Diplomarbeiten Agentur, 2000
Zugl.: Jena, Fachhochschule, Diplom, 1999

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Die Informationen in diesem Werk wurden mit Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden, und die Diplomarbeiten Agentur, die Autoren oder Übersetzer übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für evtl. verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

Dipl. Kfm. Dipl. Hdl. Björn Bedey, Dipl. Wi.-Ing. Martin Haschke & Guido Meyer GbR
Diplomarbeiten Agentur, <http://www.diplom.de>, Hamburg
Printed in Germany



Diplomarbeiten Agentur

Wissensquellen gewinnbringend nutzen

Qualität, Praxisrelevanz und Aktualität zeichnen unsere Studien aus. Wir bieten Ihnen im Auftrag unserer Autorinnen und Autoren Wirtschaftsstudien und wissenschaftliche Abschlussarbeiten – Dissertationen, Diplomarbeiten, Magisterarbeiten, Staatsexamensarbeiten und Studienarbeiten zum Kauf. Sie wurden an deutschen Universitäten, Fachhochschulen, Akademien oder vergleichbaren Institutionen der Europäischen Union geschrieben. Der Notendurchschnitt liegt bei 1,5.

Wettbewerbsvorteile verschaffen – Vergleichen Sie den Preis unserer Studien mit den Honoraren externer Berater. Um dieses Wissen selbst zusammenzutragen, müssten Sie viel Zeit und Geld aufbringen.

<http://www.diplom.de> bietet Ihnen unser vollständiges Lieferprogramm mit mehreren tausend Studien im Internet. Neben dem Online-Katalog und der Online-Suchmaschine für Ihre Recherche steht Ihnen auch eine Online-Bestellfunktion zur Verfügung. Inhaltliche Zusammenfassungen und Inhaltsverzeichnisse zu jeder Studie sind im Internet einsehbar.

Individueller Service – Gerne senden wir Ihnen auch unseren Papierkatalog zu. Bitte fordern Sie Ihr individuelles Exemplar bei uns an. Für Fragen, Anregungen und individuelle Anfragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung. Wir freuen uns auf eine gute Zusammenarbeit

Ihr Team der Diplomarbeiten Agentur

Dipl. Kfm. Dipl. Hdl. Björn Bedey –
Dipl. Wi.-Ing. Martin Haschke —
und Guido Meyer GbR —

Hermannstal 119 k —
22119 Hamburg —

Fon: 040 / 655 99 20 —
Fax: 040 / 655 99 222 —

agentur@diplom.de —
www.diplom.de —

Fachhochschule Jena

Fachbereich Elektrotechnik

Diplomarbeit

Zukunftsweisende Strategien im Netzwerkdesign des LAN/WAN großer Telekommunikationsunternehmen

Eingereicht von Lars Börmel
geb. am 30.01.1975 in Weimar

Hochschulbetreuer: Prof. Dr.-Ing. W. Ostritz
Mentor: Dr. J. Hagemann,
DeTeMobil Deutsche Telekom MobilNet GmbH Bonn

Datum der Themenausgabe: 16.07.1999
Abgabedatum: 14.12.1999

INHALTSVERZEICHNIS

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	4
TABELLENVERZEICHNIS	5
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	6
ABSTRACT	10
1. ENTWICKLUNG VON INTERNET UND MOBILFUNKSYSTEMEN	11
1.1 WAP, GPRS UND UMTS	12
1.2 MÖGLICHE ANWENDUNGEN FÜR EIN MOBILES INTERNET	12
1.3 ZUSAMMENWACHSEN DER NETZE	13
1.4 NEUE POTENTIALE FÜR TK-ANBIETER	13
1.5 SCHLUßFOLGERUNGEN AUF DIE NETZARCHITEKTUR	14
2 DAS OSI-REFERENZMODELL	15
2.1 ÜBERBLICK	15
2.2 PHYSIKALISCHE SCHICHT	16
2.3 DATENSICHERUNGSSCHICHT	16
2.4 NETZSCHICHT ODER VERMITTLUNGSSCHICHT	16
2.5 TRANSPORTSCHICHT	16
2.6 SITZUNGSSCHICHT	17
2.7 DARSTELLUNGSSCHICHT	17
2.8 ANWENDUNGSSCHICHT	17
3 VERSORGUNGSSTRUKTUR	18
3.1 ÜBERBLICK	18
3.2 LOCAL AREA NETWORK LAN	18
3.2.1 Strukturierte Verkabelung	18
3.3 METROPOLITAN AREA NETWORK MAN	19
3.4 WIDE AREA NETWORK WAN	19
4 DIE TCP/IP PROTOKOLLFAMILIE	20
4.1 INTERNET PROTOKOLL IP	20
4.2 TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL TCP	23
4.3 USER DATAGRAM PROTOCOL UDP	24
5 MULTIMEDIA IN DATENNETZEN	25
5.1 ÜBERBLICK	25
5.2 SPRACHÜBERTRAGUNG (TELEFONIE)	25
5.3 VIDEOÜBERTRAGUNG	25
5.4 VERKEHRSCHARAKTERISTIKA	26
6 MULTIMEDIA IN IP-NETZEN	27
6.1 INTEGRATED SERVICES (INTSERV) / DIFFERENTIATED SERVICES (DIFFSERV)	27
6.2 H.323	27
6.2.1 Verbindungsaufbau	29
6.2.2 Bitraten	30
6.2.3 Overhead	31
7 ETHERNET/IEEE 802.3	32
7.1 ÜBERBLICK	32
7.2 CSMA/CD	34
7.3 DATENSICHERUNGSSCHICHT (SCHICHT 2)	34
7.4 KOPPELELEMENTE	36
7.5 SWITCHED ETHERNET	37
7.6 FLUSSKONTROLLE NACH IEEE 802.3x	38
7.7 LAYER 3-SWITCHING	39
7.8 QUALITY OF SERVICE (QoS)	39

7.9	VIRTUELLE LAN	40
7.10	SPANNING TREE	41
7.11	LINK-AGGREGATION	42
7.12	GIGABIT ETHERNET	42
8	ATM	44
8.1	ÜBERBLICK	44
8.2	ATM-REFERENZMODELL	45
8.2.1	Bitübertragungsschicht	46
8.2.2	ATM-Schicht	47
8.2.3	ATM-Anpassungsschicht AAL	48
8.2.3.1	AAL 1	50
8.2.3.2	AAL 2	51
8.2.3.3	AAL 3/4	51
8.2.3.4	AAL 5	52
8.3	ATM-SIGNALISIERUNG UND ROUTING	53
8.3.1	UNI v4.0	53
8.3.1.1	Informationselemente	54
8.3.2	Adresskonzept	55
8.3.3	Private-Network-Node Interface PNNI	56
9	WEITVERKEHRSPROTOKOLLE	58
9.1	ÜBERBLICK	58
9.2	ISDN	58
9.3	X.25	59
9.4	FRAME RELAY	60
9.5	SYNCHROME DIGITALE HIERARCHIE SDH	63
9.5.1	ATM over SDH	66
9.6	WAVE DIVISION MULTIPLEXING WDM	66
10	IP IM ZUSAMMENWIRKEN MIT DEN UNTEREN SCHICHTEN	68
10.1	ÜBERSICHT	68
10.2	IP OVER ETHERNET	68
10.2.1	Effektivität der Übertragung	69
10.3	IP OVER ATM	70
10.3.1	Multiprotocol Encapsulation over ATM	70
10.3.2	Classical IP over ATM CLIP	71
10.3.3	LAN Emulation	73
10.3.4	Multi Protocol over ATM MPOA	76
10.3.5	Multi Protocol Label Switching MPLS	77
10.3.6	Effektivität der Übertragung	80
10.4	PACKET OVER SONET/SDH (PoS)	81
10.4.1	Effektivität der Übertragung	82
10.5	DYNAMIC PACKET TRANSPORT DPT	83
10.6	BEURTEILUNG DER EINZELNEN VERFAHREN	86
11	EMPFEHLUNG ZUM NETZWERKDESIGN	87
11.1	ÜBERBLICK	87
11.2	EMPFEHLUNG ZUM LAN	87
11.2.1	Realisierung mit Cisco-Komponenten	91
11.3	EMPFEHLUNG ZUM WAN	95
12	SCHLUBWORT	99
	ANHANG	100
	LITERATURVERZEICHNIS	109
	SELBSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG	114

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1.1: Zukünftige Architektur eines Mobilfunknetzes	14
Abb. 2.1: Kommunikationsarchitektur des OSI-Referenzmodells	15
Abb. 3.1: Hierarchische Struktur	19
Abb. 4.1: IP-Datagrammkopf	20
Abb. 4.2: IP-Paketkopf der Version 6	21
Abb. 4.3: Beispiel für Position des Auth. Header im IP-Datagramm	22
Abb. 4.4: Möglicher Aufbau eines IP-Datagramms bei Verwendung der Transportmethode	23
Abb. 6.1: H.323-Komponenten	28
Abb. 6.2: H.323-Terminal Funktionen	28
Abb. 6.3: Sprachqualität bei verschiedenen Komprimierungsarten	30
Abb. 7.1: Unterschied im MAC-Frame zwischen Ethernet v.2 und IEEE 802.3	35
Abb. 7.2: Prinzipielle Switch-Architektur	36
Abb. 7.3: Switched-Ethernet	38
Abb. 7.4: Erweiterung des MAC-Frame durch IEEE 802.1Q	40
Abb. 8.1: ATM-Zelle	44
Abb. 8.2: Zellkopfformat an UNI- und NNI-Schnittstelle	45
Abb. 8.3: ATM-Referenzmodell	46
Abb. 8.4: Einordnung der vier Dienstklassen	48
Abb. 8.5: Vergleich der Verkehrsarten CBR, VBR, ABR und UBR	49
Abb. 8.6: Nutzdatenübertragung durch AAL 1	50
Abb. 8.7: Aufteilung einer AAL 3/4 CPCS-PDU auf mehrere SAR-PDU	52
Abb. 8.8: OSI-NSAP-DCC Adressformat	55
Abb. 9.1: Prinzip der Bandbreitenzuweisung im ISDN durch TDM	58
Abb. 9.2: Stellung von X.25 in Paketnetzen	59
Abb. 9.3: LAPF Rahmenaufbau	61
Abb. 9.4: Aufbau STM1 Rahmen	64
Abb. 9.5: SDH-Multiplexhierarchie (Ausschnitt)	65
Abb. 9.6: Prinzip des Wave Division Multiplexing	67
Abb. 10.1: Einbettung eines IP-Paketes in Ethernet MAC-Frame	68
Abb. 10.2: Addition von Protokolloverheads über verschiedene Schichten	69
Abb. 10.3: Classical IP over ATM Beispielnetzwerk	71
Abb. 10.4: VC-Problem in CLIP-Netzen	72
Abb. 10.5: Einkapselung eines DIX-Ethernet MAC-Frame durch LANE	74
Abb. 10.6: LANE Protokoll-Stack	74
Abb. 10.7: Logische Struktur eines LANE-Netzwerkes	75
Abb. 10.8: Datenweiterleitung über Shortcut	77
Abb. 10.9: Einfaches MPLS-Netzwerk	78
Abb. 10.10: MPLS-Erweiterung	79
Abb. 10.11: PoS-Protokollstack und Paketeinbettung in HDLC-Rahmen	82
Abb. 10.12: SRP-MAC-Frame	83
Abb. 11.1: LAN-Referenznetzwerk	93
Abb. 11.2: Multiserviceswitching Architektur	95
Abb. 11.3: WAN-Referenznetzwerk	97
Abb. A-A.1: Ressourcenbindung durch RSVP	101
Abb. A-A.2: Beispiel für Multicastunterstützung von RSVP	102
Abb. A-A.3: RTP-Paketkopf	104
Abb. A-C.1: Erstes WAP-fähiges Mobiltelefon von Nokia	106

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1.1: Entwicklung der Mobilkommunikation im westlichen Europa	11
Tab. 7.1 : IEEE 802.3 Substandards (Auswahl)	33
Tab. 7.2 : Priorisierung nach IEEE 802.1Q/p	39
Tab. 8.1: ATM-Übertragungsschnittstellen (nicht vollständig)	46
Tab. 8.2: Verringerung des Nutzlastteils durch Steuerdaten in AAL 1 und AAL 3/4	50
Tab. 9.1: Frame Relay Standards	60
Tab. 9.2: Höhere Hierarchieniveaus und Bitraten bei SONET und SDH	66
Tab. 10.1: Gesamtoverhead bei Übertragung eines IP-Paketes über IEEE 802.3 bzw. DIX Ethernet	69
Tab. 10.2: Methoden des IP-ATM Interworking	70
Tab. 10.3: Entstehende Overhead bei Übertragung von IP mit ATM	81
Tab. 10.4: Effektive Übertragung durch PoS	83
Tab. 11.1: Ethernet versus ATM im LAN	88
Tab. A-B.1: Überblick ITU H.32x-Serie	105
Tab. A-B.2: ITU-T G-Serie für Audio-Codecs	105
Tab. A-B.3: ITU Standards für Videokonferenzen	105

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

0,1,2, ...

3G.IP 3RD Generation. IP

A

AAL ATM Adaption Layer
 ABR Available Bit Rate
 ANSI American National Standards Institute
 ARP Address Resolution Protocol
 ATM Asynchronous Transfer Mode
 ATMARP ATM Address Resolution Protocol

B

BTS Base Transceiver Station
 BUS Broadcast and Unknown Server

C

CBR Constant Bit Rate
 CIT Computer Integrated Telephony
 CLIP Classical IP Over ATM
 CLP Cell Loss Priority
 CPCS Common Part Convergence Sublayer
 CPS Common Part Sublayer
 CS Convergence Sublayer
 CSMA/CD Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection

D

DPT Dynamic Packet Transport

E

ELAN Emulated LAN
 ESP Encapsulating Security Payload
 ETSI European Telecommunications Standards Institute

F

FCS Frame Check Sequence
 FEC Forwarding Equivalent Class
 FIB Forwarding Information Base
 FIFO First In First Out