

# ONLINE 2000 - Broadband Networking

## Quality-of-Service (QoS) versus Class-of-Service (CoS):

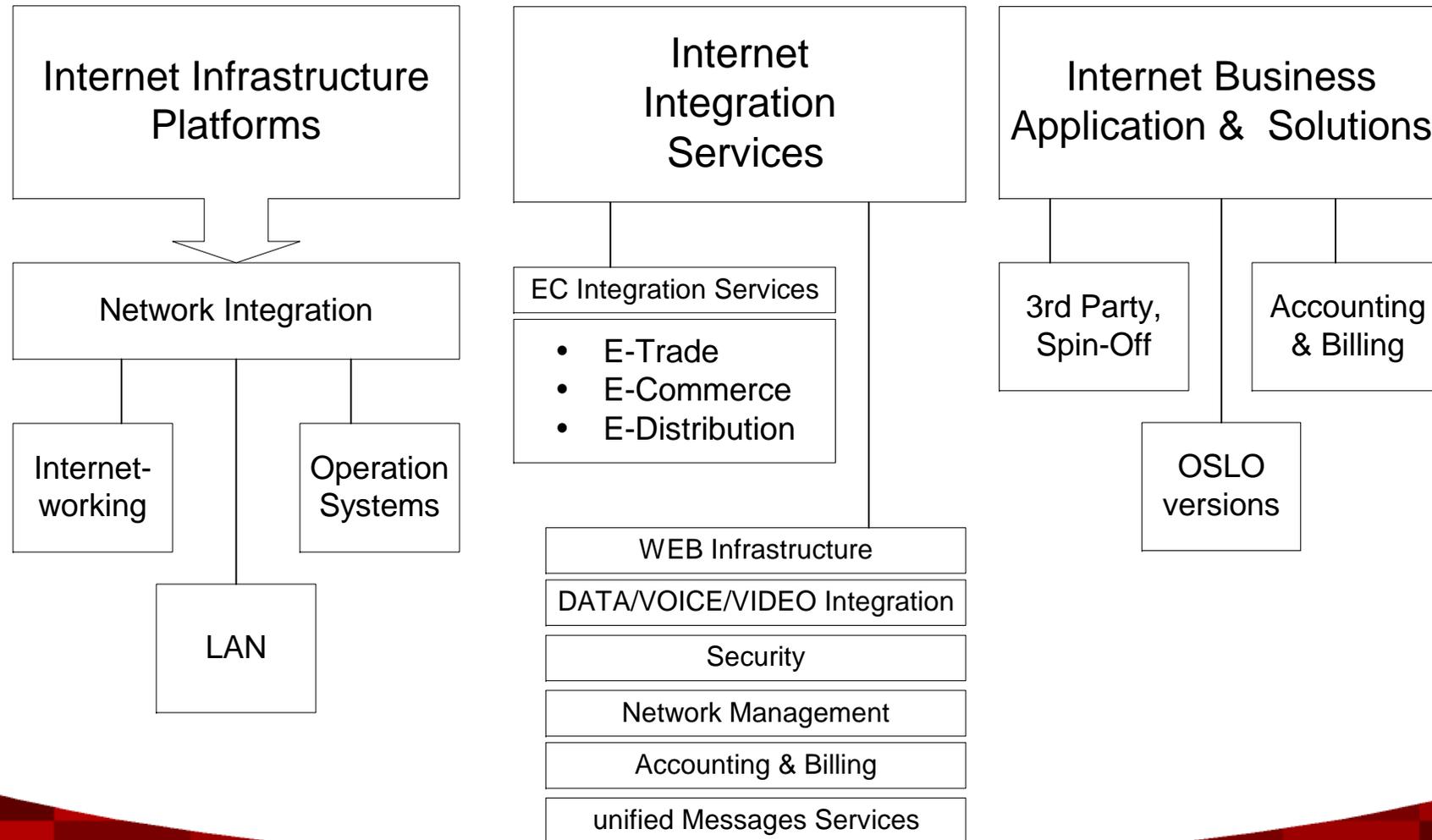
Definition, Unterschiede und Bewertung

Dipl.-Ing. Kai-Oliver Detken  
Managing Director *wwl network Bremen*  
WWL Internet AG,  
Düsseldorf, den 31.01.-03.02.2000

# Inhalt des Vortrags

- Was ist Dienstgüte
- QoS versus Bandbreite
- Verkehrsparameter von ATM zur Dienstgütegarantie
- Bereitstellung von Dienstgüte/Qualitäten durch ATM
- CoS in IP-Netzen (Integrated/Differentiated Services)
- Serviceklassen des Internets
- Unterschiede QoS und CoS

# OptiNet goes to WWL Internet AG



# Anforderungen

- Infrastruktur
  - hohe Verfügbarkeit für Backbone und Server
  - steigende Datenraten
  - niedrige Verzögerungen
  - Konvergenz von Sprache und Daten
  - Integration unterschiedlichster Protokolle
- Betrieb
  - dynamisch angepaßte Bereitstellung und Aufteilung der Ressourcen
  - Vorhersagbarkeit des Netzverhaltens
  - Management

# Definition Quality-of-Service (QoS)

- QoS definiert die erreichte Dienstgüte, die sich auf einzelne Sitzungen bezieht und sich über mehrere Meßwerte definiert:
  - Bandbreite
  - Latenzzeit (Verzögerung)
  - begrenzte Verzögerungsschwankungen
  - begrenzte Bandbreitenschwankungen
  - bevorzugte Bearbeitung
  - Verfügbarkeit und Redundanz
  - Fehlertoleranz
  - Effizienz
  - Sicherheit

## Definition Class-of-Services

- Unter CoS wird die Zusammenfassung von irgendwie gleichartigen Datenströmen zu einer gemeinsamen Klasse verstanden, die dann eine gleichgeartete Dienstgüte vom Netzwerk erhält.
- Dies wird auch als aggregierte Dienstgüte bezeichnet.
- Eine einzelne Sitzung erhält keine eigene Dienstgüte mehr.

## Zwei Ansätze

- Überkapazitäten
  - redundantes, geswitchtes Netzwerk aufbauen
  - Auslastung darf 40% nicht überschreiten
  - Class-of-Services werden eingesetzt (DiffServ, IEEE802.1p)
- QoS-Netzwerk
  - Definition einer angemessenen Dienstgüte
  - Hohe Verfügbarkeit der Netze, Server sowie Datenintegrität
  - Hohe Auslastung der Endsysteme, Backbone, Server, Speicher
  - QoS-Parameter von ATM werden eingesetzt

# Nachteile

- Überkapazitäten beinhalten hohe Investitionskosten
- Fehlendes Kommunikationsprofil kann zu höherer Auslastung führen
- Es gibt unterschiedliche QoS-Ansätze, die miteinander funktionieren müssen
- Netzwerk wird wesentlich komplexer durch die Integration von QoS-Parametern
- Proprietäre Verfahren der Hersteller verhindern ein Interworking zwischen unterschiedlichen Produkten

# Hauptgründe für ATM-Einsatz

- Skalierbarkeit
  - Komplexität wird reduziert
  - Routing wird schlank gehalten
  - Feine Unterteilung der Bandbreite möglich
- Flexibilität
- Verfügbarkeit ist sehr hoch
  - redundante Verbindungen
  - redundante LANE-Server
- Aufbau von Multi-Service Networks
- Einsatz von isochronen Anwendungen (Audio, Video)
- Anbindung von TK-Anlagen

## QoS-Definition bei ATM

- Vor dem Etablieren einer Verbindung wird ein Traffic Contract zwischen Teilnehmer und Netz abgeschlossen.
- Traffic Contract garantiert Einhaltung der Parameter.
- Verkehrs- und Performance-Parameter:
  - Peak Cell Rate (PCR)
  - Sustainable Cell Rate (SCR)
  - Mean Cell Rate (MCR)
  - Cell Delay Variation (CDV)
  - Cell Loss Ratio (CLR)
  - Cell Error Ratio (CER)
- Nachteilige Beeinflussung durch Übertragungsfehler, Pufferkapazitäten, Netzlast, virtuelle Pfad/Kanalkapazität und Durchschaltverzögerung

# Verkehrs- und Performance-Parameter

- Peak Cell Rate – PCR: Zulässige Spitzenzellenrate
- Sustainable Cell Rate – SCR: Die zulässige Zellenrate, die für die Verbindung dauerhaft zur Verfügung gestellt werden kann
- Mean Cell Transfer Delay - MCTD: Dieser Wert wird durch die Aufenthaltsdauer der Zelle im ATM-Netz bestimmt und ist somit eine statistisch schwankende Größe
- Cell Delay Variation – CDV: Die Laufzeitschwankungen sind für Echtzeitanwendungen möglichst gering zu halten
- Cell Loss Ratio – CLR: Zellenverlustverhältnis
- Cell Error Ratio – CER: Zellenfehlerverhältnis
- Cell Transfer Rate – CTR: Die Zellenmenge, die während eines Datenaustauschs transportiert wird
- Cell Misinsertion Rate – CMR: Die Zellen, welche fehlerhaft in den aktuellen Zellenstrom eingefügt werden

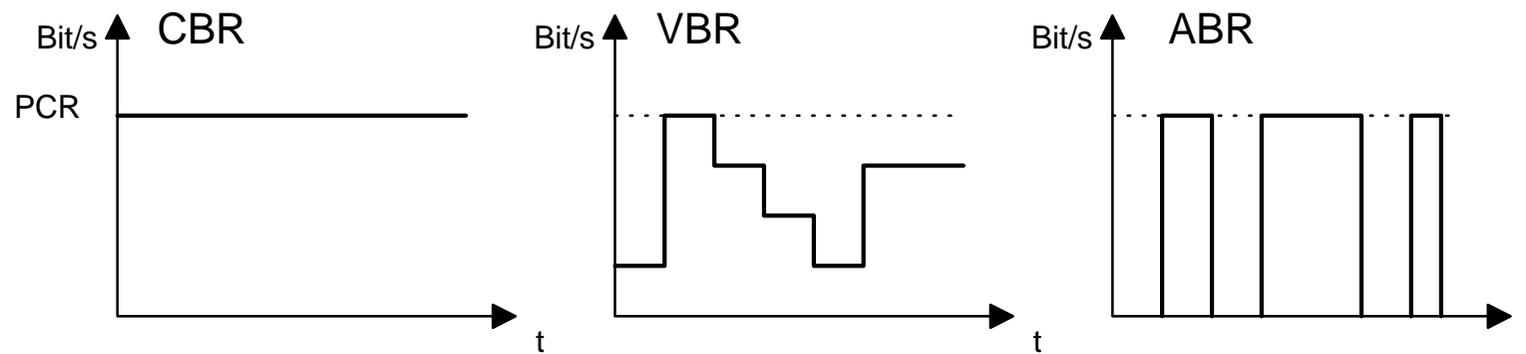
# Garantierter QoS

- Dienstgütegarantie auf einer etablierten Verbindung
- Beim Aufsetzen einer Verbindung werden Verkehrsparameter ausgehandelt, die eingehalten werden müssen
- Connection Admission Control (CAC) ist für das Traffic Management zuständig
- Traffic Shaping zur verbesserten Netzauslastung
- Tagging zur Entlastung der Switches
- Early Packet Discard (EPD) zum Verwerfen von Zellen bei Überlastungen
- Leaky-Bucket Algorithmus zur intelligenten Steuerung von Überbelastungen über die Peak Cell Rate (PCR)
- Dual-Leaky-Bucket für Parameter PCR und MCR für VBR-Verkehr

# QoS bei ATM: Verkehrsklassen

ITU-QoS-Klassen	Bitratentyp	Anwendungen	ATM-Forum-QoS-Klassen
Klasse 1	CBR, rt-VBR, DBR	Standleitung / CBR Video	Klasse 1
Klasse 2	nrt-VBR, ABR, ABT, SBR	Paketierte Audio/Videoverbindungen	Klasse 2
Klasse 3	nrt-VBR, ABR, SBR	Verbindungsorientierte Datendienste (z.B. Frame Relay)	Klasse 3
-	UBR	Verbindungslose Datendienste (z.B.: IP)	Klasse 4
-	-	Übertragung ohne definierte Parameter	-

# Verkehrsarten von ATM



# Gegenüberstellung der Dienstklassen und Verkehrsparameter

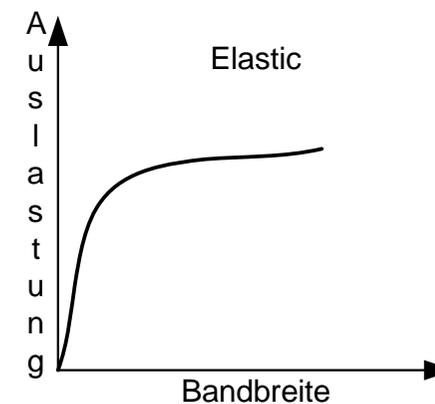
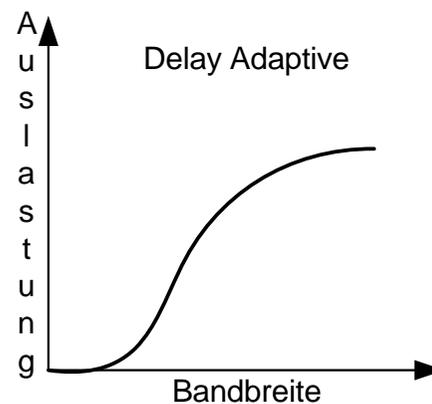
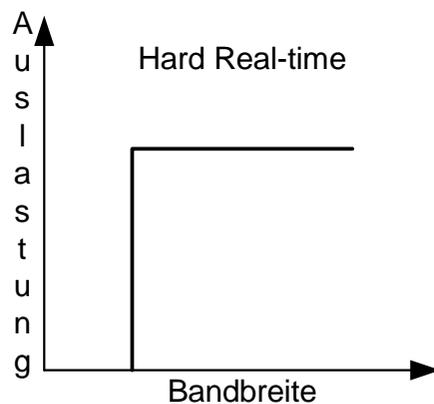
Dienstklasse	Verkehrsparameter	Bandbreite	Zellenverlustrate	Transitzeit
CBR	PCR, CDV	Ja	Ja	Ja
Rt-VBR	PCR, SCR, CDV	Ja	Ja	Ja
Nrt-VBR	PCR, SCR, MBS	Ja	Ja	Nein
ABR	PCR, MCR	Ja	Ja	Nein
UBR	(PCR)	Nein	Nein	Nein

# Integrated Services (IntServ)

- Best-Effort Service
- Controlled Load Service (RFC-2211)
  - Performance so hoch wie möglich
  - keine quantitativen Zusicherungen
- Guaranteed Service (RFC-2212)
  - Durchsatz und Verzögerung
  - Jitter oder durchschnittliche Verzögerung werden nicht berücksichtigt
  - Jedes Element in einem Übertragungspfad muß Delay begrenzen können
  - Ist nicht in jeder Umgebung einsetzbar (z.B. Ethernet als Shared Media)
- Resource Reservation Setup Protocol (RSVP) wird als Signalisierungsprotokoll verwendet

# Dienstgütereigenschaften

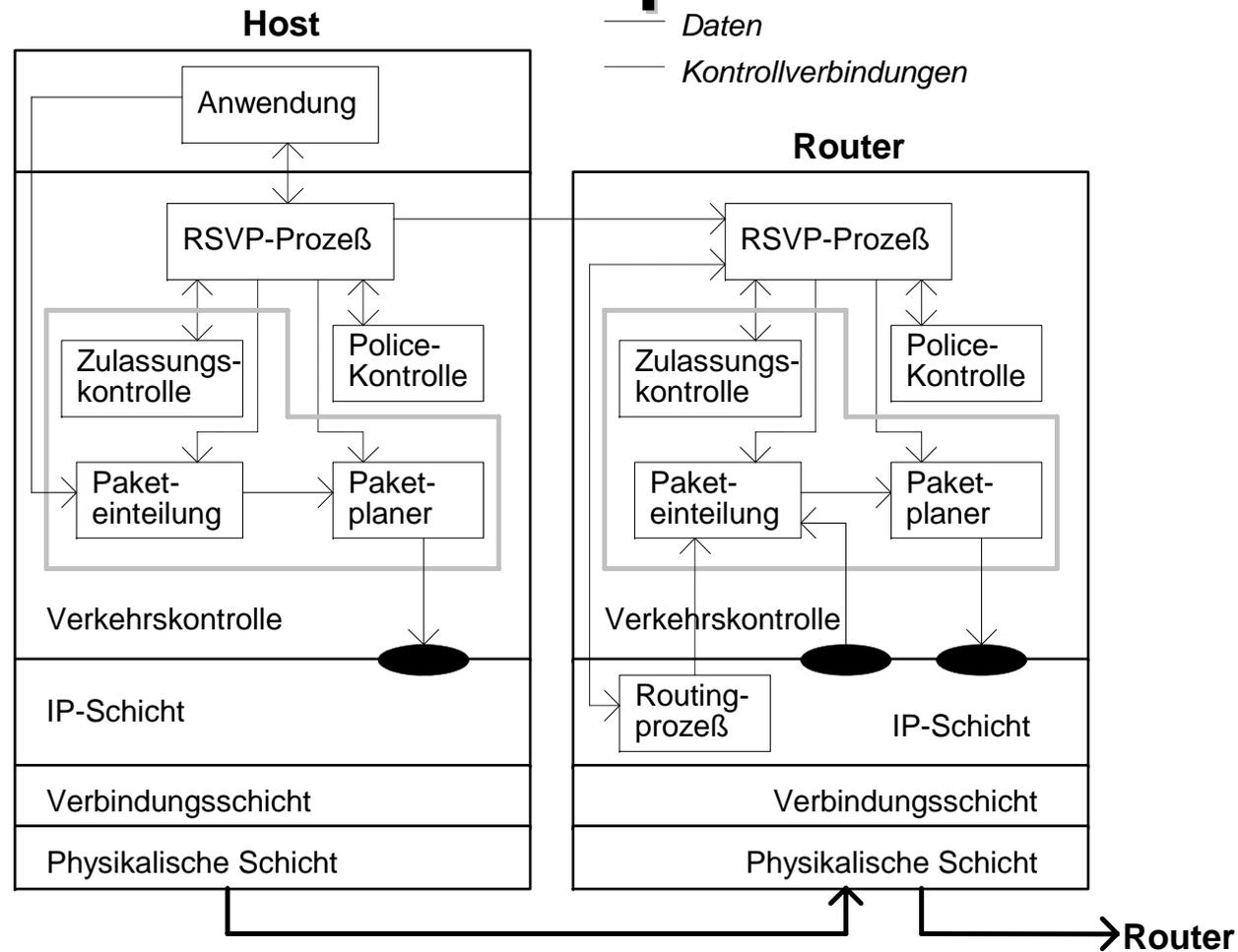
- Forderung nach harter und weicher QoS
- IP-Umfeld:
  - Best-Effort
  - Queuing (z.B. RED, WFQ), Traffic Shaping
  - IntServ/RSVP
  - DiffServ
- Unterschiedliche Eigenschaften der Anwendungen:



# Ressource Reservation Setup Protocol (RSVP) - Funktionalität bei IntServ

- Merging: Der abschnittsweise festgelegte QoS ermöglicht Verschmelzungen von Datenströmen mehrerer Sender
- Unidirektionale Ressourcenetablierung: Ressourcen werden unidirektional angefordert; Up- und Downstream sind bezüglich ihrer Dienstgüte voneinander entkoppelt
- Regelmäßige Bestätigung der Ressourcen: Soft-State muß regelmäßig bestätigt werden
- Empfänger initiiert die Ressourcen: die Reservierung der Ressourcen wird durch den Empfänger eingeleitet
- Transparenz: Strecken, die nicht RSVP-fähig sind, können aufgrund der Transparenz des Protokolls einbezogen werden
- Ausnutzung vorhandener Routing-Mechanismen (z.B. OSPF, BGP)
- Unterstützt IPv4 und IPv6 sowie Multicast-Pakete

# Einordnung von RSVP in den TCP/IP-Protokollstapel



# RSVP-Erweiterung und -Problematik

- Erweiterung von RSVP definiert die Reservierung bzw. das Etablieren von aggregierten Datenströmen (Flows), anstatt Ressourcenreservierung sitzungsbezogen vorzunehmen
- RSVP setzt auf IP-Routing (z.B. OSPF) auf
- Nicht RSVP-fähige Router werden transparent durchlaufen
- Verkehrs- und Policy-Kontrolle werden durch RSVP eingerichtet, wobei aber die Parameter für RSVP transparent
- Routing kann nicht auf CoS basieren, da RSVP vorher eine Etablierung des Multicast-Baums benötigt.

# Mapping der Serviceklassen

- Direktes Mapping, so daß die garantierte Dienstgüte von ATM direkt durch das IP-Protokoll ausgenutzt werden kann
- Verbindungslose Architektur von IntServ/IEEE802.1p wird auf verbindungsorientierte Architektur umgesetzt

<b>IP-Serviceklassen</b>	<b>ATM-Serviceklassen</b>
Guaranteed Service	CBR, rt-VBR
Controlled Load Service	CBR, nrt-VBR, ABR
Best-Effort Service	UBR

<b>802.1p-Kategorie</b>	<b>ATM-Verkehrsklassen</b>
Network Control	Constant Bit Rate (CBR)
Voice	Constant Bit Rate (CBR)
Video	Realtime Variable Bit Rate (rt-VBR)
Controlled Load	Non-Realtime Variable Bit Rate (nrt-VBR)
Excellent Effort	Available Bit Rate (ABR)
Best-Effort	Unspecified Bit Rate (UBR)
Background	Unspecified Bit Rate (UBR)

# RSVP-over-ATM: Anpassungen

- Übergabe von IP-Routing auf ATM-Routing
- Management der virtuellen Verbindungen
- Dynamischer CoS muß auf statischen QoS angepaßt werden
- Best-Effort-Empfänger innerhalb einer Sitzung
- Empfängerheterogenität anstatt gleicher QoS für alle Empfänger
- Unidirektionale statt bidirektionale Ressourcenzuteilung

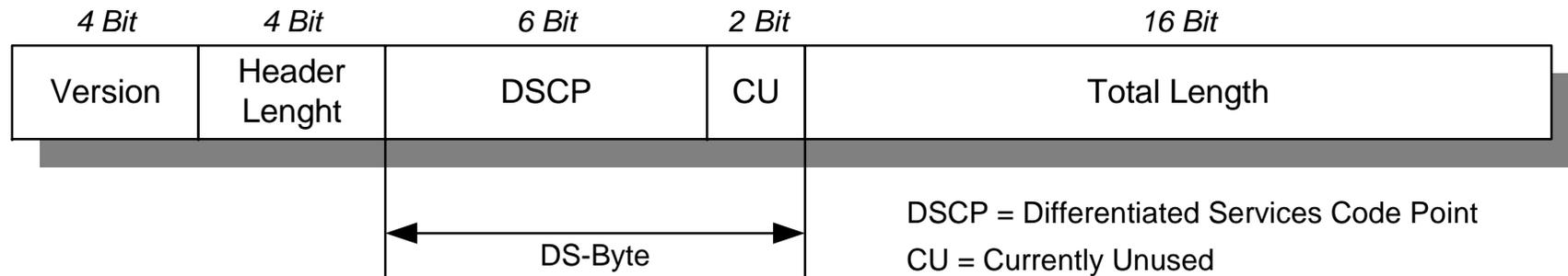
# ATM-Optionen zur Unterstützung von RSVP

ATM-Optionen	QoS-Unterstützung
PVC	IP-CoS kann mit dem QoS des PVC gleichgesetzt werden
SVC	Einzelner SVC wird für einen RSVP-Datenstrom verwendet, so daß die Gesamtanzahl der Datenflüsse begrenzt wird. Hier sind Probleme bei der Skalierbarkeit vorhanden.
Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindungen	RSVP unterstützt heterogene Empfänger, während ATM dies nicht implementiert hat.
Multicast Server	Bei Verwendung von Multicast-Servern können heterogene Empfänger verwendet werden, seitdem RSVP-Pakete interpretiert werden können. Allerdings ist auch hier ein Problem der Skalierbarkeit vorhanden.

# Differentiated Services (DiffServ)

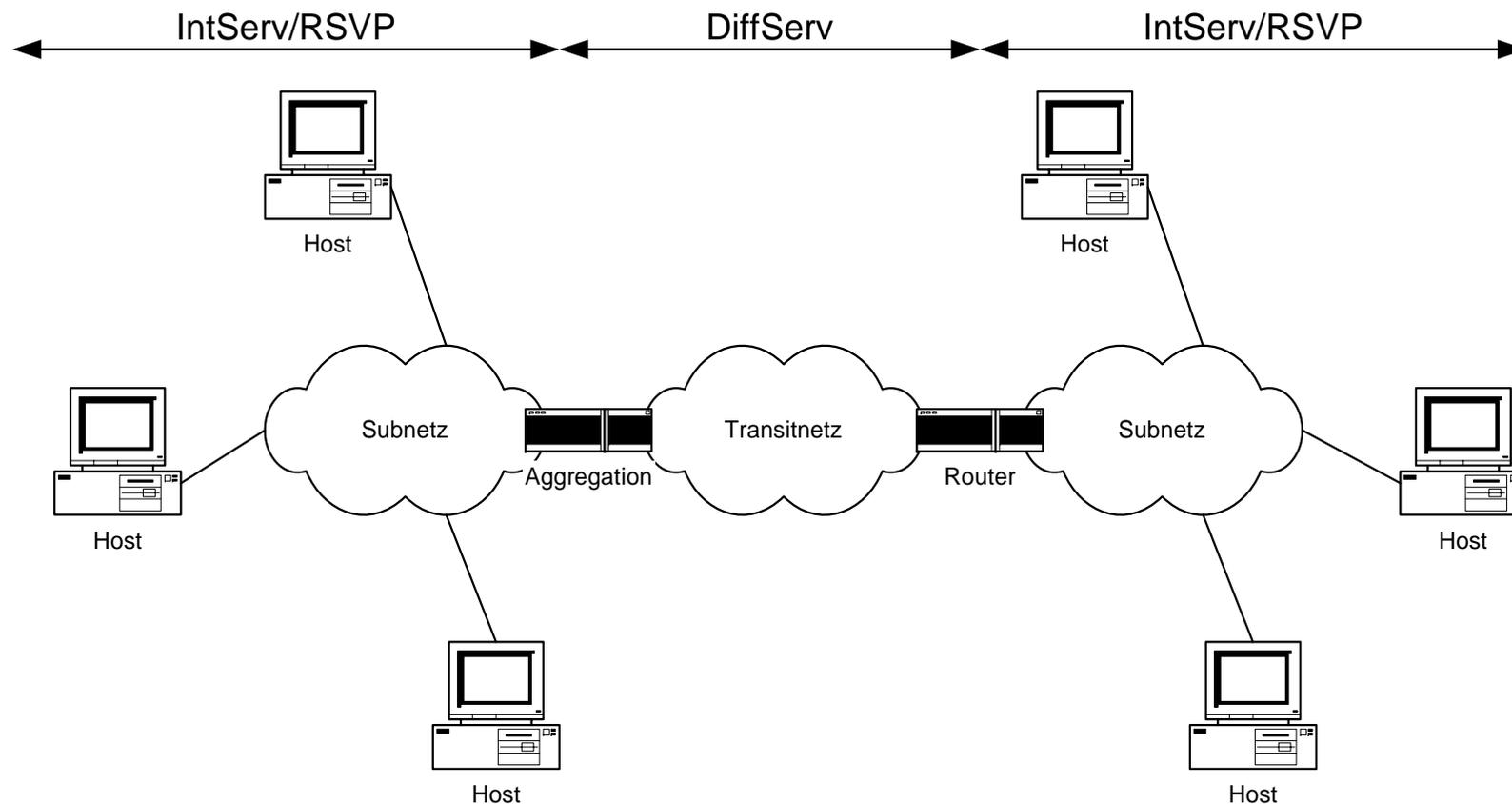
- Endgeräte-bezogene Session-Behandlung ist zu aufwendig
- Gleichartige Sessions werden zusammengefaßt (Skalierbarkeit)
- Definition von drei Servicelevels (RFC-2475/-2474/-2597)
  - Expedited Forwarding (EF): Premium-Klasse; max. Datenrate und geringe Verzögerung (DSCP=101100)
  - Assured Forwarding (AF): Unterteilung in weitere vier Klassen, die wiederum in drei Verlustraten unterscheiden: erwartete Datenrate, keine Garantien
  - Best-effort: keine Zusicherung (DSCP = 000000)
- TOS-Feld des IP-Headers enthält DS-Byte
- Wird die zugesicherte Qualität durch eine Anwendung verletzt, so wird der Mehranteil über der PCR nicht mehr garantiert

# Differentiated Services



- Andere Einteilung des TOS-Feldes im IP-Header
- Per-Hop Behaviour (PHB):
  - Drop Threshold
  - Pufferzuordnung
  - Service Priorität
  - Service Rate
- Mehrere DSCP können auf ein PHB abgebildet wird
- PHB + Netzdimensionierung = Qualität

# Statisch/Dynamische Kombination



# Zusammenspiel IntServ/DiffServ

- Hosts können DS-Byte markieren und/oder RSVP-Signalisierung nutzen
- Hosts für die Verschlüsselung und die Markierung der Informationen
- Router können DS-Byte ebenfalls markieren, falls notwendig
- Router akzeptieren/verwerfen die RSVP-Requests, basierend auf der gegenwärtigen Netzlast
- Service Levels können dynamisch oder statisch umgesetzt werden
- Mapping RSVP/TOS nach DSCP
- Queue-Auswahl am Hosts

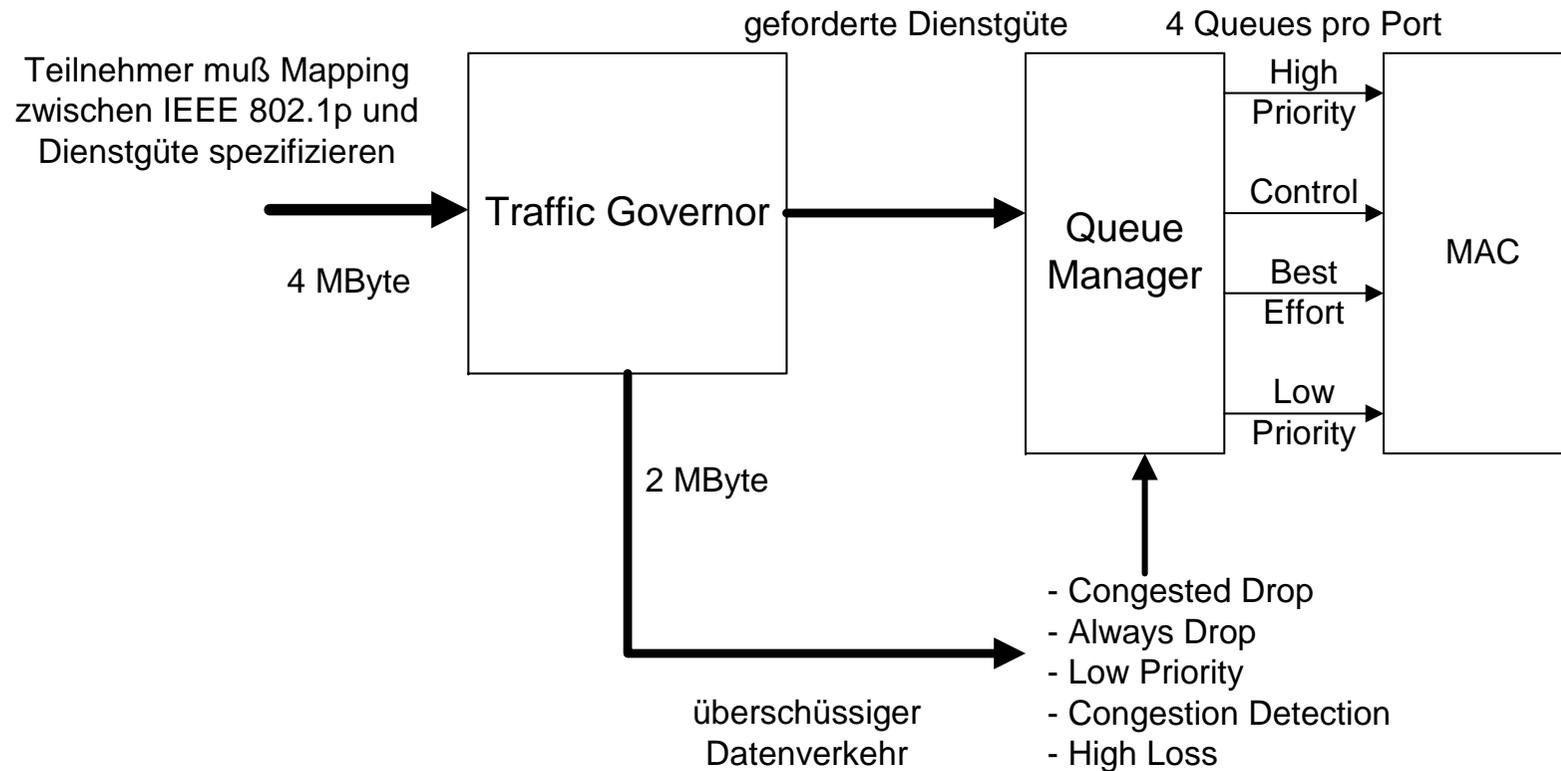
## IP-QoS durch DiffServ

- Nutzung des TOS-Feldes des IP-Headers
- Differentierte Behandlung von Datenströmen nach Klassifizierung an Edge-Routern (Ingress und Egress Router)
- Dienstgüteklassen: Premium bis Olympic
- Einhaltung von Service Level Agreements möglich
- Einsatz auch in Kombination mit IntServ/RSVP
- Weiterführung des Ansatzes von IPv6 (Traffic Class Byte)
- Durch DSCP-Feld (6 Bit) sind 64 Klassen ermöglicht worden, anstatt 8 Klassen wie beim 3-Bit-Feld!

# Queuing-Mechanismen

- Priority Queuing (PQ)
  - PQ arbeitet zuerst die am höchsten priorisierte Warteschlange ab
- Custom Queuing (CQ)
  - CQ arbeitet nach dem Round Robin Verfahren
- Weighted Fair Queuing (WFQ)
  - WFQ versucht die IP-Pakete möglichst fair in Abhängigkeit von der Applikation zu behandeln
- Random Early Detection (RED)
  - RED löscht weniger wichtige Pakete aus Lastgründen

# Queue-Manager



# LAN-Standard IEEE802.1p

- IEEE802.1p definiert eine Priorisierung, die der Benutzer einstellen soll und End-to-end funktioniert
- Eine Tag-Kennung wird dafür in den MAC-Header eingefügt, mit einer 3-Bit-Priorisierung
- Dadurch sind 8 nicht hierarchische Prioritätsstufen einsetzbar
- Erweiterte Filterfunktionen sind im Standard IEEE802.1p enthalten:
  - Expedited Traffic
  - Multicast-Filter (Snooping)
  - dynamische Gruppenregistrierung

# CoS Verkehrsarten nach IEEE802.1p

Dezimal	Binär	Verkehrsarten
7	111	Reserviert
6	110	Interactive Voice
5	101	Interactive Multimedia
4	100	Controlled Load Applications (oder Streaming Multimedia)
3	011	Excellent Effort (oder Business Critical)
2	010	Standard
1	001	Background (z.B. Backup)
0	000	Best Effort (Default)

# LAN-Technologien mit/ohne QoS/CoS

LAN-Topologie	Beschreibung	Art der Garantie
Shared Topologie ohne Traffic Classes	Ethernet/802.3 ohne 802.1p, keine Unterscheidung zwischen Datenflüssen möglich	Keine Garantien
Shared Topologie mit Traffic Classes	Token Ring/FDDI/Ethernet mit 802.1p	Nur statistische Garantien für Shared Ethernet, bessere Garantien für TR und FDDI
Switched Half Duplex ohne Traffic Classes	Ethernet/802.3 ohne 802.1p	Keine Unterscheidung möglich, wodurch keine Garantien vorhanden sind
Switched Half Duplex mit Traffic Classes	Token Ring/FDDI/Ethernet mit 802.1p, nur zwei Sender in Konkurrenz zueinander	Bessere statistische Garantien
Switched Full Duplex ohne Traffic Classes	Switched Ethernet und Token Ring, keine Unterscheidung zwischen Datenflüssen	Keine Garantien möglich
Switched Full Duplex mit Traffic Classes	Datenflüsse können unterschieden werden	Garantien sind fast möglich geworden und besser als bei den anderen Möglichkeiten

# Subnet Bandwidth Management (SBM)

- SBM ist ein Draft der IETF, der definiert wie zukünftig ein Mapping zwischen Layer 2, 3 und 4 hinsichtlich QoS durchgeführt werden soll
- SBM enthält einen Bandwidth Allocator (BA) mit Bandbreitenmanagement, Admission Control und Policy-Kriterien
- Hinzu kommt ein Requester Modul (RM), welches in jedem Endgerät installiert ist und das Mapping zwischen den Schichten 2, 3 und 4 vornimmt

# CoS-Problematik

- Einteilung in Prioritätsklassen ist möglich, wird aber nur von neuen Komponenten unterstützt
- Priorisierung erfolgt statisch (pro Port), wodurch Konfigurationsaufwand stark erhöht wird
- Durch statische Vergabe besitzen niedrig priorisierte Anwendungen geringen Durchsatz
- Gleiche Priorität wird unfair behandelt
- Mapping mit TOS-Feld im IP-Header ist bislang nur proprietär implementiert (Layer 3 und Layer 2).
- Herstellerlösungen sind nicht kompatibel mit den abschließenden Standards
- Konfiguration der Dienstparameter muß zentral steuerbar sein und automatisiert werden

# Ungelöste Probleme

- Empfängerkontrolle
- Verhalten des Verkehrs zwischen Sender und Empfänger
- Signalisierung: sollten Benutzer oder Netzwerkmanager die Ressourcen zuweisen?
- Dynamische oder statische Managementkontrolle?
- Billing: Bit für Empfängerberechnung? Dann muß Empfänger Pakete verwerfen oder zurückweisen können.
- Congestion Check Bit: Falls gesetzt, zeigt Netzwerk höchste Priorität an

# Zusammenfassung

- Sprache und Datenintegration ist heute bereits Realität
- Die Netze müssen eine Verfügbarkeit von 99,99% aufweisen, um Sprache verlässlich übertragen zu können
- Hohe Qualität und stabile Netzwerk werden benötigt
- Carriers und ISPs werden zunehmend Integrated Services und Differentiated Services anbieten
- Mapping der verschiedenen QoS/CoS-Ansätze werden die Netzwerkwelt wesentlich komplexer gestalten
- Unterschiedliche Serviceklassen lassen sich nicht immer 1:1 überführen
- Proprietäre Herstellerverfahren sind momentan nur vorhanden, da keine endgültigen Standards existieren

# Buchtips

## 1. ATM in TCP/IP-Netzen

Autor: Kai-Oliver Detken

Hüthig-Verlag, Heidelberg 1998

*Inhalte: ATM, Signalisierung, TCP/IP, CLIP, LANE, MPOA, NHRP, CSCW etc.*

## 2. Local Area Networks

Autor: Kai-Oliver Detken

Hüthig-Verlag, Heidelberg 1999

*Inhalte: LAN-Technologien, Gigabit- Ethernet, ATM, Layer-3/4-Switching, Voice-over-IP/ATM, QoS, CoS etc.*

# Dankeschön für ihre Aufmerksamkeit

E-Mail: [detken@optinet.de](mailto:detken@optinet.de)  
[detken@wwl.de](mailto:detken@wwl.de)  
Business URLs: <http://www.optinet.de>  
<http://wwl.de>  
Private URL: <http://kai.nord.de>

**WWL Internet GmbH**  
**Goebelstraße 46**  
**D-28865 Lilienthal/Bremen**  
**Tel.: 04298/9365-0**  
**Fax: 04298/9365-22**