

T. Braun und P. Habegger

Differentiated Services: Ein neuer Ansatz für Dienstgüte im Internet



Torsten Braun, Diplom (1990) und Promotion (1993) in Informatik an der Universität Karlsruhe (T.H.), 1990-1994 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Telematik an der Universität Karlsruhe, 1994-1996 Forschungsaufenthalt bei INRIA im französischen Sophia-Antipolis, 1996-1997 Gastwissenschaftler und Projektleiter/ Chefberater am IBM European Networking Center Heidelberg, seit 1998 ordentlicher Professor für Informatik an der Universität Bern (Schweiz) und Leiter der Fachgruppe Rechnernetze und Verteilte Systeme.



Pascal Habegger, Diplom (1996) in Informatik an der Universität Bern. Seit 1996 Assistent am Institut für Informatik und angewandte Mathematik mit Forschungsinteressen in Computersimulation von Netzwerken, Differentiated Services, Quality of Service, ATM.

KURZZUSAMMENFASSUNG

Mit der gestiegenen Popularität des Internet und des zunehmenden Einsatzes für geschäftliche Prozesse und multimediale Anwendungen ist auch der Wunsch vieler Anwender nach besserer, vorhersehbarer Übertragungsqualität gestiegen. Ein erster Verbesserungsansatz, um neben dem Best-Effort-Dienst höherwertige Dienste anzubieten, bestand in der Entwicklung der Integrated-Services-Architektur und des RSVP-Protokolls. Dieser Ansatz ist aber nur für kleinere IP-Netze geeignet und skaliert nicht für große Internet-Backbone-Netze. Zur Lösung dieses Problems wird innerhalb der IETF das Konzept der Differentiated Services diskutiert, wobei sich Ende 1997 eine gleichnamige Arbeitsgruppe gebildet hat. Während bei RSVP die Pakete nach Anwendungsfluß-Eigenschaften klassifiziert und bereits zuvor reservierte Ressourcen zugewiesen werden, basiert das Differentiated-Services-Konzept darauf, daß ein Benutzer mit dem Internet Service Provider ein Dienstprofil für speziell markierte Pakete vereinbart und der Benutzer entsprechend des Dienstprofils diese markierten Pakete über das ISP-Netz sendet. Ein weiterer signifikanter Unterschied zum RSVP-Konzept besteht darin, daß das Dienstprofil aus Skalierbarkeitsgründen für eine Menge aggregierter Flüsse vereinbart und überprüft wird. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über die Differentiated-Services-Aktivitäten der IETF und stellt im speziellen verschiedene Vorschläge zur Realisierung und Implementierung von Differentiated Services vor.

1 EINFÜHRUNG

Ein zentrales Problem im heutigen Internet ist die meist unvorhersehbare und sehr oft schlechte Qualität der Übertragung. Es existiert derzeit noch keine zufriedenstellende Lösung für dieses Problem. Ein pragmatischer Ansatz, um trotzdem eine vernünftige Dienstqualität zu erreichen, besteht in der adaptiven Gestaltung der Anwendungen so, daß diese sich den Änderungen der Netzcharakteristiken (z. B. verursacht durch Stausituationen) anpassen. Beispielsweise kann unmittelbar nach erkannter Stausituation die Senderate durch Erhöhen der Komprimierung oder Modifikation der A/V-Kodierung reduziert werden. Dazu sind Dienstgüten-Monitoring-Funktionen erforderlich, um den aktuellen Netzzustand zu erkennen.

Solche Funktionen werden beispielsweise durch das Real-Time Transport Protocol (RTP) [RFC1889] und das dazugehörige Real-Time Control Protocol (RTCP) unterstützt. Beispielsweise kann eine Empfängeranwendung messen, wie viele Pakete des Senders korrekt und mit welcher Verzögerungsschwankung ankommen. Diese Information wird über RTCP dem Sender mitgeteilt. Der Sender kann aufgrund dieser Information abschätzen, ob im Netz gerade Staus auftreten oder nicht und entsprechend die Senderate regeln. Dies wirkt sich dann auch auf die Kodierung des übertragenen Audio- oder Videostroms aus, d. h. bei geringerer Senderate muß zwangsläufig eine Kodierung mit geringerer Qualität gewählt werden. Ohne Adaption würde jedoch der Paketverlust so stark ansteigen, daß die Übertragung völlig unbrauchbar wäre.

1.1 INTEGRATED SERVICES UND RSVP

Adaptive Methoden haben natürlich dann ihre Grenzen, wenn eine Anwendung eine Mindestbandbreite für eine sinnvolle Qualität benötigt. In solchen Fällen liegt es nahe, durch Ressourcenreservierungen eine minimale Qualität sicherzustellen. Speziell Anwendungen mit harten Realzeitanforderungen sind auf Techniken angewiesen, die auf Betriebsmittel- und Bandbreitenreservierungen basieren. Deshalb definierte die Integrated-Services-Arbeitsgruppe (Intserv) der IETF verschiedene Dienste, die den reinen Best-Effort-Dienst erweitern. Hierbei handelt es sich um die Dienstklassen Controlled Load Service und Guaranteed Service.

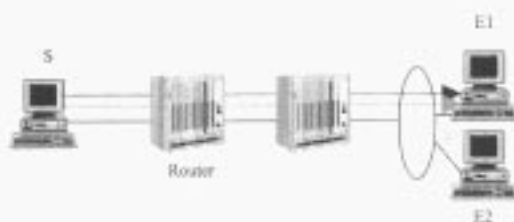


Abbildung 1: Anwendungsdatenflüsse (Flows)

Diese Dienste werden für sogenannte Flüsse (Flows), d. h. Anwendungsdatenströme zwischen Endsystemen, erbracht. Beispielsweise existieren in Abbildung 1 drei Flüsse, zwei ausgehend vom Sender S zum Empfänger E1 und ein weiterer Fluß vom Sender zum Empfänger E2. Beispielsweise können zwischen Sender und dem oberen Empfänger mehrere Anwendungen aktiv sein (z. B. Dateiübertragung per ftp und Terminalemulation per telnet), oder eine Anwendung ermöglicht mehrere Flüsse gleichzeitig, z. B. öffnet ein WWW-Browser des Empfängers mehrere parallele TCP-Verbindungen zu einem WWW-Server.

Die für einen Fluß benötigten Ressourcen werden mit Signalisierungsprotokollen in den Endsystemen und Routern reserviert. Dazu müssen Netzelemente wie z. B. Router, Netzknoten und auch Betriebssysteme innerhalb der Endsysteme prüfen, ob ausreichend Betriebsmittel wie CPU-Verarbeitungszeit und Speicherplatz sowie Netzbandbreite zur Verfügung stehen, um einen gewünschten Dienst zu erbringen (Admission Control). Betriebsmittel müssen dann reserviert bzw. den Paketen des zu unterstützenden Flusses zugeordnet werden (Scheduling). Schließlich muß die Einhaltung der vereinbarten Verkehrscharakteristik am Netzzugang kontrolliert werden (Policing).

Als Signalisierungsprotokoll zum Reservieren von Ressourcen wurde das Resource Reservation Setup Protocol (RSVP) entwickelt [RFC2205]. RSVP ergänzt den IP-Protokollstapel, d. h. die Daten werden unverändert über das IP-Protokoll übertragen. Über RSVP wird ausschließlich Signalisierungsinformation ausgetauscht, durch welche beschrieben wird, mit welcher Dienstgüte die TCP/IP- oder UDP/IP-Datenflüsse unterstützt werden sollen. Die RSVP-Ressourcenreservierung erfolgt empfangsorientiert, d. h. der Empfänger formuliert die für eine Reservierung maßgebende Reservierungsnachricht, indem er die Reservierungsparameter für den empfangenen Anwendungsdatenfluß beschreibt.

RSVP geriet vor allem wegen der begrenzten Anwendbarkeit in großen IP-Netzen in die Kritik. Die RSVP-Arbeitsgruppe der IETF hat in einem Dokument die Anwendbarkeit von RSVP in der derzeit vorliegenden Form bewertet. Als großes Problem von RSVP gilt der Fluß-basierte Ansatz, d. h., daß für jeden Anwendungsdatenfluß Ressourcen reserviert werden. Dies ist mit herkömmlichen Routern nicht realisierbar, wenn große Netze mit mehreren Millionen von Benutzern und ggf. mehreren gleichzeitigen Anwendungsdatenflüssen unterstützt werden sollen. Herkömmliche Router können aufgrund begrenzter Speicherkapazitäten eine so große Anzahl von in den Routern für jeden Fluß gespeicherten Zustandsinformationen (Flow States) überhaupt nicht aufnehmen. Des weiteren erhöht sich bei einer sehr großen Anzahl von Flüssen auch die Komplexität des Paket-Scheduling innerhalb der Router, das notwendig ist, um garantierte Dienste anbieten zu können. Ein weiterer Nachteil besteht in den derzeit noch nicht verfügbaren Standards für Accounting- und Billing-Funktionen, ohne die Reservierungen kaum sinnvoll erscheinen. Aus diesen Gründen wird empfohlen, RSVP nur in kleineren, abgeschlossenen Netzen zu benutzen [RFC2208].

2 BEGRIFFE UND GRUNDLAGEN

Der Ansatz der Differentiated Services versucht die Nachteile von Best-Effort-Netzen und dem Integrated-Services-Konzept zu vermeiden [Blak98]. Es wurde einerseits erkannt, daß der Bedarf an höheren Diensten zusätzlich zu Best-Effort-Diensten besteht, daß solche Dienste aber mit dem Integrated-Services-Ansatz - zumindest in großen IP-Netzen - nicht erreichbar sind. Der Ansatz

der Differentiated Services basiert daher auf einer Aggregation von Flüssen, d. h. Reservierungen sollen für eine Menge von zusammengehörenden Flüssen, z. B. für alle Flüsse zwischen zwei Subnetzen, erfolgen. Des weiteren sind diese Reservierungen eher statischer Natur, d. h. es wird auf eine dynamische Reservierung pro Kommunikationsbeziehung verzichtet, so daß Reservierungen für mehrere, ggf. zeitlich aufeinanderfolgende Kommunikationsbeziehungen bestehen.

Beim Differentiated-Services-Konzept werden die IP-Pakete durch den Benutzer (entweder im Endsystem oder durch einen Router) oder den Service Provider mit unterschiedlichen Prioritäten versehen. Den einzelnen Prioritätsklassen werden in den Routern dann entsprechende Mengen von Ressourcen (insbesondere Bandbreiten) zugewiesen. Ein Service Provider kann durch dieses Konzept seinen Benutzern verschiedene Dienstgüteklassen anbieten, die mit unterschiedlichen Kosten verbunden sind. Gegebenenfalls ist es möglich, unterschiedliche Arten von Diensten anzubieten, z. B. neben einem Best-Effort-Service höherwertige Dienste, die in der Regel wie der Controlled Load Service keine garantierten Dienste darstellen.

Das Konzept der Differentiated Services erlaubt Benutzern, eine Rate oder einen relativen Anteil von Paketen zu definieren, die vom Internet Service Provider (ISP) mit hoher Priorität durch das Netz geleitet werden sollen. Die Wahrscheinlichkeit, daß die gewünschte Dienstqualität erbracht wird, hängt jedoch im wesentlichen davon ab, wie das Netz dimensioniert ist, d. h. wie groß die Wahrscheinlichkeit ist, ob einzelne Links oder Router mit Daten hoher Priorität überlastet werden können. Das Konzept kann zwar in der Regel keine Quality-of-Service-Parameter (QoS) garantieren, ist aber einfacher zu implementieren als durchgängige Ressourcenreservierung und liefert eine bessere Dienstgüte als reine Best-Effort-Dienste.



Abbildung 3: Das DS-Byte in IPv4 und IPv6

Zur Markierung der Pakete wird das sogenannte DS (Differentiated Services) Byte im IP-Header verwendet, welches in IPv4 auf das Type-of-Service-Oktett (ToS) und in IPv6 auf das Traffic-Class-Oktett abgebildet wird (vgl. Abbildung 3). Das DS-Byte enthält ein sechs Bit breites Feld namens DSCP (DS Codepoint), welches das gewünschte Transportverhalten im Router bestimmt. Die verbleibenden zwei Bits, die dem CU-Feld (Currently Unused) entsprechen, sind für zukünftige, bisher nicht spezialisierte Verwendungszwecke reserviert.

Die Bedeutung der einzelnen Bits im DSCP-Feld steht noch nicht fest und ist Gegenstand laufender Diskussionen innerhalb der Differentiated-Services-Arbeitsgruppe (Diffserv) der IETF. Der Vorschlag in [Blake98] zielt darauf ab, ein Bit zur Kennzeichnung von in/out-of-profile-Paketen zu verwenden und die restlichen Bits zur Unterscheidung von Dienstklassen unterschiedlicher Prioritäten einzusetzen. Dabei wird eine minimale Rückwärtskompatibilität mit dem ToS-Feld unter IPv4 gewahrt. [Nich98b] schlagen zwei

verschiedene Dienste Default (DE) und Expedited Forwarding (EF) zur Standardisierung vor, die durch zwei DSCP-Werte definiert sind. Da sich die DSCP-Werte für einen bestimmten Dienst je nach ISP ändern können, kann es unter Umständen erforderlich werden, bei Netzübergängen das DSCP-Feld der Pakete zu ändern.

3 Dienste

Zur Realisierung von Differentiated Services existieren derzeit eine Reihe verschiedener Vorschläge [Bernig66]. Vielversprechend erscheint ein Ansatz, welcher erlaubt, verschiedene Dienste wie z. B. Premium Service und Assured Service zu kombinieren. Bei diesen beiden Diensten werden für aggregierte Flüsse absolute Bandbreiten allokiert. Diese beiden Ansätze basieren auf Markierungsverfahren, wobei eine Markierung (Tag) anzeigt, welchen Dienst ein Paket erfahren soll.

Eine ähnliche Idee wird mit dem Scalable Resource Reservation Protocol (SRP) verfolgt. Hier werden Flüsse auf jedem Link automatisch aggregiert, wodurch das Netzwerk keine Kenntnis von den einzelnen Flüssen zu haben braucht. Auf ein explizites Signalisierungsprotokoll wird verzichtet. Es werden lediglich drei verschiedene Pakettypen (Reserved, Request und Best-Effort) eingeführt, die sich durch eine unterschiedliche Markierung im Paketkopf auszeichnen.

Ein alternativer Ansatz (User-Share Differentiation, USD) besteht darin, in den Routern für aggregierte Flüsse (z. B. alle Flüsse von oder zu einer IP-Adresse bzw. Menge von IP-Adressen) eine relative Bandbreite zuzuweisen. Bei diesem Ansatz werden dann den Flüssen abhängig von der Gesamtbandbreite eines Links der relative Anteil zugeordnet. Ein ähnlicher Dienst wird durch den Olympic Service erbracht. Dabei werden im Netz drei Prioritätsstufen unterschieden, wobei jede der drei Prioritätsstufen Gold, Silber und Bronze einen unterschiedlichen Anteil der Bandbreite auf einem Link erhält, z. B. Gold 60 %, Silber 30 %, Bronze 10 %.

Ein wesentlicher Vorteil der Architektur besteht darin, daß die Komplexität der Interior-Router sehr gering bleiben kann und zusätzliche Funktionen wie Klassifikation, Markierung, Shaping und Policing nur in den Zugangs- und Boundary-Routern implementiert werden müssen.

Im folgenden sollen nun die verschiedenen Dienste näher beschrieben werden.

3.1 Premium Service

Beim Premium Service vereinbart ein Benutzer mit dem ISP eine maximale Bandbreite, mit welcher der Benutzer Pakete über das ISP-Netz senden darf. Des weiteren wird der aggregierte Fluß beschrieben, d. h. Quell- und Zieladressen der Pakete, welche den Dienst erhalten sollen. In Abbildung 4 haben Benutzer für Verkehr von A nach B und ISP eine Rate von 3 Paketen/s vereinbart. Der Benutzer konfiguriert dann die Zugangs-Router (First-Hop-Router) in den einzelnen Subnetzen entsprechend. Im Beispiel wird dann von jedem Zugangs-Router eine Paketrate von 2 Paketen/s zugelassen, da optimistisch angenommen wird, daß nicht gleichzeitig zwei Endsysteme mit der maximalen Rate von 2 Paketen/s senden.

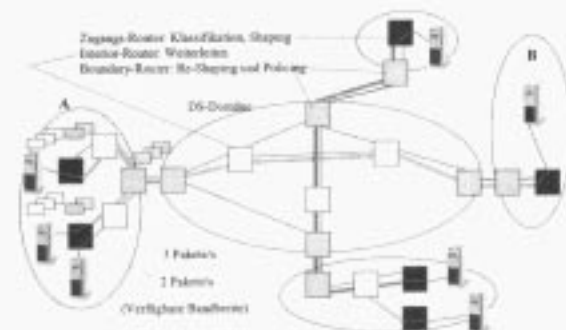


Abbildung 4: Premium Service

Die Zugangs-Router haben die Aufgabe, die von den Endsystemen erhaltenen Pakete zu klassifizieren, d. h. zu analysieren, ob die Pakete den Premium Service erhalten sollen oder nicht. Wenn dies der Fall ist, werden die Pakete mit einem Premium-Service-Bit (P-Bit) markiert und der Datenstrom wird entsprechend der maximalen Bandbreite geformt, d. h. es wird eine Shaping-Funktion durchgeführt. Der Boundary-Router des Benutzers führt dann ein Re-Shaping (im Beispiel: 3 Pakete/s) durch und sendet die Pakete an den Boundary-Router des ISP. Letzterer führt eine Policing-Funktion durch, d. h. er überprüft, ob sich der Boundary-Router des Benutzers an die vereinbarte maximale Bandbreite von 3 Paketen/s hält. Passieren dabei jeweils 2 Pakete/s, d. h. insgesamt 4 Pakete/s die Zugangs-Router, wird entweder durch Shaping oder Policing 1 Paket/s gelöscht.

Sämtliche Zugangs- und Boundary-Router haben zwei Warteschlangen (Queues), eine für mit P-Bit versehene Pakete, die andere für alle anderen Pakete (vgl. mit Abbildung 7). Sind Pakete in der P-Queue vorhanden, werden diese bevorzugt weitergeleitet. Das Aufsetzen von zwei Queues in allen Routern des Netzes (ISP-Netz und Benutzernetz) stellt die Realisierung eines virtuellen Netzes für Premium-Service-Verkehr dar.

Der Premium Service bietet also einen Dienst, der dem einer privaten Mietleitung gleichkommt. Der Vorteil des Premium Service gegenüber einer Mietleitung besteht aber darin, daß die vorhandenen Netzkapazitäten anderweitig verwendet werden können, falls die vereinbarten maximalen Bandbreiten von den Benutzern nicht erreicht werden. Hierbei ergeben sich zunächst Vorteile für den ISP, der freie Kapazitäten anderweitig verwenden kann. Dies kann sich aber auch für den Benutzer vorteilhaft auswirken, wenn sich dadurch günstigere Tarife ergeben.

3.2 Assured Service

Ein potentieller Nachteil des Premium Service besteht in der unzureichenden Unterstützung von Bursts und darin, daß unter Umständen ein Benutzer Gebühren auch bezahlen muß, wenn er die maximale Bandbreite nicht in Anspruch nimmt. Der Assured Service versucht einen Dienst anzubieten, der zwar keine Bandbreiten garantieren kann, bei dem aber mit einer hohen Wahrscheinlichkeit davon auszugehen ist, daß die mit hoher Priorität gekennzeichneten Pakete zuverlässig vom ISP übertragen werden. Die Definition konkreter Dienste ist derzeit noch nicht erfolgt.

Die Wahrscheinlichkeit, daß die Pakete zuverlässig übertragen werden, hängt von der Dimensionierung des Netzes ab. Ein ISP kann z. B. die Summe aller Bandbreiten für Assured Services so

wählen, daß die Bandbreite des Links mit der niedrigsten Bitrate nicht übertroffen wird. In diesem Fall wird dann im ISP-Netz aber nur ein sehr geringer Anteil der verfügbaren Kapazität allokiert. In der Regel werden aber nicht alle Benutzer ihre Assured-Service-Pakete über den Engpaß-Link senden, so daß es durchaus sinnvoll erscheint, eine höhere Gesamtbirtrate zuzulassen. Allerdings ist es dann nicht ausgeschlossen, daß in ungünstigen Momenten (genau dann, wenn alle Anwender Daten über den Engpaß-Link senden) Pakete wegen Überlastungen gelöscht werden müssen.

Ein Vorteil von Assured Services ist, daß ein Benutzer nicht wie in ISDN bzw. ATM oder dem Premium Service für eine relativ lange Zeit eine Reservierung etablieren muß und ggf. die während

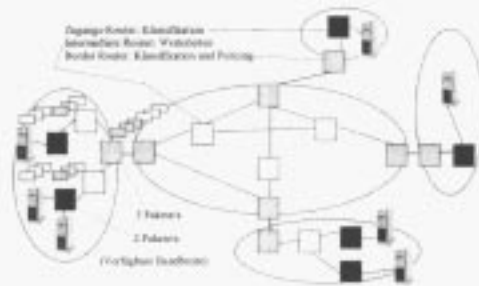


Abbildung 5: Assured Service

dieser Zeitdauer reservierte Bandbreite aufgrund der Burst-artigen Charakteristik des Datenverkehrs überhaupt nicht effizient ausnutzen kann. Demgegenüber erlauben Assured Services auch das Senden von kurzzeitigen Bursts.

Beim Assured Service vereinbart ein Benutzer mit dem Service Provider einen Dienstvertrag (Service Profile) über die maximale Menge bzw. Rate von Paketen hoher Priorität, d. h. Assured-Service-Paketen. Der Benutzer kann dann im Endsystem oder im Zugangs-Router zum ISP-Netz die Pakete mit hoher Priorität kennzeichnen, d. h. mit einem A-Bit versehen (vgl. mit Abbildung 5). Um Änderungen in den Endsystemen zu vermeiden, kann der Zugangs-Router die weiterzukommenden Pakete bezüglich ihrer IP-Adressen und UDP-/TCP-Ports analysieren und dann eine entsprechende Priorität zuordnen, d. h. für konforme Assured-Service-Pakete das A-Bit setzen. Hierbei ist natürlich auch zu beachten, daß die vereinbarte maximale Rate von Paketen mit höherer Priorität (A-Bit-Paketen) nicht überschritten wird. Dies wird durch Shaping-Funktionen in den Zugangs-Routern und Re-Shaping-Funktionen in den Boundary-Routern des Anwenders am Übergang zum ISP-Netz sichergestellt.

Der Service Provider muß aber trotzdem überprüfen, ob sich der Benutzer an die maximale Rate von Paketen mit hoher Priorität hält, und muß ggf. korrektive Maßnahmen ergreifen, falls dies nicht der Fall ist. Hierzu wird am Netzeingang der Boundary-Router des ISP nicht-konforme Pakete mit niedriger Priorität (out-of-service, out-of-profile) gekennzeichnet. Eine Alternative besteht in der Berechnung höherer Gebühren durch den Service Provider für nicht-konforme Pakete. Die Kennzeichnung, ob ein Paket niedere oder hohe Priorität besitzt, erfolgt durch das DS-Byte.

Bursts können dadurch unterstützt werden, daß innerhalb des Netzes gewisse Pufferbereiche zur Verfügung stehen, die Burst-artigen Verkehr zwischenspeichern können. Innerhalb des Netzes, speziell im Backbone-Bereich ist zu erwarten, daß sich die vielen zu unterstützenden Bursts statistisch ausgleichen.

Empfängergesteuerte Szenarien

Ein Problem beim Assured Service besteht darin, daß üblicherweise der Sender Dienstprofile mit dem ISP aushandelt. Greifen jedoch Internet-Benutzer auf einen WWW-Server zu, so sollte der Empfänger die Übertragungsqualität festlegen und die Kosten übernehmen. Der Empfänger sollte daher auch das Dienstprofil mit dem ISP aushandeln.

Eine empfängergesteuerte Variante der Assured Services kann dadurch implementiert werden, daß auf Empfängerseite beim Übergang vom ISP zum Netz des Benutzers ein Boundary-Router die zwischen ISP und Empfänger getroffene Dienstvereinbarung kennt. Dieser überprüft dann, ob der empfangene Datenfluß der Dienstvereinbarung entspricht. Falls nicht, setzt der Boundary-Router des ISP in den empfangenen Paketen ein (z. B. in IPv6) neu definiertes Bit, das Forward-Congestion-Notification-Bit (FCN). Ein gesetztes Bit zeigt dann an, daß das empfangene Paket die vereinbarte Verkehrsbeschreibung verletzt. Unter Umständen kann dieses Bit bereits durch einen Router im Netz gesetzt werden, um eine Stausituation anzuzeigen. Bei einem dienstkonformen Paket setzt der Boundary-Router dieses Bit wieder zurück.

Bei einem gesetztem FCN-Bit muß dann der Empfänger den Datenfluß des Senders verlangsamen, z. B. durch Verzögern von TCP-Quittungen oder durch entsprechendes Setzen von Flow-kontrollinformationen. Falls der Empfänger keine Maßnahmen ergreift, kann der Boundary-Router gezielt an den Empfänger adressierte Pakete wegwerfen.

Anwendungsadaption

Das Konzept der Assured Services kann auch sehr schön mit dem Adaptionkonzept kombiniert werden. Eine Anwendung kann beispielsweise per RTP/RTCP den Durchsatz bzw. die Verlustrate überwachen und je nachdem, wie sich diese Werte verhalten, mehr oder weniger Pakete mit hoher Priorität kennzeichnen. Falls das Netz unbelastet ist, kann die Anwendung auf das Senden von speziell markierten Paketen verzichten und abhängig vom Tarifierungsmodell Kosten einsparen. Hingegen muß die Anwendung die Anzahl der Pakete hoher Priorität erhöhen, wenn ein großer Paketverlust normaler Pakete erkannt wird. Gegebenenfalls muß dann auch die maximale Rate von Paketen hoher Priorität mit dem Service Provider neu vereinbart werden, was allerdings die Unterstützung einer dynamischen Konfiguration oder Signalisierung erfordert.

3.3 Implementierung von Routern für Assured und Premium Services

Zur Implementierung von Premium und Assured Service sind in Routern gewisse Modifikationen erforderlich. Im wesentlichen müssen Shaping- und Policing-Funktionen in die Router aufgenommen werden. Diese Shaping- und Policing-Funktionen sind immer beim Übergang von einem Netz zum anderen erforderlich, zum Beispiel beim Übergang von einem Kundennetz zum ISP

oder auch zwischen ISPs. Zwischen ISPs müssen ähnlich wie zwischen Kunden und ISP Dienstparameter vereinbart werden.

Zugangs-Router

Abbildung 7 zeigt das Funktionsprinzip eines Zugangs-Routers für Premium und Assured Service. Empfangene Pakete werden klassifiziert und entsprechend der Klassifikation das A- oder P-Bit gesetzt, falls das Paket Premium oder Assured Service erfahren soll. Als Klassifikationsparameter können hierbei Quell-, Zielladressen, oder Informationen höhere Protokolle (z. B. Port-Nummern) dienen. Ein reines Best-Effort-Paket wird direkt in die sogenannte RIO-Queue geschoben. In diese Ausgangs-Queue gelangen auch die Assured-Service-Pakete. Vorher wird für Assured-Service-Pakete noch überprüft, ob es sich um ein konformes Paket handelt. Das A-Bit bleibt nur dann gesetzt, wenn ein Token im Assured-Service-Bucket vorhanden ist. Ansonsten wird das A-Bit gelöscht, und das Paket im folgenden wie ein Best-Effort-Paket behandelt. Das RIO-Warteschlangenverfahren soll sicherstellen, daß bei Überlast zunächst Best-Effort-Pakete weggeworfen werden.

Premium-Service-Pakete unterliegen einer Shaping-Funktion, indem ein Paket nur dann in die Premium-Service-Ausgangswarteschlange gelangt, wenn ein Token im Premium-Service-Bucket existiert. Falls dies nicht der Fall ist, wird das Paket verzögert. Bei einer zu hohen Rate von Premium-Service-Paketen läuft dann die Warteschlange über, in der die Premium-Service-Pakete verzögert werden.

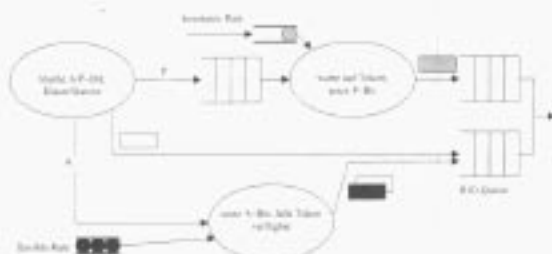


Abbildung 7: Zugangs-Router für Premium und Assured Service

Die Token-Buckets werden für Premium und Assured Service entsprechend der ausgehandelten Bitraten und Burst-Parameter gefüllt. Allerdings wird sich im Premium-Service-Bucket maximal ein Token befinden, um ein Shaping auf eine maximale Bitrate zu realisieren. Der Assured-Service-Bucket hingegen kann auch mehrere Tokens aufnehmen. Die Größe des Buckets hängt von den vereinbarten Burst-Eigenschaften ab.

Boundary-Router

Ähnlich wie ein Zugangs-Router muß ein Interior-Router Shaping-Funktionen ausführen, um zu gewährleisten, daß nicht mehr als die zugelassene Rate von Paketen zum ISP weitergeleitet wird. Der ISP wird nämlich prüfen, ob der Anwender sich auch tatsächlich an die vereinbarten Parameter hält.

Der in Abbildung 8 dargestellte Boundary-Router wird daher nicht-konforme Premium-Service-Pakete löschen und das A-Bit der nicht-konformen Assured-Service-Pakete zurücksetzen. Es ist zu beachten, daß Assured-Service- und Best-Effort-Pakete in eine gemeinsame Ausgangswarteschlange gelangen. Dies erfolgt deshalb, weil ein Datenstroms aus Best-Effort- und Assured-

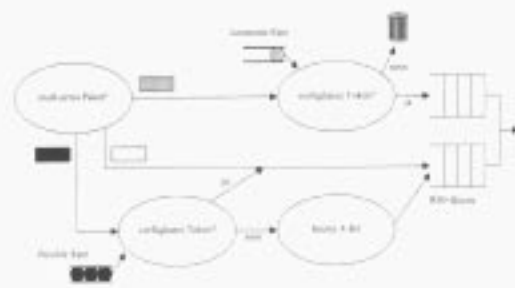


Abbildung 8: Polung in einem Boundary-Router Wenn Bursts

Service-Paketen bestehen kann. Durch eine gemeinsame Warteschlange können Reihenfolgevertauschungen vermieden werden, was speziell für TCP-Implementierungen aus Leistungsaspekten sehr vorteilhaft ist.

WARTESCHLANGENVERWALTUNG (QUEUING)

Ein wichtiges Element zur Implementierung von Premium und speziell von Assured Services sind daher geeignete Queuing-Verfahren zum Wegwerfen von Paketen in den Routern, um Überlastsituationen zu vermeiden. Des weiteren ist es auch zu empfehlen, daß aggressive Flüsse, d. h. Datenflüsse mit überproportional hoher Datenrate, identifiziert und gebremst werden, indem gezielt Datenpakete gelöscht werden, um die verfügbare Bandbreite in Stausituation gerecht zu verteilen.

Als Basismechanismus wird hierzu der Random-Early-Detection-Mechanismus (RED) vorgeschlagen. RED ist ein neues Verfahren zum Management von Router-Warteschlangen und soll Nachteile traditioneller Queuing-Verfahren beseitigen. Traditionelle Verfahren arbeiten so, daß für jede unterstützte Warteschlange Pakete akzeptiert werden, solange diese dafür Platz bietet. Wenn sie schließlich voll ist, werden die ankommenden Pakete weggeworfen, d. h. daß quasi die am Ende der Warteschlange platzierten Pakete gelöscht werden. Dieses Verfahren hat zwei signifikante Nachteile:

- Durch das Wegwerfen der zuletzt eingetroffenen Pakete können bestimmte Anwendungsdatenflüsse stärker bestraft werden als andere, die unter Umständen das Überlaufen der Warteschlange entscheidend verursacht haben.
- Wenn Bursts bei fast vollen Warteschlangen ankommen, ist die Wahrscheinlichkeit sehr groß, daß Pakete des Bursts verloren gehen. Warteschlangen werden aber gerade zum Puffern von Bursts eingesetzt. Es ist daher ratsam, zur Aufnahme von Bursts immer etwas Platz in den Warteschlange bereitzuhalten.
- Volle Warteschlangen bewirken auch höhere Verzögerungen als solche mit geringerem Füllstand. Besonders für Realzeitanwendungen oder interaktive Anwendungen sind höhere Verzögerungen nicht erwünscht.

RED [Brad97] ist ein Verfahren, welches versucht, die Füllstände der Warteschlangen nicht über ein bestimmtes Limit anwachsen zu lassen, um so immer Reserven für Bursts bereitzuhalten. Dies erfolgt dadurch, daß Pakete bereits weggeworfen werden, wenn der Füllstand noch relativ klein ist (vgl. Abbildung 9). Unterhalb des niedrigeren Schwellwerts werden dabei keine Pakete weggeworfen. Je stärker der Füllstand über den unteren Schwellwert ansteigt, desto höher ist die Wegwerfswahrscheinlichkeit für ein

enttreffendes Paket, wobei das Wegwerfen der Pakete zufällig erfolgt und dadurch vermieden wird, daß nur Pakete eines bestimmten Anwendungsdatenflusses gelöscht werden. Erreicht der Füllstand schließlich den oberen Grenzwert, so werden alle Pakete weggeworfen. Durch diesen Mechanismus sollen folgende Vorteile erzielt werden:

- Bursts können besser unterstützt werden, da immer eine bestimmte Warteschlangenkapazität für eintreffende Bursts reserviert werden kann.
- Durch die geringere mittlere Warteschlangengröße werden zur besseren Unterstützung von Realzeitanwendungen Verzögerungen reduziert.

RED kann insbesondere die verfügbare Bandbreite unter TCP-Datenflüssen in fairer Weise aufteilen, da Paketverluste automatisch zu einer Reduzierung der Paketrate eines TCP-Datenflusses führt. Problematischer ist die Situation bei nicht-TCP-konformen Datenflüssen wie z. B. auf UDP aufsetzenden Realzeitanwendungen oder Multicast-Anwendungen. Anwendungsdatenflüsse, die auf Paketverluste nicht entsprechend mit einer Anpassung der Datenrate reagieren, müssen besonders behandelt werden, um eine Überlastung des Netzes durch solche Datenflüsse zu verhindern.

Das für Assured Services vorgeschlagene Warteschlangungsverfahren RIO (RED with In and Out) [Clar97] ist eine Erweiterung des RED-Mechanismus. Für in-profile-Pakete und für out-of-profile-Pakete ist dabei eine gemeinsame Warteschlange vorgesehen. Allerdings werden unterschiedliche Wegwerfverfahren (Dropper) angewendet. Der Dropper für out-of-profile-Pakete (Out-Dropper) wirft Pakete sehr viel früher weg (d. h. bei einem wesentlich niedrigeren Füllstand) als der Dropper für in-profile-Pakete (In-Dropper), d. h. für Pakete mit gesetztem A-Bit. Des weiteren steigen die Wegwertwahrscheinlichkeiten des Out-Droppers sehr viel stärker an als beim In-Dropper (vgl. Abbildung 9). Dadurch wird versucht, die Wahrscheinlichkeit für das Wegwerfen von in-profile-Paketen gering zu halten.

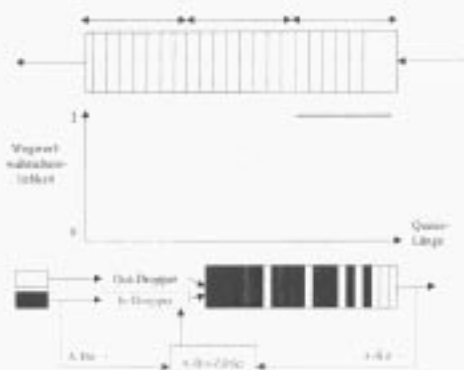


Abbildung 9: Das Warteschlangengerät RIO

Zur Implementierung verschiedenartiger Dienstypen müssen Router mehrere Warteschlangen unterstützen, z. B. eine Warteschlange für den höherwertigen Dienst ohne Garantien und eine für den garantierten Dienst. Spezielle Bits, z. B. im ToS-Feld oder im Traffic-Class-Feld von IPv4 bzw. IPv6, zeigen dann in den Paketen an, welchen Dienst das Paket erfahren soll.

3.4 USER-SHARE DIFFERENTIATION

Die auf Markierungsverfahren beruhenden Dienste Premium und Assured Service können nur dann mit hoher Wahrscheinlichkeit die vereinbarten Dienstparameter wie z. B. Bitraten erfüllen, wenn das ISP-Netz entsprechend dimensioniert ist und wenn die Nicht-Best-Effort-Pakete nur zwischen bestimmten bekannten Netzen ausgetauscht werden. Falls aber mehrere Benutzer eine Bitrate von 1 Mbit/s mit dem ISP für Assured-Service-Pakete vereinbart haben und zwei dieser Benutzer wollen von einem WWW-Server mit jeweils 1 Mbit/s Daten empfangen, obwohl der WWW-Server über einen 1,5 Mbit/s-Link angeschlossen ist, so kann die gewünschte Dienstqualität nicht erbracht werden.

Das User-Share-Differentiation-Konzept [Wang97] vermeidet dieses Problem, indem keine absoluten Bandbreitenparameter vereinbart werden, sondern ein Benutzer innerhalb eines ISP-Netzes nur einen gewissen relativen Anteil der verfügbaren Bandbreite garantiert bekommt. Dieser Anteil wird sinnvollerweise um so höher sein, je höher die entrichteten Gebühren sind.

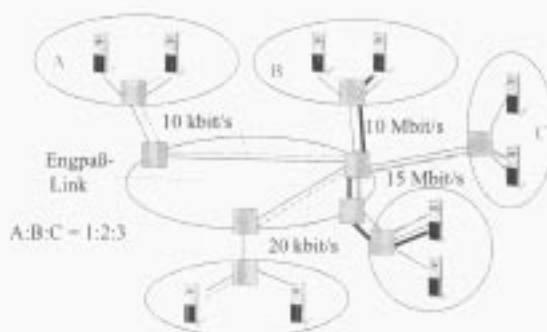


Abbildung 10: User Share Differentiation (USD)

In Abbildung 10 hat Benutzer A nur die Hälfte der Bandbreite von Benutzer B und ein Drittel der Bandbreite von Benutzer C allokiert. Falls A und B gleichzeitig über schmalbandige Links mit der Kapazität 30 kbit/s auf ein Netz zugreifen, wird Benutzer B z. B. eine Bandbreite von 20 kbit/s erhalten, Benutzer C lediglich 10 kbit/s. Greifen B und C über einen gemeinsamen breitbandigen Link mit der Kapazität 25 Mbit/s auf ein gemeinsames oder ggf. unterschiedliche Netze zu, wird B 10 Mbit/s, C jedoch 15 Mbit/s erhalten.

Ein wesentlicher Vorteil des USD-Ansatzes besteht in der einfacheren Konfiguration der Router. Allerdings wird die Komplexität der Interior-Router gegenüber dem Assured und Premium Service erhöht, und es lassen sich auch nicht annähernd absolute Bandbreitengarantien erzielen.

3.5 OLYMPIC SERVICE

Ein Dienst, der speziell innerhalb eines ISP oder einer Domäne interessant ist, stellt der Olympic Service dar [Nich98a]. Damit der Dienst überhaupt eingesetzt werden kann, muß bei jedem Router ein ratenbasierter Link-Scheduler implementiert sein. Es werden drei Arten von Diensten unterschieden: Gold, Silber und Bronze. Im Fall eines verstopften Links erhalten Pakete des Olympic Gold Service einen höheren Bandbreitenanteil als die Silber-Pakete und diese wiederum einen größeren Anteil gegenüber den Bronze-Paketen. Existieren keine Datenflüsse von Gold- oder

Silber-Paketen, können Bronze-Pakete den ganzen Ausgabe-Link benutzen.

Die Flüsse werden an den Netzgrenzen durch entsprechendes Markieren der IP-Pakete klassifiziert. Die genaue Methode, die zur Unterscheidung der verschiedenen Dienstklassen verwendet wird, ist nicht spezifiziert, sollte aber für den Kunden einen wahrnehmbaren Unterschied ausmachen. Eine mögliche Konfiguration der Verteilung der Bandbreitenanteile wäre z. B. 60 % für den Gold-Dienst, 30 % für den Silber- und 10 % für den Bronze-Dienst. Allerdings sind auch andere Unterscheidungsstrategien denkbar. Für den Olympic Service spezifizieren die Kunden kein spezielles Verkehrsprofil, außerdem ist keine Zugangskontrolle, kein Shaping oder Policing der Flüsse durch die Router nötig.

3.6 SCALABLE RESERVATION PROTOCOL

Das am Institute for Computer Communications and Applications (ICA) an der ETH Lausanne entwickelte Scalable Resource Reservation Protocol (SRP) ist neben dem Assured und Premium Service ein weiterer neuer Vorschlag, wie sich Differentiated Services im Internet realisieren lassen [Alme97]. Wie der Protokollname bereits andeutet, wurde beim Entwurf von SRP auf gute Skalierbarkeit auch bei einer sehr großen Zahl von Flüssen Wert gelegt. Endsysteme (Sender und Empfänger) spielen bei der Ressourcenreservierung eine aktive Rolle, wobei eine zusätzliche Kontrolle des Senderverhaltens durch die betroffenen Router stattfindet. Jeder Router aggregiert alle eintreffenden Datenströme und überwacht diesen zusammengefaßten Datenstrom, um die erforderlichen Ressourcen (bestehende und zukünftige) im Knoten abschätzen zu können.

Eine zentrale Rolle kommt den sogenannten Schätzern (Estimator) zu, deren Aufgabe es ist, den zu reservierenden Anteil an Ressourcen abzuschätzen. Schätzer werden sowohl beim Sender und Empfänger als auch bei den Routern eingesetzt. Der Schätzer beim Sender dient dazu, eine (optimistische) Aussage über die Netzwerkressourcenreservierung für den zu sendenden Datenverkehr zu treffen. Der Schätzer des Empfängers dagegen berechnet eine (konservative) Schätzung der vom Netzwerk tatsächlich reservierten Ressourcen und schickt diese Informationen in regelmäßigen Abständen an den Sender zurück.

Der Reservierungsmechanismus, der auf eine explizite Signalisierung von Flußparametern verzichtet, besteht aus einem Reservierungs- und einem Feedback-Protokoll, die im folgenden vorgestellt werden.

RESERVIERUNGSPROTOKOLL

Das Reservierungsprotokoll wird vom Sender in Richtung Empfänger verwendet, wobei Sender, Empfänger und alle dazwischenliegenden Knoten das Protokoll implementiert haben müssen. SRP unterscheidet drei Pakettypen, die durch eine entsprechende, in Zukunft noch genau festzulegende Bitmarkierung im Header eines Pakets charakterisiert werden:

- Request

Derartig markierte Pakete gehören zu Flüssen, die Netzwerkressourcen reservieren möchten. Wenn ein Router ein solches Paket weiterleitet, erklärt er sich einverstanden, weiterhin Pakete des Typs RESERVED mit der gleichen Übertragungsrate zu akzeptieren. Es findet somit eine implizite Reservierung beim Router statt.

- Reserved

Besteht bereits eine Reservierung beim Router und liegen die eintreffenden RESERVED-Pakete innerhalb des zuvor vereinbarten Sendeprofiles, so werden diese vom Router weitergeleitet und dürfen nicht gelöscht werden.

- Best-Effort

Für so gekennzeichnete Pakete bestehen keine Reservierungen in den Knoten und diese dürfen daher von den Routern bei Stausituationen gelöscht werden. Dieser Transportdienst entspricht dem bestehenden Best-Effort-Dienst des heutigen Internets.

Ein Sender, der eine Reservierung durchführen möchte, beginnt mit der Übertragung von Datenpaketen, die von ihm als sogenannte REQUEST-Pakete markiert werden. Die einzelnen, als REQUEST gekennzeichneten Pakete enthalten dabei schon die zu übertragenden Nutzdaten. Diese Pakete werden beim Eintreffen in den Routern durch Funktionen der Zugangskontrolle untersucht und bearbeitet. Die Router überwachen dabei den eintreffenden, aggregierten Datenstrom von Paketen, die als RESERVED gekennzeichnet sind, und errechnen mittels Schätzern die zu reservierenden lokalen Ressourcen, die zur Aufrechterhaltung einer „guten“ Dienstgüte für diese Klasse von Daten benötigt werden. Diese Ressourcen setzen sich dabei aus der verfügbaren Bandbreite, Größe der Buffer sowie weiteren lokalen Betriebsmitteln des Routers zusammen. Wenn nun der Router ein als REQUEST markiertes Paket zur Weiterleitung erhält, muß er entscheiden, ob durch Hinzufügen dieses Pakets zum bestehenden Reserved-Datenstrom deren Dienstgüte verschlechtert wird. Ist dies nicht der Fall, kann das Paket, das weiterhin als REQUEST gekennzeichnet bleibt, weitergeleitet und der im Router vorhandene Schätzer entsprechend aktualisiert werden.

Sind die nötigen zusätzlichen Ressourcen nicht mehr verfügbar, wird das Paket durch Änderung der Markierung im Header des Pakets in die Best-Effort-Verkehrsklasse zurückgestuft und weitergeleitet. Es werden insbesondere keine Reservierungen vorgenommen. Pakete, die als BEST_EFFORT oder REQUEST gekennzeichnet sind, können von den Routern bei Stausituationen gelöscht werden. Eine Ende-zu-Ende-Reservierung wird nur dann erzielt, falls die Pakete beim Empfänger immer noch als REQUEST markiert sind, d. h. falls bei allen Routern des Übertragungspfad Ressourcen allokiert werden konnten.

Treffen beim Router RESERVED-Pakete ein, für die nicht genügend Ressourcen vorhanden sind, werden sie vom Router als REQUEST-Pakete ummarkiert und weitergeleitet. So wird verhindert, daß ein Sender nur RESERVED-Pakete verschickt und dadurch eine bessere Dienstgüte erreichen kann.

Ressourcen müssen vom Sender nicht explizit freigegeben werden. Die Schätzer in den Routern stellen nach einer gewissen, festzusetzenden Zeit nach Beendigung der Übertragung durch den Sender selbständig fest, daß zuviele Ressourcen allokiert wurden und korrigieren den geschätzten, zu reservierenden Anteil an Betriebsmitteln in den Routern nach unten an.

FEEDBACK-PROTOKOLL

Der Empfänger sendet in periodischen Abständen Feedback-Informationen zum Sender zurück, die unter anderem die Ankunftsrate der REQUEST- und RESERVED-Pakete enthalten. Zu diesem Zweck muß ein spezielles Feedback-Protokoll wie zum Beispiel RTP/RTPC [RFC1889] implementiert werden, um den Sender über die aktuelle Übertragungsqualität zu informie-

ren. Der Sender kann bei Erhalt des Feedbacks mit dem Senden von RESERVED-Paketen beginnen, wobei sich die Senderate nach dem vom Empfänger erhaltenen Feedback orientiert. Wünscht der Sender zusätzliche Ressourcen, kann er mit dem Senden von REQUEST-Paketen fortfahren.

SRP wurde bereits in Simulationen getestet, wobei noch verschiedene Themen der genaueren Abklärung bedürfen. Beispielsweise wird das Policing an Netzwerkgrenzen sowie das Multicasting in den momentan verfügbaren Arbeitsberichten nicht behandelt und sind Bestandteil gegenwärtiger Forschung. Außerdem ist der Einsatz von SRP für Virtual Private Networks (VPN) nicht zu empfehlen, da in jedem Knoten eintreffende Flüsse zu einem großen Datenstrom aggregiert und identisch behandelt werden. Schließlich ist offen, wie die Pakete markiert werden sollen. Hierzu bietet sich insbesondere die Verwendung des DSCP-Feldes an [Alme98], weshalb die dazu erforderlichen DSCP-Werte bei der IETF beantragt werden sollen.

4 KOEXISTENZ VON DIFFERENTIATED UND INTEGRATED SERVICES

Integrated und Differentiated Services müssen nicht notwendigerweise konkurrierende Konzepte darstellen. Vielmehr ist es angebracht, die beiden Ansätze zu kombinieren. Während Differentiated Services eher für große IP-Netze gedacht sind, kann der Integrated-Services-Ansatz in abgeschlossenen Netzen wie z. B. Corporate Networks oder Virtuellen Privaten Netzen (VPN) sinnvoll sein.

Beide Dienste werden dann integriert, wenn sich z. B. solche abgeschlossenen Netze über ein großes IP-Backbone-Netz erstrecken. Zum Beispiel kann ein solches VPN aus einem Client- und einem Server-Teilnetz bestehen, wobei die beiden Teilnetze über ein großes ISP-Netz, ggf. mit Hilfe eines Tunnels, verbunden sind. Für den Zusammenschluß der beiden Teilnetze können dann Differentiated-Services-Techniken eingesetzt werden, um eine Bandbreite für den Verkehr zwischen den beiden Teilnetzen zu allozieren.

In einem solchen Fall besteht die Notwendigkeit, Integrated-Services-Parameter auf Differentiated-Services-Parameter abzubilden, ähnlich wie bei der Abbildung von Integrated-Services-Parametern auf ATM oder IEEE 802.1p Prioritäten. Solche Abbildungen wurden in der Vergangenheit von der Arbeitsgruppe für Integrated Services Over Specific Link Layers (issl) definiert. Analog muß eine Abbildung von Integrated Services auf Differentiated Services vorgenommen werden. In [Ford98] wird hierbei vorgeschlagen, Guaranteed Service auf Premium Service und Controlled Load auf Assured Service abzubilden.

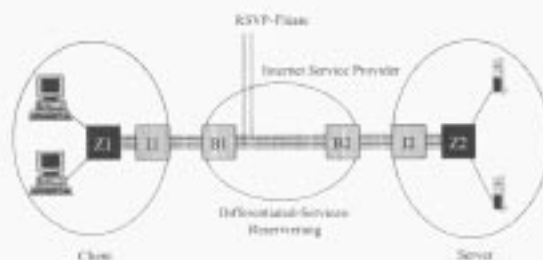


Abbildung 11. Reservierung mit RSVP

Ein allgemeines Rahmenwerk zur Integration von Differentiated Services auf Integrated Services wird in [Bern98a] beschrieben. Der Ablauf bei einer RSVP-Reservierung im in Abbildung 11 dargestellten Szenario ist dabei wie folgt. Ein Sender (Server) wird zunächst PATH-Nachrichten generieren. Diese werden im Server-Netz z. B. durch den Zugangs-Router Z2 und andere zwischen Z2 und Sender legende RSVP-Router entsprechend des RSVP-Protokolls verarbeitet. Zwischen Z2 und Z1 wurde im Beispiel eine Differentiated-Services-Reservierung vorgenommen, z. B. ein Premium Service mit der Bandbreite 1 Mbit/s vereinbart. Im Differentiated-Services-Netz zwischen Z2 und Z1 werden die RSVP-Nachrichten transparent für die nicht-RSVP-fähigen Router weitergeleitet. Erst der RSVP-fähige Router Z1 verarbeitet die PATH-Nachricht wieder. Die PATH-Nachricht gelangt zu einem der Empfänger (Clients), welche dann mit einer RESV-Nachricht eine RSVP-Reservierung durchführen können.

Die RESV-Nachricht wird über Z1 an den Router Z2 geleitet. Z2 muß prüfen, ob die gewünschte Reservierung (z. B. 600 kbit/s) durch die Differentiated-Services-Reservierung abgedeckt werden kann. Dies ist z. B. dann der Fall, wenn noch keine RSVP-Reservierung über das Differentiated-Services-Netz erfolgte. Besteht aber bereits zwischen den beiden Teilnetzen eine RSVP-Reservierung von beispielsweise 500 kbit/s, so kann die neue Reservierung von 600 kbit/s nicht durchgeführt werden. Z2 muß daher die Reservierung ablehnen. Bei erfolgreicher Zugangskontrolle passiert die RESV-Nachricht das Differentiated-Services-Netz und erreicht schließlich den entsprechenden Sender des PATH-Pakets.

Beginnt der Sender nun mit dem Senden der eigentlichen Daten, so muß Z2 die korrekte Abbildung auf einen Differentiated Service vornehmen und z. B. bei gewünschtem Guaranteed Service das DS-Byte in einem Datenpaket auf den korrekten, dem Premium Service entsprechenden DSCP-Wert setzen. Z1 wird das DS-Byte wieder zurücksetzen.

5 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Der Differentiated-Services-Ansatz erscheint zunächst als vielversprechendes Konzept, um qualitativ bessere Internet-Dienste bereitzustellen, indem die offensichtlichen Nachteile der Integrated-Services-Architektur vermieden werden. Garantierte Dienste für Anwendungsflüsse sind allerdings mit diesem Konzept kaum möglich. Es ist allerdings fraglich, ob sich Benutzer mit solchen Diensten zufrieden geben. Interessant erscheint daher, die beiden Konzepte Integrated Services und Differentiated Services zu integrieren. Ein wichtiger Aspekt für den Erfolg von Differentiated Services ist dabei ob es gelingt, ein IP-Netz so zu dimensionieren, die Bandbreite auf sämtlichen Links ausreicht, um alle Differentiated-Services-Pakete weiterleiten zu können. Dies stellt eine sehr anspruchsvolle Aufgabe an Netzwerkplaner dar.

Die Aufgaben in den IETF-Arbeitsgruppen hinsichtlich der Standardisierung bestehen darin, die Semantik des DS-Bytes festzulegen. Des weiteren ist die Definition von Management Information Bases (MIBs) notwendig, um eine einheitlich Grundlage zur Konfiguration der Differentiated-Services-Parameter innerhalb der Router zu schaffen. Schließlich sind auch die Queuing-Verfahren, auf denen verschiedene Differentiated Services beruhen, festzulegen, so daß diese Dienste auch in heterogenen Router-Umgebungen implementiert werden können.

Aktuelle Informationen zum Entwicklungsstand der Differentiated-Services-Arbeitsgruppe sowie Internet Drafts dieser Gruppe kön-

nen über das WWW auf der offiziellen Homepage der Arbeitsgruppe abgerufen werden. Die zugehörige Mailing-Liste bzw. das entsprechende Archiv der gesammelten Mails gewährt einen tiefen Einblick in die aktuellen Diskussionsthemen und Entscheidungen der Gruppe während der letzten Monate. Die genauen URLs zu den verschiedenen WWW-Seiten können am Ende dieses Textes gefunden werden.

Eine offene Frage besteht darin, wie sich dynamisch verändernde Dienstanforderungen unterstützt werden können. Üblicherweise muß vor Inanspruchnahme eines Dienstes der Benutzer mit dem ISP einen Dienstvertrag abschließen, z. B. per Telefon, Fax, E-mail oder Ausfüllen eines WWW-Formulars. Diese Parameter müssen dann von Netzoperatoren in den Routern entsprechend eingestellt werden. Hier bieten sich auch auf Active Networking basierende Konzepte an. Damit könnte ein Benutzer ggf. Konfigurationsskripts auf den ISP-Routern ausführen. Eine andere Möglichkeit wäre ggf. die Signalisierung der gewünschten Dienstparameter mit Hilfe eines Signalisierungsprotokolls, ggf. eine modifizierte Version von RSVP.

Ein bislang kaum untersuchtes Problem ist der Einsatz von Differentiated Services für Multicast-Dienste. SRP ist einer der wenigen Ansätze, bei dem sich Entwickler über Multicast explizit Gedanken machen. Das wesentliche Problem besteht darin, daß der gesamte Bandbreitenbedarf eines Multicast-Stroms in einem IP-Netz nicht nur von der Senderate, sondern auch von der Größe der Multicast-Gruppe und der Verteilung der Gruppenmitglieder abhängt. Größe der Gruppe und Verteilung der Gruppenmitglieder lassen sich aber sehr schwer vorherbestimmen. Diese Parameter können sich aufgrund des empfängerorientierten IP-Multicast-Konzepts sogar dynamisch ändern.

Es liegt nahe, Differentiated Services über QoS-fähigen Netzen wie z. B. ATM zu implementieren. Hier muß natürlich eine geeignete Abbildung der Differentiated Services auf die ATM-Dienste gefunden werden. Besonders im ATM-Umfeld werden sich IP-Switching-Konzepte immer stärker etablieren. Insbesondere Topologie-basierte Verfahren bieten sich zur Implementierung in IP-Backbone-Netzen an. Bei diesen IP-Switching-Techniken wird aber versucht, IP-Routing-Instanzen zu umgehen und die Pakete möglichst oft per Switching weiterzuleiten. Dies kann jedoch dazu führen, daß per Switching weitergeleitete Pakete Shaping- und Policing-Funktionen der Router umgehen können, was ein Widerspruch zur Differentiated Services Architektur darstellt. In solchen Szenarien muß also sichergestellt werden, daß entweder alle Pakete solche Router mit Shaping- und Policing-Funktionen immer passieren oder daß diese Funktionen auf den sogenannten Ingress- und Egress-Routern wahrgenommen werden.

6 LITERATUR

- [Alme97] W. Almesberger, T. Ferrari, J.Y. Le Boudic, „Scalable Resource Reservation for the Internet“ (work in progress), Internet Draft draft-almesberger-srp-00.txt, November 1997.
- [Alme98] W. Almesberger, J.Y. Le Boudic, T. Ferrari, „Encoding of SRP packet types in the DS byte“ (work in progress), Internet Draft draft-walme98-ds-00.txt, März 1998.
- [Baker96] F. Baker, S. Brin, T. L. F. Katzenholz, S. Jagannath, J. Renwick, „Precedence in Differentiated Services Using the Assured Service“ (work in progress), Internet Draft draft-ietf-diffserv-precedence-00.txt, April 1996.
- [Bern96a] Y. Bernat, R. Yavatkar, P. Ford, F. Baker, L. Zhang, K. Nichols, M. Speer, „A Framework for Use of RSVP with Diff-serv Networks“ (work in progress), Internet Draft draft-ietf-diffserv-rsvp-00.txt, Juni 1996.
- [Bern96b] Y. Bernat, J. Binder, S. Baker, M. Carlson, E. Davies, B. Orman, D. Verma, Z. Wang, W. Weiss, „A Framework for Differentiated Services“ (work in progress), Internet Draft draft-ietf-diffserv-framework-00.txt, Mai 1996.
- [Blak96] S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, W. Weiss, „An Architecture for Differentiated Services“ (work in progress), Internet Draft draft-ietf-diffserv-arch-01.txt, August 1996.
- [Brad97] B. Braden, D. Clark, J. Crowcroft, B. Davie, S. Deering, D. Estrin, S. Floyd, V. Jacobson, G. Mureșan, C. Partridge, L. Peterson, K. Ramakrishnan, S. Shenker, J. Woodzicka, L. Zhang, „Recommendations on Queue Management and Congestion Avoidance in the Internet“ (work in progress), Internet Draft draft-ietf-rtt-queue-mgt-00.txt, März 1997.
- [Clark97] D. Clark, J. Wroclawski, „An Approach to Service Allocation in the Internet“ (work in progress), Internet Draft draft-clark-ietf-alloc-00.txt, Juli 1997.
- [Ford96] P. Ford, Y. Bernat, „Integrated Services Over Differentiated Services“ (work in progress), Internet Draft draft-ford-ietf-diff-ov-00.txt, März 1996.
- [Nich96a] K. Nichols, S. Blake, „Differentiated Services Operational Model and Definitions“ (work in progress), Internet Draft draft-nichols-dsopdef-00.txt, Februar 1996.
- [Nich96b] K. Nichols, S. Blake, „Definition of the Differentiated Services Field (DS Byte) in the IPv4 and IPv6 Headers“ (work in progress), Internet Draft draft-ietf-diffserv-header-00.txt, Mai 1996.
- [RFC1889] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, V. Jacobson, „RTP: A Transport Protocol for Real Time Applications“, Request for Comments 1889, Januar 1996.
- [RFC2205] R. Braden, L. Zhang, S. Benson, S. Herzog, S. Jamin, „Resource Reservation Protocol (RSVP) - Version 1 Functional Specification“, Request for Comments 2205, September 1997.
- [RFC2208] A. Mankin, F. Baker, B. Braden, S. Bradner, M. O'Dell, A. Romanow, A. Weinrib, L. Zhang, „Resource Reservation Protocol (RSVP) Version 1 Applicability Statement“, Request for Comments 2208, September 1997.
- [Wang97] Wang, „User Share Differentiation (USD) - Scalable bandwidth allocation for differentiated services“ (work in progress), Internet Draft draft-wang-diff-serv-usd-00.txt, November 1997.

WWW-SEITEN ÜBER DIFFERENTIATED SERVICES

- Offizielle Seite der Diffserv-Arbeitsgruppe: <http://www.ietf.org/html.charters/diffserv-charter.html>
- Mailing-Liste der Diffserv-Arbeitsgruppe: diff-serv@baynetworks.com
- Archiv der Mailing-Liste: <http://www.nrg.es.tl.gov/diff-serv-arch/>
- Gesammelte Informationen und Arbeitsberichte der Diffserv-Arbeitsgruppe: <http://diffserv.lcs.mit.edu/>