

# **Lastabhängige Tarifierung von IP Multicast-Diensten mit Dienstgüteunterstützung**

*Georg Carle, Tanja Zseby, Adam Wolisz*

*GMD FOKUS*

*Kaiserin-Augusta-Allee 31*

*D-10589 Berlin*

*[carle, zseby, wolisz]@fokus.gmd.de*

*<http://www.fokus.gmd.de/glone/>*

## **Kurzfassung**

Die Bereitstellung von IP Diensten mit Dienstgüteunterstützung erfordert bei nichtkooperierenden Nutzern eine Tarifierung zur Regulierung der Vergabe von Netzressourcen. Die Tarifierung kann auf einer reinen Auswertung der reservierten Ressourcen basieren. Zur Realisierung einer verursachergerechten Tarifierung ist zusätzlich eine Ermittlung der vom Sender erzeugten Last erforderlich.

Es wird eine Architektur für Charging und Accounting vorgestellt, die eine effiziente Erfassung und Verarbeitung reservierter sowie genutzter Ressourcen erlaubt. Die Architektur unterstützt die Tarifierung von Unicast- und Multicast-Diensten und erlaubt eine variable Aufteilung der Kosten zwischen Sender und Empfänger.

Es werden Basisstrukturen für die Bildung von Accounting Records vorgestellt, welche die notwendigen Parameter zur Unterstützung verschiedener Tarifmodelle enthalten. Möglichkeiten des Einsatzes dieser Datenstrukturen für lastunabhängige und lastabhängige Verfahren werden erläutert. Eine effektive Lösung für den Einsatz in ATM-Netzen wird basierend auf dem Multicast Integration Server (MIS) entwickelt. Dies ermöglicht die Unterstützung von Multicast-Shortcuts und die Umsetzung von RSVP QoS-Parametern auf ATM QoS-Parameter.

## **1 Einleitung**

Dienstqualitätsanforderungen lassen sich in IP-basierten Netzen gegenwärtig mit dem Integrated Services Modell [RFC1633, RFC2210, RFC2211, RFC2212] sowie dem Differentiated Services Modell [NiB198] unterstützen. Ein Angebot verschiedener Dienstklassen kann nur dann sinnvoll realisiert werden, wenn zusätzlich eine Regulierung der Ressourcenvergabe stattfindet. Durch Anwendung geeigneter Tarifmodelle, die dem Nutzer die tatsächlichen Kosten seiner Aktionen vermitteln, kann ein bewußter Umgang mit Netzressourcen gefördert werden [CoES93, Clar97, WaKS97].

Flat-Rate-Tarifmodelle berücksichtigen keine nutzungsabhängige Variablen wie Reservierungsdauer und Nutzungsvolumen und führen daher durch die Vielfältigkeit von Nutzerprofilen zu einer nicht verursachergerechten Verteilung der Kosten.

Durch Tarifierung basierend auf reservierten Ressourcen läßt sich eine gerechtere Verteilung der Kosten erzielen [ShCE96]. Da nicht alle Nutzer die reservierten Ressourcen in vollem Umfang in Anspruch nehmen, kann ein Netzbetreiber durch Überbuchung eine bessere Ausnutzung der Netzressourcen erzielen. Wo die Last von Datenströmen a priori hinreichend genau angegeben werden kann, läßt sich durch Auswertung von Reservierungsinformationen ermitteln, bis zu welcher Überbuchung

die erforderliche Dienstqualität gewährleistet werden kann. Wo sich die Last von Datenströmen nur schwer vorhersagen läßt und außerdem keine harten Garantien für die Dienstqualität gefordert werden, kann mit einer auf Messungen basierende Verbindungsannahmekontrolle (measurement-based admission control) eine verbesserte Ausnutzung der Netzressourcen erzielt werden [JaSD97].

Eine Tarifierung unter Berücksichtigung der vom Sender erzeugten Last läßt sich durch Messung der für die Verbindungsannahmekontrolle wesentlichen effektiven Bandbreite erreichen [Vier90, Kell96, CoKW97]. Bei Anwendungen, die a priori das zu erwartende Datenaufkommen nur ungenau vorhersagen können, wie beispielsweise für die Übertragung von komprimiertem Live-Video, läßt sich somit eine gerechtere Tarifierung erzielen.

Tarifmodelle, die nutzungsabhängige Komponenten wie Reservierungsdauer und die vom Sender erzeugte Last berücksichtigen, erfordern die Erfassung dieser Parameter und besitzen damit einen höheren Realisierungsaufwand. Im Falle von Multicast-Diensten mit heterogener Dienstqualität müssen darüberhinaus QoS-Parameter einzelner Empfänger ermittelt werden. Außerdem ist bei Bezahlung durch die Empfänger eine gerechte Aufteilung der Kosten zwischen den Empfängern wesentlich [Clar97]. Ein Ansatz zur Ermittlung der Kosten des Multicast-Baums und zur Kostenaufteilung ist in [HeSE95, Herz96] zu finden.

In diesem Dokument wird eine Architektur vorgestellt, die eine Anwendung unterschiedlicher Tarifmodelle unterstützt. Mit der Architektur lassen sich sowohl rein reservierungsbasierte als auch lastabhängige Tarifierungsverfahren realisieren.

Das Dokument ist wie folgt aufgebaut: Zunächst wird ein Überblick über andere Arbeiten auf dem Gebiet der Tarifierung für IP-Dienste mit Dienstgüteunterstützung gegeben. Anschließend erfolgt die Beschreibung einer generischen Charging und Accounting Architektur sowie einer Variante für den Einsatz in ATM-Netzen. Außerdem wird der Einsatz der Architektur unter Verwendung unterschiedlicher Tarifierungsverfahren erläutert.

## **2 Multicast-IP-Dienste mit Dienstqualitätsunterstützung und verursachergerechter Tarifierung**

Beim IP Integrated Services Modell mit RSVP-Signalisierung [RFC2205] werden Reservierungen für einzelne Datenströme vorgenommen. Da Router dann eine Vielzahl von Datenströmen gleichzeitig verwalten müssen, können Skalierbarkeitsprobleme auftreten [PaSc98]. Diese lassen sich durch Modifikation von RSVP zur Aggregation von Zustandsinformation [BeWi98] verringern.

Das alternative Dienstmodell der IP Differentiated Services [NiB198] zeichnet sich durch sehr gute Skalierbarkeit aus. Hierbei lassen sich zusammengehörige IP-Datenflüsse, beispielsweise der gesamte Datenverkehr zwischen zwei Netzen, aggregieren und mit erhöhter Dienstqualität behandeln. Zur Unterstützung kurzlebiger Anwendungsdatenströme lassen sich Differentiated Services im Kernnetz in Kombination mit Zugangsroutern einsetzen, in denen eine Umsetzung von RSVP und IP Integrated Services auf Differentiated Services stattfindet [BeYF98].

Multicast-IP-Dienste mit Dienstqualitätsunterstützung lassen sich außerdem mit einem ATM-Kernnetz [GaBo97] und Zugangsroutern, die RSVP und IP Integrated Services unterstützen, erbringen. Mit dem EARTH-Protokoll [Smir97], welches zur Multicast-Adressauflösung und die Reservierung von Ressourcen über das Integrated Services Model für Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindungen dient, lassen sich ATM-Multicast-Shortcuts realisieren. Multicast-Shortcuts verringern die von Router verursachte Verzögerungszeiten und verbessern damit Effizienz und Skalierbarkeit [Bakr97, AnBD98]. Nachteilig sind die höhere Netzkomplexität mit Layer 2 und Layer 3 Routing sowie die senderbestimmte QoS von ATM, die zu Ineffizienz bei Multicast mit heterogener QoS führen kann.

## **2.1 Tarifierung von IP-Diensten mit Dienstqualitätsunterstützung**

Es existieren eine Reihe von Vorschlägen zur Tarifierung von IP-Diensten mit Dienstqualitätsunterstützung.

In [KaKL98] wird basierend auf dem Differentiated Services Modell ein Simple Integrated Media Access (SIMA) Netzwerk vorgestellt, in dem QoS und Charging direkt gekoppelt sind. Der Kunde wählt einen Echtzeitdienst bzw. einen Nicht-Echtzeitdienst und kauft dazu eine nominale Bitrate (NBR). Ausschließlich die gewählte NBR bestimmt den Preis (z.B. monatliche Gebühr). Der Kunde kann eine beliebige Bitrate senden. Die Dienstqualität seiner Verbindung sinkt jedoch, sobald er die nominale Bitrate überschreitet. Das auf Unicast-Verbindungen ausgelegte Modell basiert auf der Bandbreitenfestlegung am Zugangsknoten des Senders. Es bietet keine Unterstützung zur Aufteilung der Kosten zwischen Sender und Empfänger. Ein interessanter Aspekt des verwendeten Tarifierungsverfahrens ist seine Einfachheit. Dies macht die Preiskalkulation für den Kunden verständlich und erhöht die Akzeptanz des Systems.

In [FaSV98, StFP98] wird ein Charging und Accounting Protokoll vorgestellt, das auf einer vereinfachten Version von RSVP basiert. Mit diesem Protokoll wurden zwei Preisbildungsmodelle, eine Delta Auktion und eine adaptive netzlastbasierte Tarifierung, realisiert. Eine Messung der aktuellen Last zur Tarifierung wird nicht durchgeführt. Während der Ansatz für Unicast-Kommunikation eine Kostenaufteilung zwischen Sender und Empfänger ermöglicht, wird für Multicast-Kommunikation keine dynamische Kostenaufteilung unterstützt.

In [KaSW98] wird ein ähnlicher Ansatz verfolgt. RSVP PATH-Nachrichten transportieren hier Downstream Charging Policy Elemente (DCPE), mit denen Preise mehrerer Netzbetreiber auf dem Weg zum Empfänger eingesammelt werden. Von den Empfängern wird dann nach Erhalt der Informationen über die möglichen Reservierungen und den Preis ein Upstream Charging Policy Elemente (UCPE) erzeugt, das eine Bereitschaftserklärung zur Kostenübernahme enthält. Dieses Element wird als Objekt an die RSVP RESV-Nachricht angehängt. In dem Ansatz zur Protokollerweiterung in [KaSW98] wird auch die Kostenaufteilung bei Multicast-Kommunikation berücksichtigt. Herzog [Herz96] beschreibt verschiedene Konzepte zur Aufteilung der Kosten zwischen den Empfängern einer Multicast-Gruppe. Zur Ermittlung der Struktur des Multicast-Baums und zur Verteilung der Kosteninformationen an die einzelnen Empfänger werden RSVP-Nachrichten verwendet. Unter Verwendung dieser Informationen lassen sich die Kosten jedes Teilabschnitts im Multicast-Baum auf die Empfänger aufteilen.

## 2.2 Zielsetzung

Mit der in diesem Beitrag vorgestellten Architektur soll sich ein Tarifierungsdienst realisieren lassen, dessen Funktionalität über bisherige Ansätze hinausgeht durch Unterstützung von:

- Verursacherabhängiger Tarifierung unter Berücksichtigung reservierter Ressourcen sowie der erzeugten Last;
- Multicast-IP-Dienste gemäß dem IP Integrated Services Modell über Betreiber-netze mit und ohne RSVP-fähigen Routern im Kernnetz;
- Unterstützung unterschiedlicher Verfahren zur Kostenaufteilung zwischen den Empfängern;
- Zentrale oder dezentrale Berechnung von Kosten.

Um zahlreiche unterschiedliche Tarife realisieren zu können, sollen zur Berechnung der verursachungsbedingten Kosten die folgenden Parameter berücksichtigt werden: Ressourcenreservierung in den Egress-Routern, gemessene Last in den Ingress-Routern, sowie Distanz zwischen zwei Knoten im Multicast-Baum bzw. Distanz zwischen Ingress- und Egress-Routern.

Die Berücksichtigung der Distanz zwischen Sender und Empfänger ist im Hinblick auf die Charakteristika des Internets (keine Topologieinformationen in Adressen, Routing-Entscheidungen) unüblich. Da jedoch reale Kosten im wesentlichen nur durch die Bereitstellung des Netzwerkes (Router und Leitungen) anfallen und sich Preise an den anfallenden Kosten orientieren sollten [MaVa94], ist es plausibel, wenn Provider die Distanz in Tarifmodellen berücksichtigen. In der Distanzmetrik läßt sich neben der geografischen Distanz auch die Anzahl der Routing-Hops, die Pfadverzögerung, sowie die Engpaß-Bandbreite auf dem Pfad berücksichtigen. Zur Bestimmung der geografischen Distanz kann unter anderem das Geographical Location Information System [WaST96] eingesetzt werden.

Die Abhängigkeit der Kosten von den genannten Faktoren läßt sich mit folgender allgemeinen Funktion darstellen:

$$C = f(R_{v_1}, \dots, R_{v_N}, L_{\mu_1}, \dots, L_{\mu_M}, P_1, \dots, P_K) \quad (1)$$

mit

$\mu_1, \dots, \mu_m, \dots, \mu_M$ : Ingress-Router;

$v_1, \dots, v_n, \dots, v_N$ : Egress-Router;

$R_{v_n}$ : Reservierung im Knoten n aus der Menge der Egress-Router;

$L_{\mu_m}$ : Last im Knoten m aus der Menge der Ingress-Router;

$P_k$ : Position eines Knoten im Multicast-Baum (für alle Knoten  $k=1, \dots, K$ );

Aus der Position ist ableitbar:  $D_{ij}$ : Distanz zwischen Knoten i und Knoten j.

Die Last an den Ingress-Routern läßt sich zur näherungsweisen Berücksichtigung des tatsächlichen Ressourcenbedarfs gemäß [CoKW97] in Form einer Approximation der effektiven Bandbreite ( $BW_{\text{eff}}$ ) ermitteln.

### 3 Generischer Charging und Accounting Service (GenCAS)

Im folgenden wird eine Architektur zur Realisierung eines generischen Tarifierungs- und Abrechnungsdiensts (GenCAS, Generic Charging and Accounting Service) vorgestellt. Die Architektur unterstützt die in 2.2 aufgeführten Ziele durch Komponenten zur:

- Erfassung der Ressourcenreservierung in den Egress-Routern;
- Messung der Last in den Ingress-Routern;
- Sammlung dieser Information in einem Sammelpunkt;
- Verteilte Kostenberechnung durch Verknüpfung dieser Information gemäß Kostenfunktion;
- Aufteilung bzw. Zuordnung der Kosten in einem Charging-Server;
- Weiterleitung der Kosten an einen Abrechnungsserver zur Rechnungserstellung.

Die Architektur ermöglicht durch die Erfassung der reservierten und der tatsächlich genutzten Ressourcen eine Ermittlung verursacherabhängiger Kosten. Durch Verknüpfung senderbasierter und empfängerbasierter Parameter lassen sich unterschiedliche Tarifmodelle realisieren. Darüber hinaus unterstützt die Architektur bei Multicast-Kommunikation unterschiedliche Modelle zur Aufteilung der Kosten zwischen Sender und Empfängern. Die Erfassung von Meßwerten und die Berechnung von Charging-Parametern findet in den Zugangsroutern des Betreibernetzes statt. Zur Übertragung von Accounting-Daten zwischen den Zugangsroutern im Netz wurde in [CaSZ98] ein Charging and Accounting Objekt Transfer Protokoll (CAP) definiert. Außerdem wird gezeigt, wie sich RSVP für diesen Zwecke einsetzen läßt. Nach der Sammlung der Informationen von verschiedenen Meßpunkten an einem Ort im Netz kann eine lokale Berechnung der Charging-Parameter erfolgen.

#### 3.1 Basisstrukturen

Für den Transport von Charging und Accounting Informationen werden verschiedene Basiselemente zum Aufbau von Datenobjekten definiert. Die Basiselemente der CA-Objekte sind die Reservierungsinformation  $rr(v_n)$  des Egress-Routers  $v_n$ , die im Ingress-Router  $\mu_m$  ermittelten Meßwerte  $umd(\mu_m)$  (Usage Metering Data) und Zusatzinformationen, wie Flow ID  $f\_id$  und Router ID  $r\_id$ , die der Zuordnung der ermittelten Werte dienen.

Die Basiselemente können sowohl in Datenstrukturen zum Austausch von CA-Objekten zwischen Netzwerkknoten als auch zur Weiterleitung von Informationen an einen Accounting Server kombiniert werden. Den Datenobjekten wird ein Header vorangestellt, der Informationen zum Meßintervall, zu Art und Länge der vorhandenen Elemente sowie zu möglichen Erweiterungen enthält. Eine Erweiterung der Datenstrukturen ist über die Verwendung der TLV (Type Length Value) Syntax möglich.

#### 3.2 Datensammlung

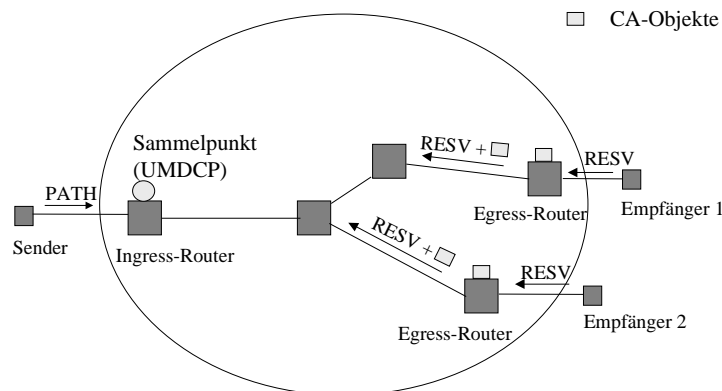
Meßwerte werden ausschließlich in den Zugangsroutern (Ingress- und ggf. Egress-Routern) am Rand des Betreibernetzes erfaßt. Für jeden Datenstrom kann das gesendete bzw. empfangene Datenvolumen in Bytes und die Anzahl der Pakete mit Hilfe

einer Meßsoftware gemäß der in [RFC2063] vorgestellten RTFM Architektur aufgezeichnet werden.

Zur Ermittlung einiger Charging-Parameter (z.B. Distanz, anteilige Kosten an gemeinsam genutzter Teilstrecke) werden Daten von verschiedenen Knoten benötigt. Zur Übertragung von Daten innerhalb des Netzwerkes lassen sich RSVP-Nachrichten einsetzen. Ein Vorteil der Verwendung von RSVP stellt die Tatsache dar, daß RSVP-Nachrichten Informationen über die reservierten Ressourcen transportieren und damit bereits relevante Charging-Parameter enthalten.

Die Menge der versendeten Accounting-Nachrichten wächst mit der Gruppengröße in gleicher Weise wie die Menge der RSVP-Nachrichten. In vergleichbarer Weise zur Erhöhung der Skalierbarkeit von RSVP durch Merging [RFC2205] läßt sich die Skalierbarkeit des Accounting-Nachrichtentransports durch Aggregation (siehe Abschnitt 3.4) verbessern. Der Punkt, an dem die Daten gesammelt werden, wird im folgenden als Usage Metering Data Collection Point (UMDCP) bezeichnet. Dieser wird für die generische Architektur in den Ingress-Routern platziert [CaSZ98]. Die in den Routern erfaßten Daten werden in Charging und Accounting Objekten (CA-Objekten) an die RSVP Nachrichten angehängt und zum UMDCP transportiert (Bild 1). CA-Objekte können Reservierungsinformationen, reine Meßdaten oder auch errechnete Werte wie Teilkosten enthalten.

Im folgenden Kapitel wird gezeigt, daß sich für ein BetreiberNetz mit ATM-Kernnetz ein Sonderfall ergibt, in dem eine weitere Alternative zur Platzierung des UMDCP attraktive Eigenschaften besitzt.



**Bild 1:** Datensammlung mit RSVP

### 3.3 Einsatz der GenCAS-Architektur in ATM Netzen

Die Integration von RSVP und ATM beim Aufbau von Reservierungen ermöglicht die dynamische Nutzung IP-basierter Dienste mit unterschiedlichen Dienstqualitäten und verbesserter Skalierbarkeit. Durch Kombination der Funktionen für Charging und Accounting der GenCAS-Architektur mit der nachfolgend beschriebene MIS-Architektur [SaCS97a] läßt sich eine faire, verursachergerechte Tarifierung in einer IP-über-ATM-Netzstruktur realisieren.

Durch die Nutzung der Fähigkeiten des MIS unterstützt diese Lösung Multicast-IP über signalisierte ATM-Verbindungen, die Umsetzung von RSVP-Dienstgütespezifikationen in ATM-QoS und die Verwendung von Multicast-Shortcuts. Darüber hinaus kann der Aufwand für das Sammeln der Daten durch geschickte Platzierung des UMDCP entscheidend reduziert werden.

Der MIS dient zur Unterstützung von IP Multicast über ATM mit QoS. Er integriert zwei Protokolle. Auf Schicht 2 (ATM) dient das EARTH-Protokoll [Smir97a] zur Adreßauflösung von IP-Multicast-Adressen zu ATM-Adressen. Auf Schicht 3 (IP) wird RSVP zur Signalisierung von QoS-Anforderungen verwendet.

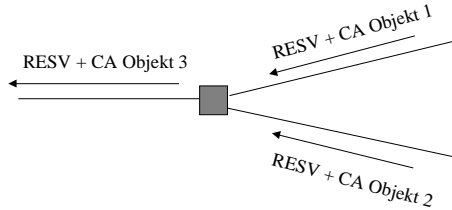
Der Multicast Integration Server (MIS) besteht aus einem EARTH-Server, der die ATM-Adressen der Teilnehmer der aktiven Multicast-Gruppen verwaltet, sowie einem RSVP-Server, der eine Umsetzung von Integrated Services QoS-Parametern in ATM-Verkehrsparameter durchführt und für die Verteilung der RSVP-Nachrichten sorgt. Datenaustausch zwischen EARTH Protokoll (Schicht 2) und RSVP (Schicht 3) findet ausschließlich im MIS über Schnittstellen zwischen EARTH Server und RSVP Server statt. Der RSVP-Server nutzt einen Remote Admission Control Mechanismus [SaCS97a], um die RSVP-Zugangskontrolle mit dem ATM-Verbindungsaufbau zu koppeln. Hierbei werden über das EARTH-Protokoll Multicast-Shortcuts unterstützt. Kontroll- und Datenpfad sind voneinander getrennt. Alle RSVP-Nachrichten innerhalb eines ATM-Netzes werden über den RSVP-Server im MIS geleitet. Es ergibt sich damit ein Sonderfall, bei dem der UMDCP außerhalb des Datenpfads in den um CA-Funktionen erweiterten MIS (Multicast Integration Charging und Accounting Server - MICAS) gelegt und trotzdem RSVP für die Übertragung der CA-Objekte genutzt werden kann. Damit erhält man eine Lösung, die mit dem Transport geringer Datenmengen auskommt und keine zusätzlichen Verbindungen benötigt.

Ein Vorteil der Kombination von MIS und Charging-Server ergibt sich aus der Tatsache, daß im MIS nützliche Zusatzinformationen (z.B. ATM-Daten aus der EARTH-Tabelle) zur Verfügung stehen, die ebenfalls zur Preisberechnung herangezogen werden können.

### **3.4 Skalierbarkeit durch Aggregation von CA-Objekten**

Bei der Nutzung von Multicast müssen Daten von mehreren Empfängern gesammelt werden. Dies bewirkt, daß die durch das Netzwerk zu transportierende Datenmenge proportional zur Anzahl der Empfänger ansteigt. Um diesen Effekt zu vermindern und eine bessere Skalierbarkeit zu erzielen, können CA-Objekten in den Knotenpunkten des Multicast-Baums aggregiert werden. Empfänger einer Multicast-Gruppe erhalten in der PATH-Nachricht eine Empfehlung des Senders für die Reservierung (Tspec), die der Empfänger übernehmen kann. Daher ergibt sich in vielen Fällen, daß Empfänger einer Gruppe dieselbe Reservierung wählen. Wenn CA-Objekte verschiedener Empfänger ähnliche oder gleiche Elemente enthalten, können diese im Gabelungspunkt zu einem Wert zusammengefaßt werden. Damit läßt sich die zu übertragene Datenmenge stark reduzieren. Die hier vorgestellte Aggregation ist, wie in [CaSZ98] gezeigt, konform mit dem Merging von Reservierungs-Nachrichten im IntServ-Modell. Werden Meßdaten über CA-Objekte im Netzwerk transportiert, so kann eine Aggregation stattfinden, wenn die Werte gleich sind oder sich nur geringfügig unter-

scheiden. Der Grad des bei der Aggregation zugelassenen Unterschieds läßt sich als Policy vom Provider festlegen. In Bild 2 wird die Aggregation von CA-Objekten dargestellt.



**Bild 2:** Aggregation von CA-Objekten

Mit den folgenden CA-Objekten

CA - Objekt 1 :  $\langle f\_id, r\_id(v_1), umd(v_1) \rangle$

CA - Objekt 2 :  $\langle f\_id, r\_id(v_2), umd(v_2) \rangle$

ergibt sich das Aggregationsschema:

$$CA \text{ Objekt } 3 = \begin{cases} \langle f\_id, r\_id(v_1), r\_id(v_2), umd(v_1) \rangle & \text{falls } umd(v_1) \approx umd(v_2) \\ \langle f\_id, r\_id(v_1), umd(v_1), r\_id(v_2), umd(v_2) \rangle & \text{sonst .} \end{cases}$$

Bei der Übermittlung der Reservierungsinformationen verschiedener Empfänger, kann eine sehr effiziente und einfache Aggregation erfolgen, indem das CA-Objekt um ein Equal Flag erweitert wird:

$$CA - \text{Objekt } 3 = \begin{cases} \langle r\_id(v_n), equal\_flag \rangle & \text{falls } rr(v_n) = flowspec \\ \langle r\_id(v_n), 0, rr(v_n) \rangle & \text{sonst .} \end{cases}$$

Entspricht die vom Empfänger geforderte Reservierung den in der RSVP Nachricht enthaltenen Parametern, so wird für diesen Empfänger das Equal Flag gesetzt und es folgen keinen weiteren Daten. Sind in Folge der Zusammenfassung von Reservierungen (Merging) die Information in der RESV-Nachricht und die vom Empfänger gewünschte Reservierung nicht mehr identisch ( $equal\_flag = 0$ ), so muß die individuelle Reservierung des Empfängers zusätzlich übertragen werden.

Bei einer Anzahl von N Empfängern muß ohne Aggregation eine Datenmenge von  $N \cdot rr(v_n)$  übertragen werden. Erfolgt Aggregation, so reduziert sich die Datenmenge um die Reservierungsinformationen der Empfänger N', deren Reservierung der in der RESV-Nachricht übertragenen Information entsprechen, auf  $(N-N') \cdot rr(v_n)$ . Solange eine Übereinstimmung der Reservierungsinformationen wahrscheinlich ist (N' also hoch), kann eine signifikante Datenreduktion erzielt werden.

### 3.5 Accounting Records

Accounting Records enthalten die vom Netzbetreiber angeforderten Daten für die Berechnung des Preises im Charging-Server. Dies können reine Meßdaten, wie z.B. das übertragene Volumen, oder bereits aus verschiedenen Meßdaten berechnete Charging-Parameter (wie z.B. die Burstiness, Distanz oder anteilige Kosten für Teilstrecken) sein.



Alle Accounting Records enthalten einen Kopf, der den Zugangsrouten identifiziert, von dem die Daten stammen. Dies wird über die Router-ID-Struktur ( $r\_id$ ) realisiert. Darüber hinaus wird der Typ des Records festgelegt. Da nicht alle Tarifierungsverfahren die gleichen Charging-Parameter benötigen, läßt sich durch Definition geeigneter Record-Typen die zu übertragende Datenmenge reduzieren.

Da die Reservierung empfängerspezifisch ist, sind zur Ermittlung der Gesamtkosten des Multicast-Baums die Reservierungsinformationen jedes einzelnen Empfängers zu berücksichtigen. Accounting Records müssen also die Reservierungsinformationen für jeden Egress-Router enthalten. Dabei wird die Datenreduktion, die durch die Aggregation von CA-Objekten erfolgte, übernommen:

```
<r_id( $\mu_i$ ), f_id >  
<r_id( $v_i$ ), rr( $v_1$ ) >  
<r_id( $v_2$ ), r_id( $v_3$ ), r_id( $v_4$ ), rr( $v_2$ )>  
.....  
<r_id( $v_N$ ), rr( $v_N$ )>
```

Der Accounting Record enthält den Router-Identifikator  $r\_id$  des Ingress-Routers, an dem die Daten gesammelt wurden, sowie den Flow-Identifikator  $f\_id$  des betrachteten Datenstromes. Danach folgen die Router-Identifikatoren der Egress-Router mit den jeweiligen Reservierungsinformationen  $rr$ .

Bei der Verwendung von lastbasierten Tarifmodellen, die sowohl die reservierten als auch die tatsächlich genutzten Ressourcen berücksichtigen, enthält der Accounting Record neben Reservierungsparametern Informationen über die am Sender gemessene Last (Usage Metering Data,  $umd$ ).

## 4 Einsatz der Architektur mit unterschiedlichen Tarifierungsverfahren

Im folgenden wird der Einsatz der Architektur zur Tarifierung von Multicast-Diensten mit unterschiedlichen Tarifierungsverfahren vorgestellt.

Das erste Verfahren eignet sich zum Einsatz in Netzen, die rein auf dem Integrated Services Modell basieren und auch im Kernnetz RSVP unterstützen. In diesen Netzen läßt sich durch Zusatzfunktionen in den Routern eine dezentrale Kostenberechnung realisieren.

Das zweite Verfahren ermöglicht zusätzlich eine Tarifierung für Netze, die im Kern keine RSVP-Unterstützung bieten. Zusatzfunktionen für Charging und Accounting müssen hierbei lediglich in den Zugangsroutern unterstützt werden.

### 4.1 Verfahren 1

Die Aufteilung der reservierungsbasierten Kosten im Multicast-Baum auf die einzelnen Empfänger erfolgt bei diesem Verfahren dezentral. Die Router innerhalb des Netzes stellen Zusatzfunktionen bereit, um die Kosten für Teilstrecken des Multicast-Baums zu ermitteln und gemäß der Kostenaufteilungsfunktion den Egress-Routern zuzuordnen. Informationen zur Berechnung der Kosten einer Teilstrecke werden in

CA-Objekten zu den Knoten transportiert, in denen die Berechnung stattfindet. Die Kosten für die Verbindung zwischen zwei Knoten  $i$  und  $j$  werden in Anlehnung an [KaSW98] mit  $c_{ij}$  bezeichnet. Die Kosten eines Links können durch eine beliebige Kostenfunktion in Abhängigkeit der reservierten Ressourcen lokal in den Routern bestimmt werden ( $c_{ij} = f(R_{ij})$ ).

Nachfolgend können die Kosten eines gemeinsamen Links gemäß einem Kostenaufteilungsprinzip zwischen Sender sowie den einzelnen Empfänger untereinander aufgeteilt werden. Beim hier betrachteten Kostenaufteilungsprinzip tragen alle Knoten, die mit Knoten  $j$  verbunden sind, einen Anteil an den Kosten der gemeinsam genutzten Strecke, der dem Anteil der individuellen Link-Kosten an der Summe aller individueller Link-Kosten entspricht. Motiviert ist diese Kostenaufteilungsstrategie durch die Annahme, daß die Übertragung eines Paketes auf der Teilstrecke  $c_{ij}$  für einen Empfänger der eine hohe QoS reserviert hat einen höheren Wert darstellt als für einen Empfänger, der eine geringere QoS reserviert hat.

Die Gesamtkosten eines einzelnen Empfängers können durch Addition der jeweiligen Teilkosten der Teilstrecken auf dem Weg zum Ingress-Router ermittelt werden. Das Verfahren kann mit CA-Objekten der folgenden Form realisiert werden:

$$\langle f_{id}, r_{id}(v_1), cost(v_1), \dots, r_{id}(v_n), cost(v_n), \dots, r_{id}(v_n), cost(v_n) \rangle$$

Dabei wird in jedem Router  $i$  der dem Egress-Router  $v_n$  zugeordnete Wert  $cost(v_n)$  um den von  $v_n$  zu tragenden Anteil an den Kosten  $c_{ij}$  der Teilstrecke  $ij$  erhöht. Bei diesem Verfahren unterstützt die dezentrale Kostenberechnung die Skalierbarkeit von Charging und Accounting. In Netzen, die keine RSVP-Unterstützung im Kern bieten (Differentiated Services, ATM) kann keine dezentrale Kostenberechnung erfolgen.

## 4.2 Verfahren 2

Im Gegensatz zum vorherigen Verfahren werden hierbei keine Funktionen zur Kostenberechnung in den Routern des Betreibernetzes eingesetzt. Verfahren 2 basiert auf einer zentralen Kostenermittlung und Kostenaufteilung zwischen den Empfängern. In getrennten Schritten erfolgt die Ermittlung der Gesamtkosten für den Multicast-Baum und die Aufteilung der Kosten auf einzelne Empfänger.

Die Berechnung des Kostenanteils an den Gesamtkosten des Multicast-Baums, der einem einzelnen Empfänger zugeordnet wird, erfolgt bei diesem Verfahren in Abhängigkeit der reservierten Ressourcen und der Distanz zum Sender. Der einem Empfänger zugewiesene Kostenanteil muß nicht von der aktuellen Multicast-Topologie abgeleitet werden, sondern kann statt dessen auch von der (festen) Distanz zwischen Empfänger und Sender abhängig gemacht werden. Die Ersparnis durch die Verwendung von Multicast kann bei der Ermittlung des Kostenanteils ebenfalls berücksichtigt werden. Es wird ein Tarifmodell angenommen, in dem die Kosten eines Empfängers  $v_n$  von seiner Distanz  $d_{v_n, \mu_m}$  zum Ingress-Router  $\mu_m$  und der Reservierung  $R_{v_n}$  abhängt. Die Kosten, die sich bei einer Unicast-Übertragung für Empfänger  $v_n$  ergeben würden, werden mit  $C_{v_n, unicast}$  bezeichnet:

$$C_{v_n, unicast} = f(d_{v_n, \mu_m}, R_{v_n}) \quad (2)$$

Die Gesamtkosten zur Bereitstellung des Multicast Baumes  $C_{MC-Tree}$  hängen in der Regel von der Anzahl und Verteilung der Empfänger, sowie von den jeweils

reservierten QoS Werten ab. Zur Berücksichtigung der Ersparnis, die durch die Verwendung von Multicast erreicht wird, führen wir den Multicast-Gewinnfaktor  $G_{MC}$  (mit  $G_{MC} \geq 1$ ) ein. Dieser drückt die Reduktion der Kosten durch die Verwendung von Multicast aus. Der Multicast-Gewinnfaktor  $G_{MC}$  läßt sich anhand der Gesamtkosten des Multicast-Baums  $C_{MC-Tree}$  wie folgt bestimmen:

$$G_{MC} = \frac{\sum_{n=1}^N C_{v_n,unicast}}{C_{MC-Tree}} \quad (3)$$

Durch die Ersparnis, die sich durch die Verwendung von Multicast ergibt, reduziert sich der Kostenanteil eines Empfängers  $v_n$  zu

$$C_{v_n} = \frac{C_{v_n,unicast}}{G_{MC}} \quad (4)$$

Zur Bestimmung der Distanz können Routinginformationen ausgewertet werden. Mit der Anzahl von IntServ-Routing-Hops als Distanzmetrik lassen sich auch hopcount-Elemente in den RSVP-Nachrichten zur Distanzbestimmung einsetzen. Für dieses Verfahren kann der in 3.5 definierte Accounting Record verwendet werden. Zur Berücksichtigung der Distanz kann eine Zusatzstruktur (z.B. hopcount) durch Veränderung des Headers und mit Hilfe der TLV Syntax angefügt werden.

Dieses Verfahren eignet sich auch für eine vereinfachte Tarifierung mit reduziertem Realisierungsaufwand. In zahlreichen Fällen wird ein Netzbetreiber weniger an einer präzisen Ermittlung der tatsächlich angefallenen Kosten als an einer für den Empfänger nachvollziehbaren Kostenzuweisung interessiert sein. Durch Abschätzung des Multicast-Gewinnfaktors anstelle der tatsächlichen Ermittlung des Kosten des Multicast-Baums läßt sich der Berechnungsaufwand der Tarifierung deutlich reduzieren. Wie in [ChSi98] gezeigt, läßt sich der Multicast-Gewinnfaktor für homogene QoS und typische Topologien durch  $G_{MC} \approx N^{0,8}$  approximieren, solange die Anzahl der Empfänger  $N$  hinreichend kleiner als die Anzahl der Netzknoten bleibt.

Zur Realisierung einer lastbasierten Tarifierung kann die vom Sender erzeugte Last in Form der normierten effektiven Bandbreite [CoKW97] in die Kostenfunktion integriert werden. Die Formel (4) zur reservierungsbasierten Tarifierung erweitert sich in diesem Fall um den lastbasierten Term  $\beta \cdot BW_{eff_{\mu_m}}$ , woraus sich ergibt:

$$C_{v_n} = f(d_{v_n, \mu_n}, R_{v_n}) \cdot (\alpha + \beta \cdot BW_{eff_{\mu_m}}) \cdot \frac{1}{G_{MC}} \quad (5)$$

Mit den Gewichtungsfaktoren  $\alpha$  und  $\beta$  läßt sich die Abhängigkeit der Gesamtkosten von den reservierten und tatsächlich genutzten Ressourcen steuern. Die effektive Bandbreite eines Senders kann gemäß den in [CoKW97] vorgestellten Verfahren ermittelt werden. Die reservierten Ressourcen der einzelnen Empfänger werden mit Hilfe von CA-Objekten im Ingress-Router gesammelt. Accounting Records müssen nun auch Meßdaten aus dem Ingress-Router enthalten. Dieses Verfahren eignet sich durch die Beschränkung der Zusatzfunktionen auf die Zugangsrouten auch für eine Anwendung in Netzen mit Differentiated Services oder ATM-Kernnetz.

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Es wurde eine Architektur für einen generischen Charging und Accounting Service (GenCAS) für IP Multicast Integrated Services vorgestellt. Die Architektur ist konform mit dem Integrated Services Modell und beinhaltet ein Protokoll für Charging und Accounting (CAP), das für den Transport von Accounting-Informationen innerhalb des Netzes dient. Es werden Charging-Parameter lokal in den Routern berechnet und in Form von Accounting Records an einen Charging-Server übermittelt. Basisstrukturen wurden definiert, aus denen CA-Objekte und Accounting Records zusammengesetzt werden können.

Die Unterstützung verschiedener Tarifmodelle durch die GenCAS-Architektur wurde anhand von Beispielen erläutert. Mit dem Einsatz der vorgestellten Aggregierungsalgorithmen kann eine signifikante Reduktion der zu transportierenden Datenmenge erreicht werden.

Eine Lösung für den Einsatz der GenCAS-Architektur in ATM-Netzen (MICAS) wurde auf der Basis der Multicast Integration Server (MIS) Architektur entwickelt. Damit werden die Umsetzung von RSVP-Dienstklassen auf ATM-QoS und Multicast-Shortcuts unterstützt. Bei der Entwicklung der MICAS-Lösung wurden die Fähigkeiten und Besonderheiten der MIS-Architektur zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit des CA-Protokolls genutzt. Im Rahmen des ACTS-Projekts SUSIE (AC320) sollen unterschiedliche reservierungsbasierte und lastbasierte Tarifierungsverfahren erprobt werden. Dabei wird auch eine Übermittlung der Accounting-Daten an ein CORBA/TINA-basiertes Abrechnungssystem realisiert. Der hierbei vorgesehene Accounting Record wurde in ein aktuelles Dokument von ETSI zur Tarifierung IP-basierter Netze aufgenommen [ETSI98].

## 6 Literaturangaben

- [AnBD98] T. Anker, D. Breitgand, D. Dolev, Z. Levy: IMSS: IP Multicast Shortcut Service, Internet Draft, Work in Progress, Juli 1997, draft-anker-congress-01.txt
- [Bakr97] A. Bakre: IP Multicast over ATM Networks with Cut-through Forwarding, Internet Draft, Work in Progress, Nov. 1997, draft-bakre-mcast-atm-00.txt
- [BeWi98] S. Berson, S. Vincent: Aggregation of Internet Integrated Services State, Proceedings of sixth IEEE/IFIP International Workshop on Quality of Service (IWQoS '98), Napa, CA, U.S.A., Mai 1998.
- [BeYF98] Y. Bernet, R. Yavatkar, P. Ford, F. Baker, L. Zhang: A Framework for End-to-End QoS Combining RSVP/IntServ and Differentiated Services, Internet Draft, Work in Progress, März 1998, draft-bernet-intdiff-00.txt
- [CaSZ98] G. Carle, M. Smirnow, T. Zseby: Charging and Accounting Architecture for IP Multicast Integrated Services, 4th International Symposium on Interworking (Interworking'98), Ottawa, Canada, Juli 1998.
- [ChSi98] J. Chuang, M. Sirbu: Pricing Multicast Communication: A Cost-Based Approach, Proceedings of INET98, Genf, Juli 1998

- [Clar97] D. Clark: Internet cost allocation and pricing. In L. W. McKnight & J. P. Bailey, (Eds.), Internet Economics, The MIT Press, Cambridge, MA, 1997, pp. 215-252
- [CoES93] R. Cocchi, D. Estrin, S. Shenker, L. Zhang: Pricing in Computer Networks: Motivation, Formulation, and Example; IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 1, No. 6, Dez. 1993, pp. 614 - 627
- [CoKW97] C. Courcoubetis; F. Kelly; R. Weber: Measurement-based Charging in Communication Networks, Statistical Laboratory Research Report 1997-19, University of Cambridge, 1997
- [ETSI98] H. Orlamünder (Editor): Parameters and Mechanisms for Charging in IP based Networks [Network Aspects], TR/NA-080301 V1.0.4 (1998-06), ETSI Working Group NA8 Technical Document, 1998
- [FaSV98] G.Fankhauser, B. Stiller, C. Vögtli, B. Plattner: Reservation-based Charging in an Integrated Services Network, 4th INFORMS Telecommunications Conference, Boca Raton, FL, U.S.A., März 1998
- [GaBo97] M. W. Garrett, M. Borden: Interoperation of Controlled-Load Service and Guaranteed Service with ATM, Internet-Draft, Work-in-progress, Nov. 1997, draft-ietf-issll-atm-mapping-04.txt
- [Herz96] S. Herzog: Accounting and Access Control for Multicast Distributions: Models and Mechanisms, PhD dissertation, University of Southern California, U.S.A., 1996
- [HeSE95] S. Herzog, S. Shenker, D. Estrin: Sharing the Cost of Multicast Trees: An Axiomatic Analysis; In Proceedings of ACM SIGCOMM'95, Aug. 1995
- [JaDS95] S. Jamin, P. B. Danzig, S. Shenker, L. Zhang: A Measurement-Based Admission Control Algorithm for Integrated Services Packet Networks, In Proceedings of ACM SIGCOMM'95, Cambridge, MA, U.S.A, Aug./Sept. 1995
- [JaSD97] S. Jamin, S. Shenker, and P. Danzig: Comparison of Measurement-based Admission Control Algorithms for Controlled-Load Service, Proc. of IEEE INFOCOM'97, Apr. 1997
- [KaKL98] M. Kalervo, K. Kilkki, C. Lanting, J. Ruutu: Multimedia services over an internet: horizontal and vertical aspects of Quality of Conveyance, 4th International Symposium on Interworking (Interworking'98), Ottawa, Canada, Juli 1998
- [KaSW98] M. Karsten, J. Schmitt, L. Wolf, R. Steimetz: An Embedded Charging Approach form RSVP, International .Workshop on Quality of Service '98 (IWQoS'98), Napa, CA, U.S.A, Mai, 1998
- [Kell96] F. P. Kelly. Charging and Accounting for Bursty Connections, in Internet Economics, J. Bailey and L. McKnight (Eds.) MIT Press, Boston, MA., U.S.A., 1996
- [MaVa94] J. K. Mackie-Mason and H. R. Varian: Pricing the Internet; In Second International Conference on Telecommunications Systems Modeling and Analysis, Nashville, Tennessee, März 1994, pp. 378-393
- [MaVa95] J. MacKie-Mason, H. Varian: Pricing Congestibel Network Resorces, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 13, Nr. 7, Sep. 1995, pp. 1141-1149
- [NiBl98] K. Nichols, S. Blake: Differentiated Services Operational Model and Definitions, Internet draft, Work in Progress, Feb. 1998, draft-nichols-dsopdef-00.txt

- [PaSc98] Ping Pan, Henning Schulzrinne: YESSIR: A simple reservation Mechanism for the Internet, 8<sup>th</sup> International Workshop on Network and Operating Systems Support for Digital Audio and Video (NOSSDAV98), Cambridge, U.K., Juli 1998
- [ReIz97] D. Reininger and R. Izmailov. Soft Quality of Service with VBR+ Video, Proceedings of International Workshop on Audio-Visual Services over Packet Networks (AVSPN'97), Aberdeen, Scotland, Sep. 1997
- [RFC1633] D. Clark, R. Braden, S. Shenker, Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview, RFC 1633, IETF, Juni 1994
- [RFC2063] N. Brownlee, C. Mills, G. Ruth: Traffic Flow Measurement: Architecture, RFC2063, IETF, Jan. 1997
- [RFC2205] L. Zhang, R. Braden, S. Berson, S. Herzog, and S. Jamin: Resource ReSerVation Protocol (RSVP) - Version 1 Functional Specification, RFC2205, IETF, Sep. 1997
- [RFC2210] J. Wroclawski: The Use of RSVP with IETF Integrated Services, RFC2210, IETF, Sep. 1997
- [RFC2211] J. Wroclawski: Specification of the Controlled Load Quality of Service, RFC 2211, IETF, Sep. 1997
- [RFC2212] S. Shenker, C. Partridge, and R. Guerin: Specification of the Guaranteed Quality of Service, RFC 2212, IETF, Sep. 1997
- [SaCS97a] L. Salgarelli, A. Corghi, H. Sanneck, and D. Witaszek: Supporting IP Multicast Integrated Services in ATM Networks, In Proceedings of SPIE VV'97, Broadband Networking Technologies, Dallas, Texas, Nov. 1997
- [SaCS97b] L. Salgarelli, A. Corghi, M. Smirnov, H. Sanneck, D. Witaszek: Supporting IP Multicast Integrated Services in ATM Networks, Internet Draft, Work in Progress, Nov. 97, draft-salgarelli-issll-mis-00-11.ps
- [ShCE96] S. Shenker, D. Clark, D. Estrin and S. Herzog: Pricing in Computer Networks: Reshaping the Research Agenda; Communications Policy, Vol. 20, No. 1, 1996; <ftp://parcftp.xerox.com/pub/net-research/picn.ps>
- [Shen95] S. Shenker: Fundamental Design Issues for the Future Internet, in IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 13, No. 7, Sept. 1995, pp.1176-1188
- [Smir97] M. Smirnov: Scalable and Efficient Multiprotocol IP Multicast over ATM. In Proceedings of SPIE VV'97 - Broadband Networking Technologies, Dallas - Texas, Nov. 1997
- [StFP98] B. Stiller, G. Fankhauser, B. Plattner, N. Weiler: Charging and Accounting for Integrated Internet Services - State of the Art, Problems and Trends, Proceedings of INET'98, Geneva, Switzerland, Juli 1998
- [Vier90] B. Viero: Traffic Measurement on Variable Bit Rate (VBR) Sources with Application to Charging Principles, Computer Networks and ISDN Systems 20, Elsevier Science Publishers (North Holland), 1990, pp. 435-445
- [WaKS97] D. Walker, F. Kelly, J. Solomon: Tariffing in the New IP/ATM Environment, Telecommunications Policy, Vol. 21, pp. 283-295, Mai 1997
- [WaST96] Y. Watanabe, A. Shionozaki, F. Teraoka, J. Murai: The Design and Implementation of the Geographical Location Information System, Proceedings INET'96, Montreal, Canada, Juni 1996