



(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **103 50 504.0**
(22) Anmeldetag: **29.10.2003**
(43) Offenlegungstag: **13.05.2004**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **03.12.2015**

(51) Int Cl.: **H04L 12/911 (2013.01)**
H04L 12/863 (2013.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
021921 29.10.2002 FI

(72) Erfinder:
Väänänen, Janne, Espoo, FI

(73) Patentinhaber:
Coriant Oy, Espoo, FI

(56) Ermittelter Stand der Technik:

(74) Vertreter:
K & H BONAPAT, 81541 München, DE

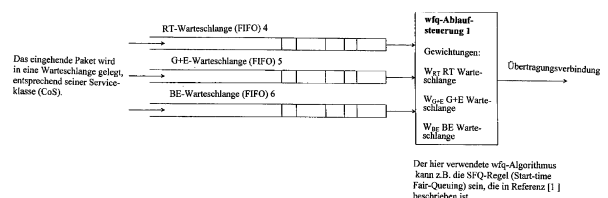
US 6 408 005 B1
US 2001 / 0 033 581 A1
EP 0 977 402 A2
WO 2003/ 056 766 A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Festlegen bzw. Zuteilen einer verfügbaren Verknüpfungsbandbreite zwischen paketvermittelten Datenflüssen**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Festlegen oder Zuteilen einer Verknüpfungsbandbreite zwischen unterschiedlichen paketvermittelten Datenflüssen, welches Verfahren folgende Schritte umfasst:

- digitale Daten werden in der Form von Paketen mit fester oder variabler Länge transferiert,
- die Pakete werden mit einer Identifikationsinformation markiert, was es erlaubt die Pakete in wenigstens zwei Serviceklassen zu klassifizieren,
- auf der Basis der Information, die die Serviceklasse anzeigt, wird jedes der eingehenden Pakete individuell in eine der Serviceklassen der serviceklassenspezifischen parallelen FIFO Warteschlangen (4, 5 6) klassifiziert, wobei die Anzahl der Warteschlangen pro jeder Serviceklasse eins beträgt,
- die Pakete wenigstens einer Serviceklasse sind markiert mit Identifikationsinformation, die es erlaubt, dass die Pakete in wenigstens zwei interne Untergruppen innerhalb der Serviceklasse klassifiziert werden,
- Pakete einer gegebenen Serviceklasse bilden einen Datenfluss, wobei die Sendereihenfolge der Pakete beibehalten wird, unabhängig von der in dem Paket mitgeführten die Untergruppe definierenden Identifikationsinformation, und
- die verfügbare Bandbreite der ausgehenden Verknüpfung (en) des Systems wird aufgeteilt (1) zwischen den serviceklassenspezifischen FIFO Warteschlangen unter Verwendung einer gewichtungsbasierten Festlegungs- oder Zuteilungsregel, einer prioritätsbasierten Festlegungs- oder Zuteilungsregel oder einer Kombination derer, dadurch gekennzeichnet, dass der paketspezifische Prioritätswert in der prioritätsbasierten Festlegungs- oder Zuteilungsregel und/oder die Gewichtung in der gewichtungsbasierten

Festlegungs- oder Zuteilungsregel festgelegt wird durch Verwendung des kombinierten Effekts der Variablen q und p , wobei der Wert der Variablen q abhängt von der Serviceklasse (CoS), die dem durch das fragliche Paket transferierten Datenfluss zugeordnet ist, und der Wert der Variablen p abhängt von der Untergruppe, zu der das fragliche Paket gehört und/oder von der Klassifizierung der eingehenden Pakete der gleichen Serviceklasse, die an dem Eingangsport der Ablaufsteuerung vorangehend oder nachfolgend zum fraglichen Paket empfangen werden, in Untergruppen.



Beschreibung		
[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß Anspruch 1 zum Festlegen bzw. Zuteilen einer verfügbaren Verknüpfungsbandbreite zwischen paketvermittelten Datenflüssen.	DSCP	HeaderInformation eines Pakets, das die Serviceklasse eines Pakets anzeigt (Differentiated Service Code Point),
[0002] Die Erfindung betrifft ebenfalls eine Vorrichtung nach Anspruch 5 zum Festlegen bzw. Zuteilen einer verfügbaren Verknüpfungsbandbreite zwischen paketvermittelten Datenflüssen.	FIFO G + E	First-in, first-out-Warteschleifenregel Serviceklasse für Anwendungen, denen es gestattet ist, die sofort verfügbare Bandbreite eines Netzwerks zu nutzen und denen eine minimale Datenrate garantiert wird, jedoch keine Obergrenze für die Pakettransferverzögerung und Verzögerungsschwankungen (Guaranteed rate and Effort),
[0003] EP 0 977 402 A2 offenbart einen Apparat zum Planen von Mehrservicekategorie ATM-Zellverkehr durch Wettbewerbspunkte in dem ATM-Netzwerk. Dabei haben Servicekategorien vordefinierte Lieferprioritäten gemäß der Qualität von Servicegarantien.	QoS RT	Servicequalität Serviceklasse für Anwendungen, für die die Pakettransferverzögerung und die Verzögerungsschwankungen minimiert sind und für die die minimale Datenrate garantiert ist, jedoch können die Anwendungen nicht die gerade verfügbare Bandbreite eines Netzwerkes nutzen (real time),
[0004] US 6,408,005 B1 offenbart einen Dynamische-Rate-Steuer-Zuteiler für ATM-Netzwerke zum Zuteilen bzw. Planen von Zellen zum Service in einem generischen ATM-Switch, wobei jeder Verkehrsstrom, welcher mit einer internen Switch-Queue assoziiert ist, gemäß einer Rate Raten-geformt (rate-shaped) ist, welche aus einer minimalen garantierten Rate und einer dynamischen Komponente besteht, welche basierend auf der Wettbewerbsinformation innerhalb des Switches berechnet ist.	SFQ wfq	Start Time Fair Queuing, eine gewichtete Warteschlangenregel [1], eine gewichtete Warteschlangenregel, wobei die Abkürzung als generelles Konzept verwendet wird (waited fair queuing),
[0005] US 2001/0033581 A1 offenbart einen Paketswitch, Zuteilungsgerät, Drop-Steuerungsschaltung, Multitask-Steuerungsschaltung und QoS-Steuerungsgerät, wobei ein Paket-Zerteiler ein Paket variabler Länge in Pakete fixer Länge dividiert und ein Eingabepuffer die Pakete fixer Länge in Queues mittels Ausgabezeilen und mittels QoS-Klassen speichert.	WFQ WRED)	Waited Fair Queuing, eine spezifische, gewichtete Warteschlangenregel [1], Ein gewichteter Algorithmus zur Vermeidung von Stauungen [3] (Waited Random Early Detection).
[0006] WO 03/056766 A1 offenbart ein Paketzuteilungsverfahren und -apparat zum Zuteilen bzw. Planen von Datenpaketen in einem Netzwerkelement eines Paketdatennetzwerkes, wobei Queue-Gewichtungen und -Größen zur selben Zeit eingestellt werden, sodass die maximale Queue-Verzögerung so gut wie möglich vorhersagbar ist. In dem nachfolgenden Text, der sich sowohl mit dem Stand der Technik, als auch mit der vorliegenden Erfindung auseinandersetzt, werden folgende Abkürzungen verwendet:		[0007] In paketvermittelten Netzwerken ist es oft vorteilhaft, die zu übertragenden Datenpakete in unterschiedliche Serviceklassen (CoS) zu unterteilen, einerseits aufgrund der Bedürfnisse unterschiedlicher Anwendungen, die die Datennetzwerkdienste nutzen und andererseits aufgrund von QoS-Levelübereinkommen eines Übereinkommens zum Niveau der Dienstleistungsqualität eines Telekom Serviceproviders mit seinen Kunden. In Verbindung mit einer herkömmlichen Telefonverbindung ist zum Beispiel wesentlich, dass die durch die Anwendung erforderliche Bandbreite für eine verfügbare Zeit mit einer ausreichend geringen Datentransferverzögerung und Verzögerungsschwankungen verfügbar ist. In einer Telefonanwendung zieht der Anwender keinen Vorteil aus der Möglichkeit, Zugang zu einer zeitweise höheren Verlinkungsbandbreite in einer geringen Lastsituation des Netzwerks zu haben. Im Gegenteil würde es zum Beispiel während des Downloads einer www-Seite äußerst vorteilhaft sein, Zugang zur voll temporär verfügbaren Bandbreite des Netzwerkes zu haben.
BE		
		[0008] Nachfolgend wird eine Situation untersucht, in welcher der Telekomserviceprovider die folgenden Serviceklassen anbietet:
CoS		

- RT (Real Time): Serviceklasse für Anwendungen, denen eine minimale Datenrate garantiert ist und bei denen die Pakettransferverzögerung und Verzögerungsschwankungen minimiert sind, ohne einen Versuch zu machen, die sofort zur Verfügung gestellte Datenrate für die gegebene Anwendung zu vergrößern, auch wenn die auf dem Kommunikationsnetzwerk gerade lastende Verkehrsdichte momentan einen geringen Wert hat.
- G + E (Guaranteed rate and best Effort): Serviceklasse für Anwendungen, denen eine gegebene minimale Datenrate zugestanden wird und die zusätzlich die gesamte aktuell verfügbare Bandbreite des Datenübertragungssystems für die Benutzung durch die Anwendung anbietet. Jedoch werden keine Zugeständnisse gemacht zu garantierten Obergrenzen der Pakettransferverzögerung und Verzögerungsschwankungen.
- BE (Best Effort): Serviceklasse für Anwendungen, denen die Nutzung der aktuell verfügbaren Bandbreite des Netzwerks zugestanden wird, ohne irgendeine garantierte minimale Datentransferrate. Auch werden keine Zugeständnisse gemacht zu irgendwelchen Obergrenzen für die Pakettransferverzögerung und Verzögerungsschwankungen.

[0009] Fig. 1 zeigt eine konventionelle Anordnung für die Zuteilung der Bandbreite einer gemeinsamen Datenübertragungsverknüpfung zwischen Datenflüssen, die die oben genannten Service- oder Dienstleistungsklassen repräsentieren. Die Funktion des in Fig. 1 gezeigten Systems ist wie folgt:

- Die einem gegebenen Paket zugeordnete Serviceklasse ist über die Header Information identifizierbar, die in dem Paket getragen wird (z. B. DSCP, Differentiated Service Code Point [2]).
- Die empfangenen Pakete werden entsprechenden serviceklassenspezifischen FIFO-Warteschlangen zugeteilt (RT, G + E und BE-Warteschlangen).
- Jedem der Pakete, das in die Serviceklasse G+E eingeteilt wurde, wird weiterhin eine interne Untergruppe der CoS zugeordnet, was zumindest eine Entscheidung darüber ermöglicht, ob das Paket zu dem Verkehrsanteil gehört, dem eine garantierte minimale Datenrate (nachfolgend G-Anteil) zugestanden wurde oder zu dem Verkehrsanteil, der die garantierte minimale Rate übertrifft (nachfolgend E-Teil). Das Zuordnen eines Pakets zu einer gegebenen Untergruppe kann angezeigt werden z. B. über die Prioritätsinformation (drop precedence), die in dem DSCP [2] enthalten ist. Die Information der Untergruppe wird verwendet, wenn im Fall eines Warteschlangensaus eine Entscheidung getroffen werden muss, auf welche Pakete die Aktionen einer Stausteuerungspolitik bzw. eines Stausteueralgorithmus angewendet werden sollen. Ein Beispiel für diesen Ansatz ist die

WRED (Waited Random Early Detection) Stausteuermethode [3].

- Die Verknüpfungsbandbreite wird festgelegt für Datenflüsse der RT-Warteschlange **1**, der G + E-Warteschlange **5** und der BE-Warteschlange **6**, unter Verwendung einer gewichteten Zuteilungsregel, bzw. Zuteilungsalgorithmus (z. B. SFQ [1]) so, dass das Gewicht (W_{RT}) der RT-Warteschlange **4** so groß in der Relation zu den Gewichten (W_{G+E} und W_{BE}) der G + E und BE-Warteschlangen gewählt wird, dass der Verkehr der Klasse RT unter allen Bedingungen Zugang zur zugeordneten minimalen Bandbreite hat, während das Gewicht der G + E-Warteschlange **5** mit Bezug auf das Gewicht der BE-Warteschlange **6** so groß gewählt ist, dass dem Verkehr der Klasse G + E unter allen Bedingungen die Einhaltung der garantierten minimalen Datenrate zugestanden wird.
- Der Verkehr der Klasse RT und der G-Anteil der Klasse G + E werden als bandbreitenbegrenzt vor der Ablaufsteuerung angenommen.

[0010] Fig. 2 zeigt eine andere konventionelle Anordnung für die Festsetzung bzw. Zuteilung der Bandbreite einer gemeinsamen Verknüpfung zwischen Datenflüssen, die die oben genannten Serviceklassen repräsentieren. Die Funktion des in Fig. 2 gezeigten Systems unterscheidet sich von der Funktion des in Fig. 1 gezeigten Systems dadurch, dass die Verknüpfungsbandbreite, die für die RT-Warteschlange **4** festgesetzt wird, eine Priorität hat, die vor denen der G + E-Warteschlange **5** und BE-Warteschlange **6** liegt. Die Verwendung der Prioritätszuteilungsregel für die RT-Warteschlange **4** ist möglich, sofern der Verkehr der RT-Warteschlange **4** vor dem Eingang der Ablaufsteuerung oder Zuteilungssteuerung als bandbreitenlimitiert angenommen wird.

[0011] Ein Problem bei den Zuteilungsanordnungen, die in den Fig. 1 und Fig. 2 gezeigt sind besteht darin, dass der Verkehr der Klasse BE in dem Zuteiler beeinträchtigt wird durch den Verkehrsfluss des E-Anteils in der Klasse G + E mit dem Gewicht W_{G+E} , dessen Wert in Bezug auf das Gewicht W_{BE} der Klasse BE, basierend auf der garantierten minimalen Datenrate (garantiert für den G-Anteil) der Klasse G + E gewählt wird. Resultierend hat die Klasse BE nur eine schlechte Möglichkeit, die aktuell verfügbare Bandbreite zu nutzen, wenn gleichzeitig der Verkehrsfluss des E-Anteils in der Klasse G + E versucht, die gleiche aktuelle freie Verknüpfungsbandbreite zu nutzen. Dies steht jedoch im Gegensatz zu der Grundidee des Klasse BE Verkehrs, der keine Untergrenze für die Datentransferrate garantiert, jedoch statt dessen dem Servicenutzer vollen Zugang zur Nutzung der aktuell verfügbaren Bandbreite zugesteht.

[0012] Diese Situation wird unterstrichen durch die Beispielfälle (a) und (b), die in Fig. 3 dargestellt sind. In dem Diagramm entspricht ein Beispielfall (a)

dem Bandbreitensharing zwischen den Verkehrsflüssen unterschiedlicher Serviceklassen, wenn der Verkehr von jeder Serviceklasse mit dem maximal möglichen Wert übertragen wird. Hier entspricht das Verhältnis des Bandbreitenwertes (B_{BG+E}) der von dem Verkehr der Klasse G + E benutzt wird, zum Bandbreitenwert (B_{BE}), der durch die Klasse BE genutzt wird W_{G+E}/W_{BE} . Der Beispielfall (b) entspricht dem Bandbreitensharing zwischen den Datenflüssen verschiedener Serviceklassen, wenn die Bandbreitenreservierungen für den Verkehr der Klasse RT als auch des G-Teils der Klasse G + E die gleichen sind, wie im Beispielfall (a) mit der Ausnahme, dass der Bandbreitenanteil, der durch den Verkehr der Klasse RT genutzt wird, geringer als die für die Klasse reservierte Bandbreite ist, während der Verkehr der Klasse G + E und BE soweit wie möglich transferiert wird. Auch in dieser Situation, ist das Bandbreitenverhältnis $B_{G+E}/B_{BE} = W_{G+E}/W_{BE}$. Wie es aus dem Beispielfall (b) ersichtlich ist, wird der durch den Verkehr der Klasse RT ungenutzte Bandbreitenanteil fast vollständig dem E-Anteil der Klassen G + E zugeteilt.

[0013] Es ist anzumerken, dass weil es dem Zuteiler nicht gestattet ist, die Sendereihenfolge der Pakete im Verkehrsfluss der Klassen G + E zu ändern, die G und E-Anteile der Klasse G + E nicht in unterschiedlichen Warteschlangen separiert werden können, denen jeweils unabhängige Zuteilungsgewichte zugeordnet werden könnten.

[0014] Es ist Ziel der vorliegenden Erfindung, die Nachteile des oben beschriebenen Standes der Technik zu überwinden und einen völlig neuen Typ eines Verfahrens und einer Vorrichtung zum Zuteilen der aktuell verfügbaren Bandbreite zwischen verschiedenen paketvermittelten Datenflüssen zu schaffen. Insbesondere betrifft die Erfindung ein Verfahren, das in der Lage ist, einen Zuteiler zu implementieren, so dass die aktuell verfügbare Bandbreite in einem gewünschten Verhältnis (z. B. 1:1) zwischen den Verkehrsflüssen des E-Teils der Klasse G + E und dem Verkehrsfluss der Klasse BE zugeteilt werden kann.

[0015] Das Ziel der Erfindung wird erreicht durch die Verwendung der Untergruppeninformation (z. B. drop precedence), bei der Ablaufkontrolle eines Zuteilers bzw. einer Zuteilungssteuerung. Im Stand der Technik wurde die Untergruppeninformation nur verwendet in einem Stausteuerungssystem (z. B. WRED). Die Zuteilungsmethode der vorliegenden Erfindung schließt die Verwendung einer Untergruppen-(drop precedence)Information in einem Stausteuerungssystem ebenfalls nicht aus.

[0016] Darüber hinaus ist das Verfahren der Erfindung charakterisiert durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Anspruchs 1. Weiterhin ist die

erfindungsgemäße Vorrichtung charakterisiert durch die Merkmale des Kennzeichenteils des Anspruchs 5.

[0017] Die Erfindung bietet signifikante Vorteile gegenüber dem Stand der Technik, in dem die Zuteilungsvorrichtung so ausgebildet ist, dass die verfügbare Restbandbreite in einem gewünschten Verhältnis (z. B. 1:1) zwischen den Datenflüssen des E-Anteils der Klasse G + E und den Datenflüssen der Klasse BE aufgeteilt wird. Daraus resultierend wird es möglich, eine Serviceklasse (G + E) vorzusehen, so dass die aktuell verfügbare Bandbreite eines Datentransfernetzwerks verwendet werden kann und gleichzeitig eine garantierte minimale Datenrate sicher gestellt werden kann, ohne die Servicequalität in derartigen Klasse (z. B. BE) zu beeinträchtigen, die keine garantierte Untergrenze für die Datentransferrate haben, sondern statt dessen einen Service für die Nutzung der aktuell verfügbaren Bandbreite anbieten.

[0018] Nachfolgend wird die Erfindung detaillierter anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezug auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben. in diesen zeigen:

[0019] Fig. 1 ein Blockdiagramm eines bekannten Systems für die Zuteilung der Bandbreite einer gemeinsamen Datentransmissionsverknüpfung für Datenflüsse der oben diskutierten Serviceklassen (RT, G + E, BE);

[0020] Fig. 2 ein Blockdiagramm eines anderen bekannten Systems für die Zuteilung der Bandbreite einer gemeinsamen Datentransmissionsverknüpfung für Datenflüsse der oben genannten Serviceklassen; und

[0021] Fig. 3 zwei Beispielfälle (a) und (b) für die Aufteilung der aktuell verfügbaren Bandbreite zwischen den Datenflüssen unterschiedlicher Serviceklassen. Im Beispielfall (a) wird die maximale Verkehrsmenge für jede Serviceklasse transferiert. Im Beispielfall (b) sind die Bandbreitenanteile, die für die Klassen RT und den G-Anteil der Klasse G + E jeweils reserviert sind, die gleichen wie im Beispielfall (a), jedoch ist die durch den Verkehr der Klasse RT genutzte Bandbreite geringer als die Obergrenze der für diese Klasse reservierten Bandbreite, während der Verkehr der Klassen G + E und BE mit einer maximalen Bandbreite transferiert wird; und

[0022] Fig. 4 ein Blockdiagramm eines erfindungsgemäßen Systems für die Zuteilung der Bandbreiten einer gemeinsamen Datentransferverknüpfung zwischen Datenflüssen der oben diskutierten Serviceklassen.

[0023] Die theoretischen Grundlagen des erfindungsgemäßen Verfahrens werden in der nachfolgenden Beschreibung dargelegt.

[0024] In einer gewichtungsbasierten Zuteilungsmethode werden die am Eingangsport des Zuteilers empfangenen Pakete mit einem Sendeorder(bzw. -reihenfolge)indikator (zum Beispiel Start_tec in dem SFQ-Verfahren [1]) markiert, welcher den Zeitpunkt mitteilt, an welchem das Paket zur Sendung zugeteilt ist. Somit ist das erste Paket, was zu senden ist, dasjenige, das einen Orderindikator aufweist mit einem Wert, der den frühesten Zeitpunkt für die Sendung anzeigt. Die Transmissionsorderindikation muss nicht mit der Realzeit synchronisiert sein, sondern es ist eher ausreichend, die Sendeindikatoren der Pakete in einer korrekten Übertragungsregel relativ zueinander vorliegen zu haben.

[0025] Bei der Erzeugung des Sendeorderindikators für ein Paket, das von einer gegebenen Serviceklassenwarteschlange empfangen wird, wird die Gewichtung des Pakets entsprechend der vorliegenden Serviceklasse zugeordnet. Wenn die Warteschlange J1 eine höhere Gewichtung als die Schlange J2 aufweist, hat die Sendeindikatorsequenz aufeinander folgender Pakete der Warteschlange J1 mit Bezug auf die entsprechende Sendeindikatorsequenz der Schlange J2 einen derartigen Charakter, dass die Warteschlange J1 einen größeren Anteil der Ausgangskapazität des Zuteilers erhält.

[0026] In einem prioritätsbasierten Verfahren wird jedem der am Eingangsport des Zuteilers 1 eingehenden Pakete ein Prioritätswert zugeordnet. Die Prioritätswerte der Pakete bestimmen, welches der Pakete als nächstes zu senden ist.

[0027] In dem erfindungsgemäßen Verfahren jedoch ist der einem Paket zugeordnete Prioritätswert oder entsprechend das Gewicht, das bei der Erzeugung des Paketsendereinfolgeindicators zugeordnet wird, nicht nur von der Serviceklasse des Paketes (nachfolgend durch das Symbol q gekennzeichnet), sondern auch von der Untergruppeninformation (hier nach durch das Symbol p bezeichnet, wobei solche Prioritäteninformation zum Beispiel die Paket drop precedence [2] ist) des fraglichen Pakets und/oder der Pakete abhängig, die dem fraglichen Paket aus der gleichen Serviceklasse vorangehen oder folgen, **Fig. 4.** Insofern die Pakete in serviceklassenspezifischen Warteschlangen vor der Ablaufsteuerung 1 enthalten sind, ist es somit möglich, innerhalb der durch die Anzahl der in der Schlange enthaltenen Pakete bestehenden Grenzen möglich, zu wissen, welche Art von Untergruppeninformation in den Paketen enthalten ist, die dazu vorgesehen sind, demnächst in den Zuteiler bzw. die Ablaufsteuerung zu gelangen.

[0028] In dem erfindungsgemäßen Verfahren kann ein Element oder mehrere Elemente der Untergruppeninformation auch bestimmen, ob die Zuteilungsentscheidungen betreffend ein gegebenes Paket gemacht werden auf einem gewichtungsbasierten oder prioritätsbasierten Zuteilungsalgorithmus bzw. -mechanismus.

[0029] Im Gegensatz dazu verwenden bekannte Systeme aus dem Stand der Technik die Untergruppeninformation (p) für die Stausteuerung, jedoch nicht für die Zuteilung.

[0030] Als nächstes wird eine Ablaufsteuerung bzw. ein Zuteiler gemäß der Erfindung beschrieben hinsichtlich seiner Zuteilungsfunktion der Verkehrsflüsse der Klassen G + E und BE unter Verwendung eines SFQ-Algorithmus [1]. In dem hier diskutierten Ausführungsbeispiel der Erfindung wird die paketspezifische Gewichtung ausgewählt auf der Basis der Untergruppe zu der das zu betrachtende Paket gehört. Die Sendeorderindikatoren $S_{G+E}(i)$ und $S_{BE}(j)$ des Paketes (i) in der Klasse G + E und des Paketes (j) in der Klasse BE werden jeweils wie folgt berechnet:

$$S_{G+E}(i) = \max\{v, S_{G+E}(i-1) + L(i-1)/W(q, p)\}, \quad (1)$$

$$S_{BE}(j) = \max\{v, S_{BE}(j-1) + L(j-1)/W(q, p)\}, \quad (2)$$

wobei $L(i-1)$, $L(j-1)$ die Paketgrößen z. B. in Bytes darstellen, die Variablen p und q bestimmen den Wert der Gewichtung W, so dass die Variable q abhängig ist, von der Serviceklasse (G + E oder BE), die dem untersuchten Paket (i oder j) zugeordnet ist und die Variable p ist abhängig von der Untergruppe, die dem untersuchten Paket (i oder j) zugeordnet ist, und v ist der Sendeorder- oder Sendeabfolgeindikator (virtueller Zeitstempel) des transferierten Paketes.

[0031] Der Wert des Sendeorderindikators wird errechnet, wenn das Paket an dem serviceklassenspezifischen Eingangsport des Zuteilers empfangen wird, und wird später nicht aktualisiert, auch wenn der Wert von v sich ändern sollte. Von den eingehenden Paketen ist das erste zu sendende dasjenige (i oder j), das den geringeren Wert des Sendeorderindikators aufweist.

[0032] In dem hier diskutierten Beispielsfall wird angenommen, dass die untergruppenspezifischen Gewichtungen wie folgt gewählt werden:

- wenn das Paket der Klasse G + E zum G-Teil gehört, $W(q = 'G + E', p = 'G') = W_G$,
- wenn das Paket der Klasse G + E zum E-Teil gehört, $W(q = 'G + E', p = 'E') = W_E$,
- Pakete der Klasse BE haben identische Gewichtungen unabhängig von der Untergruppeninformation, d. h. $W(q = 'BE'; p: \text{irrelevant}) = W_{BE}$.

[0033] Hiernach ist ein einfacher Test oder eine Simulation ausreichend, um die folgende Tatsache zu verifizieren: Wenn über eine gegebene Zeitdauer das System eine durchschnittliche Menge WG der Bytes (oder Bits) des G-Teilpakets transferiert, dann transferiert das System auch über die Zeitdauer eine durchschnittliche Menge W_{BE} der Bytes (oder Bits) der Klasse BE-Pakete und, entsprechend, wenn das System über eine gegebene Zeitdauer eine Durchschnittsmenge W_E von Bytes (oder Bits) der E-Anteilpakete transferiert, dann wird auch eine Durchschnittsmenge W_{BE} der Bytes (oder Bits) der Klasse BE-Pakete transferiert. Um die Situation weiter zu vereinfachen ist es möglich, anzunehmen, dass alle Pakete die gleiche Größe haben, wobei das oben Gesagte wahr ist, nicht nur für die Bytes der Pakete, sondern auch für die kompletten Pakete.

[0034] Durch eine geeignete Wahl der Werte für die Gewichtungen W_E und W_{BE} , kann ein Zuteilungsalgorithmus implementiert werden, so dass die verfügbare Bandbreite in einem gewünschten Verhältnis zwischen den Datenflüssen des G-Anteils in der Klasse $G + E$ und dem Datenfluss der Klasse BE zugeteilt wird.

[0035] Eine alternative Ausführungsform des oben beschriebenen Falls kann realisiert werden, indem dem Gewicht WG ein infiniter Wert zugeordnet wird. In der Praxis bedeutet dies, dass die Pakete des G-Anteils auf einer Prioritätsbasis zugeteilt werden, anstelle der Verwendung einer SFQ-Regel. Danach wird ein Paket, das an dem Eingangsport des Zuteilers empfangen wird und das zugeteilt ist für Pakete der Untergruppe G in der Warteschlange der Klasse $G + E$ in prioritätsbasierter Weise gesendet, unabhängig von der Sendeorderindikation des Pakets, das sich an dem Eingangsport anstaut, welcher dem Datenfluss der Klasse BE dient. Dies ist plausibel, insofern der Verkehr des G-Anteils in der Klasse $G + E$ als bandbreitenlimitiert angenommen wird.

Referenzen:

- [1] Pawan Goyal, Haric M. Vin, Haichen Cheng. Start-time Fair Queuing: A scheduling Algorithm for Integrated Services Packet Switching Networks. Technical Report TR-96-02, Department of Computer Sciences, University of Texas, Austin, USA.
- [2] Bruce Davie, Yakov Rekhter. MPLS Technology and Applications. Academic Press, 2000, CA, USA. (www.academicpress.com).
- [3] Sally Floyd, Van Jacobson. Random Early Detection Gateways for Congestion Avoidance. Lawrence Berkeley Laboratory 1993, University of California, CA, USA.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Festlegen oder Zuteilen einer Verknüpfungsbandbreite zwischen unterschiedlichen paketvermittelten Datenflüssen, welches Verfahren folgende Schritte umfasst:

- digitale Daten werden in der Form von Paketen mit fester oder variabler Länge transferiert,
- die Pakete werden mit einer Identifikationsinformation markiert, was es erlaubt die Pakete in wenigstens zwei Serviceklassen zu klassifizieren,
- auf der Basis der Information, die die Serviceklasse anzeigt, wird jedes der eingehenden Pakete individuell in eine der Serviceklassen der serviceklassenspezifischen parallelen FIFO Warteschlangen (**4, 5 6**) klassifiziert, wobei die Anzahl der Warteschlangen pro jeder Serviceklasse eins beträgt,
- die Pakete wenigstens einer Serviceklasse sind markiert mit Identifikationsinformation, die es erlaubt, dass die Pakete in wenigstens zwei interne Untergruppen innerhalb der Serviceklasse klassifiziert werden,
- Pakete einer gegebenen Serviceklasse bilden einen Datenfluss, wobei die Sendereihenfolge der Pakete beibehalten wird, unabhängig von der in dem Paket mitgeführten die Untergruppe definierenden Identifikationsinformation, und
- die verfügbare Bandbreite der ausgehenden Verknüpfung(en) des Systems wird aufgeteilt (**1**) zwischen den serviceklassenspezifischen FIFO Warteschlangen unter Verwendung einer gewichtungsbasierten Festlegungs- oder Zuteilungsregel, einer prioritätsbasierten Festlegungs- oder Zuteilungsregel oder einer Kombination derer, **dadurch gekennzeichnet**, dass der paketspezifische Prioritätswert in der prioritätsbasierten Festlegungs- oder Zuteilungsregel und/oder die Gewichtung in der gewichtungsbasierten Festlegungs- oder Zuteilungsregel festgelegt wird durch Verwendung des kombinierten Effekts der Variablen q und p , wobei der Wert der Variablen q abhängt von der Serviceklasse (CoS), die dem durch das fragliche Paket transferierten Datenfluss zugeordnet ist, und der Wert der Variablen p abhängt von der Untergruppe, zu der das fragliche Paket gehört und/oder von der Klassifizierung der eingehenden Pakete der gleichen Serviceklasse, die an dem Eingangsport der Ablaufsteuerung vorangehend oder nachfolgend zum fraglichen Paket empfangen werden, in Untergruppen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wahl zwischen der Verwendung einer gewichtungsbasierten oder prioritätsbasierten Festlegungs- oder Zuteilungsregel getroffen wird, basierend auf der Untergruppe, zu der das fragliche Paket gehört und/oder wie die an dem Eingangsport der Ablaufsteuerung eingehenden Pakete der gleichen Serviceklasse die dem fraglichen Paket vorangehen oder nachfolgen zwischen den Untergruppen verteilt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die gewichtungsbasierte Ablaufregel eine SFQ (Start-time Fair Queuing) Regel ist.

4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die gewichtungsbasierte Ablaufregel eine WFQ (Weighted Fair Queuing) Regel ist.

5. Vorrichtung zum Festlegen oder Zuteilen einer Verknüpfungsbandbreite zwischen verschiedenen paketvermittelten Datenflüssen, welche Vorrichtung folgende Komponenten umfasst:

- eine Einrichtung zum Empfangen digitaler Daten in der Form von Paketen mit fester oder variabler Länge,

- eine Einrichtung zum Lesen von Identifikationsinformation, die in eingehenden Paketen enthalten ist und es erlaubt, dass die Pakete in wenigstens zwei unterschiedliche Serviceklassen klassifiziert werden,

- eine Einrichtung zum individuellen Klassifizieren der eingehenden Pakete in wenigstens zwei unterschiedliche Serviceklassen,

- eine FIFO Paketwarteschlange (**4, 5, 6**) für jede dieser Serviceklassen,

- eine Einrichtung zum Leiten eines gegebenen Pakets auf der Basis seiner Identifikationsinformation in die entsprechende serviceklassenspezifische FIFO Warteschlange,

- eine Einrichtung zum Lesen der Identifikationsinformation von einem gegebenen Paket, die es erlaubt, dass das Paket in die dem Paket zugeordnete interne Untergruppe der Serviceklasse klassifiziert wird,

- eine Ablaufsteuerung (**1**) zum Ein- oder Zuteilen der verfügbaren Bandbreite der ausgehenden Verknüpfung(en) des Systems für die serviceklassenspezifischen FIFO Warteschlangen (**4, 5, 6**) unter Verwendung einer gewichtungsbasierten Festlegungs- oder Zuteilungsregel, einer prioritätsbasierten Festlegungs- oder Zuteilungsregel oder einer Kombination derer, und

- eine Einrichtung zum Senden von Paketen zu (einer) ausgehenden Verknüpfungen (Verknüpfung) in der Sendereihenfolge der Pakete, die durch die Ablaufsteuerung (**1**) festgelegt wird,

dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung eine Einrichtung enthält für die paketweise Bestimmung des Prioritätswertes in der prioritätsbasierten Festlegungs- oder Zuteilungsregel und/oder der Gewichtung in der gewichtungsbasierten Festlegungs- oder Zuteilungsregel unter Verwendung des kombinierten Effekts der Variablen q und p , wobei der Wert der Variablen q abhängt von der Serviceklasse (CoS), die dem von dem fraglichen Paket transferierten Datenfluss zugeordnet ist, und der Wert der Variablen p abhängt von der Untergruppe, zu welchem das fragliche Paket gehört und/oder der Klassifikation der eingehenden Pakete der gleichen Serviceklasse in Untergruppen, welche dem fraglichen Paket vorangehend oder nachfolgend an dem Eingangsport der Ablaufsteuerung eingehen.

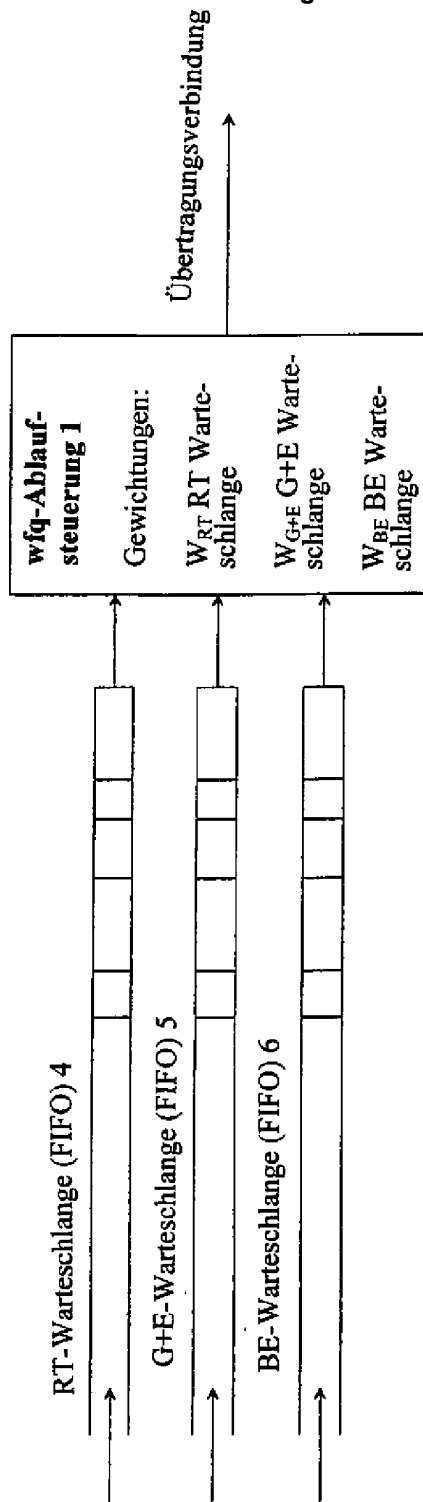
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung eine Einrichtung zur Entscheidungsfindung zwischen der Verwendung einer gewichtungsbasierten oder prioritätsbasierten Festlegungs- oder Zuteilungsregel enthält, welche Entscheidungsfindung basierend auf der Untergruppe erfolgt, zu welcher das fragliche Paket gehört und/oder basierend darauf, wie die am Eingangsport der Ablaufsteuerung eingehenden Pakete der gleichen Serviceklasse, die dem fraglichen Paket vorausgehen oder nachfolgen, zwischen den Untergruppen verteilt werden.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung eine Einrichtung zur Durchführung einer gewichtungsbasierten Festlegungs- oder Zuteilungsregel enthält unter Verwendung einer SFQ (Start-time Fair Queuing) Regel.

8. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung eine Einrichtung enthält zum Durchführen einer gewichtungsbasierten Festlegungs- oder Zuteilungsregel unter Verwendung einer WFQ (Weighted Fair Queuing) Regel.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

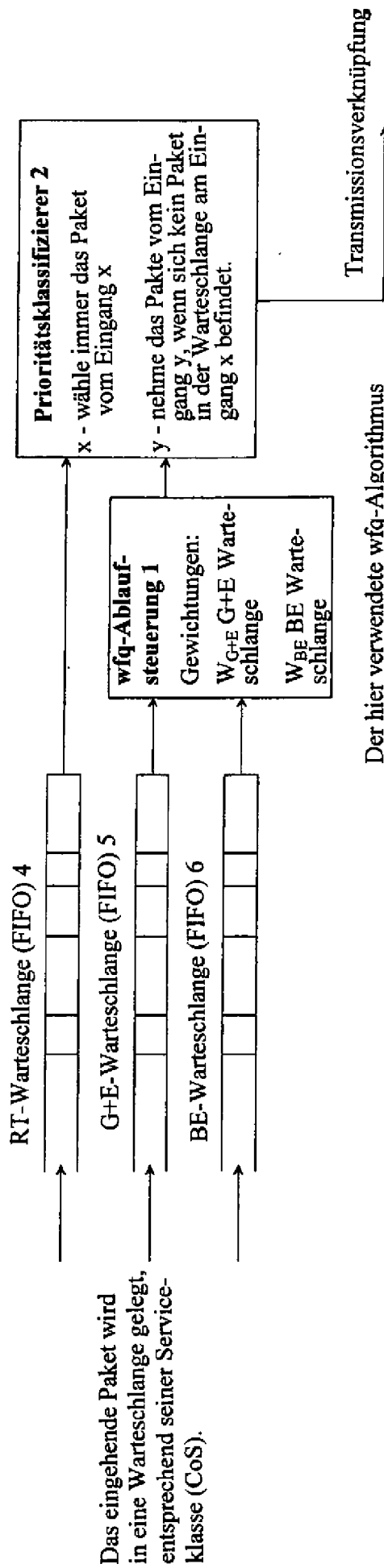
Anhängende Zeichnungen



Das eingehende Paket wird in eine Warteschlange gelegt, entsprechend seiner Serviceklasse (CoS).

Der hier verwendete wfq-Algorithmus kann z.B. die SFQ-Regel (Start-time Fair-Queuing) sein, die in Referenz [1] beschrieben ist.

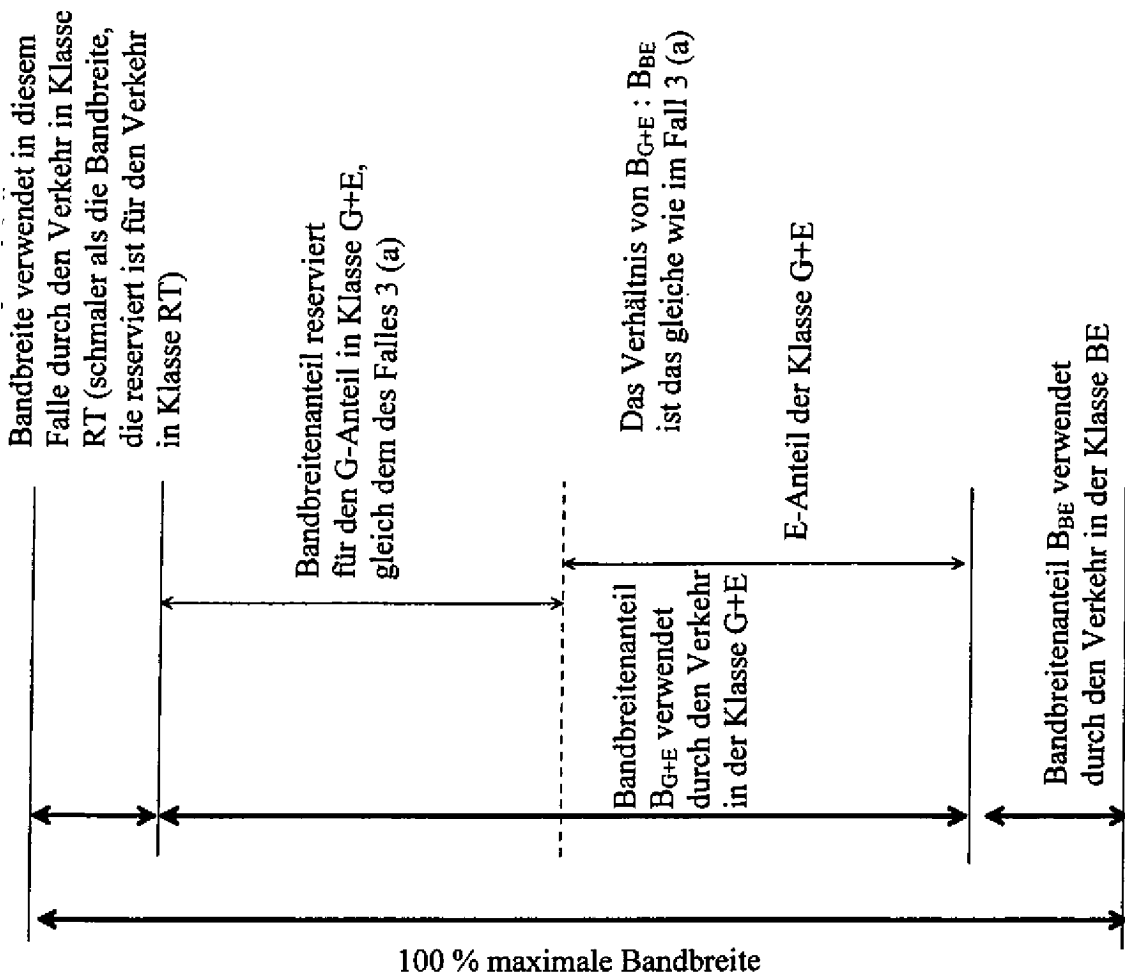
Fig. 1



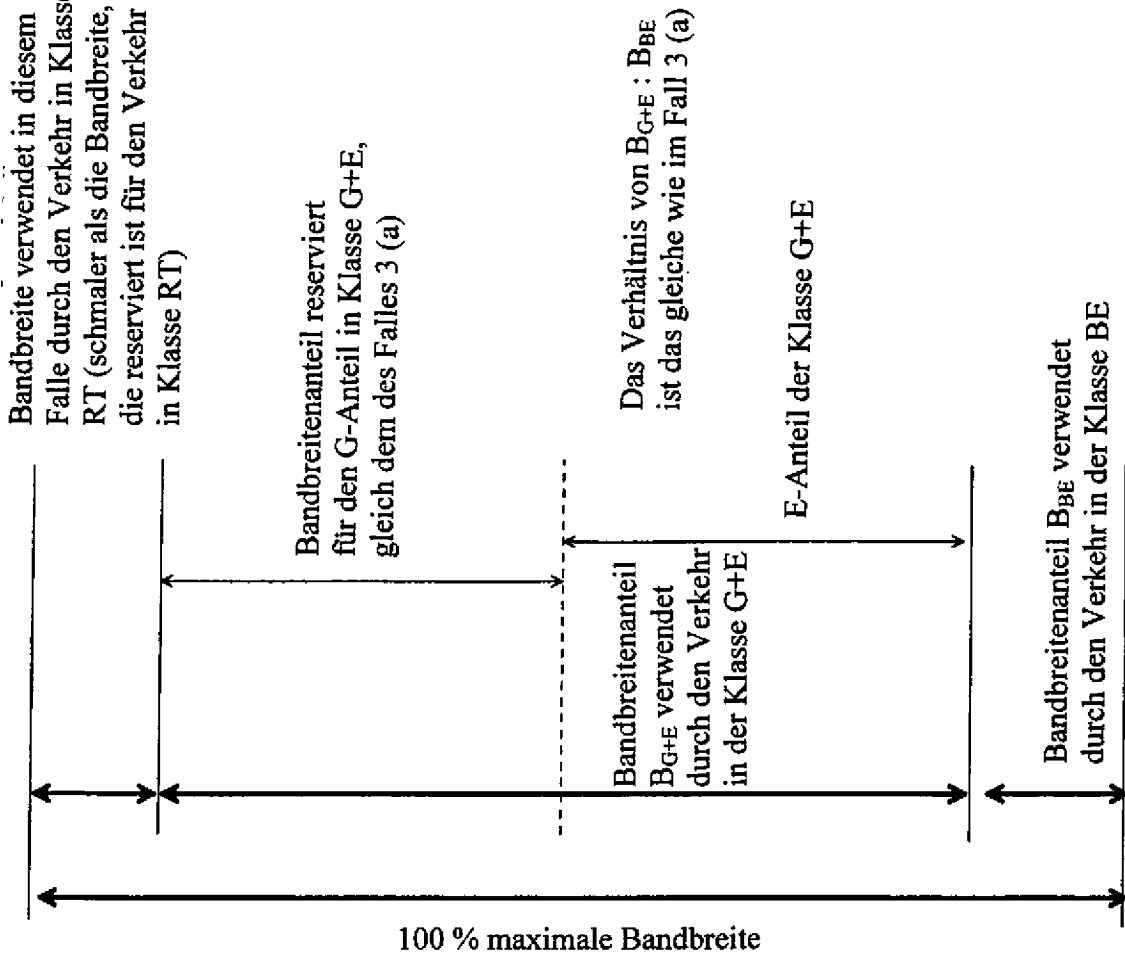
Das eingehende Paket wird in eine Warteschlange gelegt, entsprechend seiner Serviceklasse (CoS).

Der hier verwendete wfq-Algorithmus kann z.B. die SFQ-Regel (Start-time Fair-Queuing) sein, die in Referenz [1] beschrieben ist.

Fig. 2

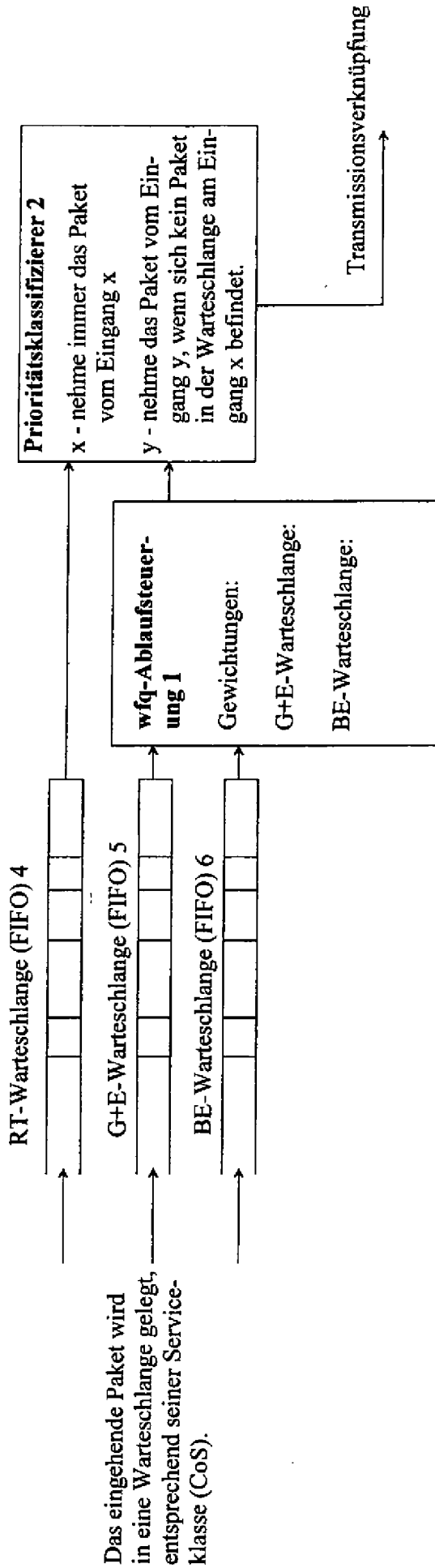


Exemplarischer Fall (a)



Exemplarischer Fall (b)

Fig. 3



Der hier verwendete wfq-Algorithmus kann z.B. die in Referenz [1] verwendete SFQ-Regel (Start-time Fair Queuing) sein. Die Gewichtung wird festgelegt basierend auf den Variablen q und p, wobei die Variable q abhängt von der Serviceklasse (G+E oder BE) und die Variable p entsprechend von der Verteilung der Pakete in unterschiedliche Untergruppen.

Fig. 4