



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 36 312 T2** 2008.06.05

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 327 335 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 36 312.0**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/GB00/03790**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 964 488.1**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2002/030065**

(86) PCT-Anmeldetag: **03.10.2000**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **11.04.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **16.07.2003**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **05.09.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **05.06.2008**

(51) Int Cl.⁸: **H04L 12/56** (2006.01)
H04Q 11/04 (2006.01)

(73) Patentinhaber:

U4EA Technologies Ltd., London, GB

(74) Vertreter:

Samson & Partner, Patentanwälte, 80538 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:

**DAVIES, Neil James, Bristol BS41 9HR, GB;
THOMPSON, Peter William, Bristol BS8 2TY, GB;
HOLYER, Judith Yvonne, Bristol BS8 4YB, GB;
LAFAVE, Laura Anne, Bristol BS8 4TT, GB;
VOWDEN, Christopher James, Bristol BS4 4QA,
GB; WILLMOTT, Graham, Bristol BS5 9HS, GB**

(54) Bezeichnung: **SETZEN VON PRIORITÄTEN FÜR DATEN MIT FLUSSSTEUERUNG**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

VERWEIS AUF VERWANDTE ANMELDUNGEN

[0001] Diese Anmeldung ist mit den Patent-Veröffentlichungsnummern WO 02/30060, WO 02/30064, WO 02/30066, WO 02/30062, WO 02/30061 und WO 02/30063 verwandt, die gleichzeitig mit dieser Anmeldung am 3. Oktober 2000 eingereicht wurden.

GEBIET DER ERFINDUNG

[0002] Die vorliegende Erfindung betrifft im Allgemeinen die Übertragung von digitalen Paketen bei Telekommunikationssystemen, und im besonderen, aber nicht ausschließlich, die Behandlung von Konkurrenzsituationen innerhalb und zwischen Paketströmen in Speicher-Vermittlungsnetzwerken (store and forward networks).

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0003] Es gibt viele Techniken zum Steuern von digitalen Paket-Informationsflüssen. Einige solcher Techniken umfassen das Bereitstellen einer bestimmten Servicequalität für verschiedene Verkehrstypen. Es gibt eine Anzahl allgemeiner Anforderungen, die mit dem Sicherstellen von Servicequalitätsniveaus zusammenhängen. Wo eine Qualitätsunterscheidung für mehr als einen Strom vorgesehen ist, ist es notwendig, das individuelle und gemeinsame Einhalten von verschiedenen Qualitätsanforderungen für die verschiedenen Paketströme innerhalb der Grenze der verfügbaren, begrenzten Qualität zu garantieren. Um Unterscheidungsebenen von Verlust und Verzögerung sowie Durchsatz bereitzustellen, muß die Quantität der Eingangsdaten und ihr zeitliches Muster begrenzt sein. Die Quantität der bedienten Eingangsdaten, d.h. der Datendurchsatz, ist als Langzeitmanagement bekannt. Das Steuern des zeitlichen Datenmusters ist als Kurzzeitmanagement bekannt. Der Verkehr in bestimmten Strömen muß auch vor den logischen Folgen von Burstiness in anderen Strömen geschützt werden. Beispielsweise müssen einzelne Verkehrsströme vor den Effekten von Protokollen wie TOP, das dazu ausgelegt ist, so viel Bandbreite wie möglich ohne Rücksicht auf andere Ströme zu verwenden, und vor bösartigen Absichten oder Fehlern bei den Endgeräten des Netzwerks geschützt werden. Es ist auch notwendig, das Verschachteln einzelner Ströme innerhalb der Grenzen der verfügbaren Ressourcen zu steuern.

[0004] Das Management der Servicequalität ist am Rand oder einer Kante eines Netzwerks besonders schwierig, da Geräte hier nicht der Steuerung des zentralen Netzwerk-Administrators unterliegen. Das Benehmen dieser Geräte kann daher nicht vorausgesetzt oder vorausgesagt werden. Die ständig anwachsende Diversität bei Anwendungen, Verkehr

und Konvergenz verkompliziert das Management der Servicequalität ebenfalls. Unterschiedlicher Verkehr hat unterschiedliche Servicequalitätsanforderungen, und die Folgen von Verzögerung und/oder Verlust unterscheidet sich für verschiedenen Verkehr gemäß der ihnen von einer Anwendung auferlegten Interpretation.

[0005] Die Möglichkeit des Replizierens von Netzwerkgeräten, um eine physikalische Trennung und eine separate Verarbeitung von Verkehr mit unterschiedlichen Qualitätsanforderungen zu ermöglichen, ist unpraktisch, da die Implementierung von Netzwerkgeräten teuer ist. Aus diesem Grund ist es wünschenswert, die Servicequalität von verschiedenem Verkehr unter Verwendung eines einzelnen Netzwerkgeräts zu handhaben.

[0006] Momentan gibt es einen Trend hin zum Ausbilden von Verkehrsmustern als Muster konstanter Bitrate, mit dem Ziel einer erhöhten Vorhersagbarkeit. Dies ist eine deterministische Steuerung, die sich auf eine Verbesserung der Verlustcharakteristika und der Effizienz eines Netzwerks konzentriert. Jedoch haben solche Techniken den Nachteil, daß eine Qualitätszusicherung beim Vorhandensein einer "Überbuchung" das globale Gesamtwissen über das Verhalten der Quellen im Netzwerk, wie beispielsweise ihre An-/Auszeiten, ihre relative Phase und die Effekte ihrer vergangenen Geschichte auf den Netzwerkzustand, erfordert.

[0007] Um unter allen Belastungsbedingungen Qualität zu gewährleisten, muß ein Wettbewerb zwischen den einzelnen Strömen und ihren zugehörigen Qualitäten stattfinden. Wenn die Ausgangsschnittstelle mit einer festen Rate (beispielsweise 10 Mb Ethernet) arbeitet und der Weiterleitungspfad mit einer niedrigeren Rate arbeitet, verursacht das Übertragen von Paketen mit der Ausgangsschnittstellenrate das Auftreten von Konkurrenzsituationen an einem darauffolgenden Flaschenhals, an dem diese unter Umständen nicht korrekt gehandhabt werden können.

[0008] Chao H J et al., "Queue Management with Multiple Delay and Loss Priorities for ATM Switches", International Conference on Communications (ICC), US, New York, IEEE, Band - 1, Mai 1994 (1994-05-01), Seiten 1184-1189, XP 000438688, offenbart einen Warteschlangenmanager in ATM-Netzwerkknotten, der die ausgehenden und verwerfenden Folgen von ATM-Zellen basierend auf ihren Verlust- und Verzögerungsprioritäten festlegen wird.

[0009] Es ist daher ein Ziel der vorliegenden Erfindung, eine verbesserte Technik zum Steuern eines Informationsflusses in einem Datenübertragungssystem bereitzustellen, die eine Verbesserung der Steuerung der Servicequalitätsanforderungen für ver-

schiedene Verkehrstypen ermöglicht.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0010] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Steuern eines Informationsflusses in einem Datenübertragungssystem bereitgestellt, umfassend: Empfangen einer Vielzahl von Datenpaketen; Zuweisen einer Prioritätsstufe für jedes Paket, wobei die Prioritätsstufe eine Verlustklasse für das Paket und eine Service-Dringlichkeitsklasse für das Paket umfaßt; und Bedienen der Datenpakete in Abhängigkeit von ihren Prioritätsstufen, dadurch gekennzeichnet, daß die Datenpakete mit einer konfigurierten Rate ausgegeben werden, wobei geeignete Lücken zwischen übertragenen Paketen eingehalten werden, um sicherzustellen, daß die konfigurierte Rate eine maximale Rate, bei der die Datenpakete ausgegeben werden können, langfristig nicht übersteigt.

[0011] Daher stellt die vorliegende Erfindung eine Technik zum Begrenzen der Verwendung der Ausgangsschnittstellen-Bandbreite auf ein ausreichendes Ausmaß bereit, so dass Wettbewerb erzwungen wird und die Konkurrenzsituationen an einem Punkt im Netzwerk auftreten, an dem sie einfach gehandhabt werden können.

[0012] Das Verfahren kann außerdem den Schritt des selektiven Verwerfens der Vielzahl empfangener Datenpakete und/oder das selektive zeitliche Verschieben der Vielzahl empfangener Datenpakete umfassen. Das Verfahren kann außerdem den Schritt des selektiven Verwerfens der Ausgangsdatenpakete und/oder des selektiven zeitlichen Verschiebens der Ausgangsdatenpakete umfassen. Die empfangenen Pakete können selektiv in eine Warteschlange aufgenommen werden. Die Wahrscheinlichkeit der Aufnahme eines Pakets in eine Warteschlange kann abhängig von der Länge der Warteschlange sein. Die vorliegende Erfindung stellt außerdem eine Steuerung zum Steuern eines Informationsflusses in einem Datenübertragungssystem bereit, umfassend: Eingangsmittel zum Empfangen einer Vielzahl von Datenpaketen; Prioritätsmittel zum Zuweisen einer Prioritätsstufe an jedes Paket, wobei die Prioritätsstufe eine Verlustklasse für das Paket und eine Service-Dringlichkeitsklasse für das Paket umfaßt; Servicemittel zum Abfertigen des Datenpakets in Abhängigkeit von seiner Prioritätsstufe; dadurch gekennzeichnet, daß sie außerdem einen Ratenbegrenzer zum Ausgeben der Datenpakete mit einer konfigurierten Rate umfaßt, wobei geeignete Lücken zwischen übertragenen Paketen eingehalten werden, um sicherzustellen, daß die konfigurierte Rate eine maximale Rate, bei der die Datenpakete ausgegeben werden können, langfristig nicht übersteigt.

[0013] Die Steuerung kann außerdem Mittel zum

selektiven Verwerfen der Vielzahl empfangener Datenpakete und/oder zum selektiven zeitlichen Verschieben der empfangenen Datenpakete umfassen. Die Steuerung kann außerdem Mittel zum selektiven Verwerfen der Ausgangsdatenpakete und/oder zum selektiven zeitlichen Verschieben der Ausgangsdatenpakete umfassen.

[0014] Diese Mittel können vorzugsweise einen Überwacher/Former (policer/shaper) umfassen. Die Mittel können vorzugsweise eine Vielzahl von Überwachern/Formern umfassen.

KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0015] Die Erfindung wird am besten durch Beispiele in Bezug auf die beigefügten Figuren ersichtlich, in denen:

[0016] [Fig. 1](#) ein Blockdiagramm der Architektur eines Multiplexers gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung zeigt;

[0017] [Fig. 2](#) das Prinzip des Einreihens gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung zeigt;

[0018] [Fig. 3](#) das Prinzip des Zuweisens von Prioritätsstufen gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung zeigt;

[0019] [Fig. 4](#) das Prinzip des stochastischen Bedienens von Paketen gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung zeigt;

[0020] [Fig. 5](#) das Prinzip einer konzeptuellen Paketlänge gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung zeigt.

[0021] [Fig. 6\(a\)](#) und [6\(b\)](#) zeigen das Prinzip kaskadierter Former/Überwacher gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung;

[0022] [Fig. 7](#) zeigt das Prinzip des Definierens einer transportierten Last in Abhängigkeit einer angebotenen Last in einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0023] [Fig. 8](#) zeigt eine beispielhafte Ausführungsform eines Überwachers/Formers zum Implementieren der vorliegenden Erfindung;

[0024] [Fig. 9](#) zeigt eine beispielhafte Ausführungsform eines Bewertungs-/Dringlichkeits-Multiplexers (Cherish/Urgency Multiplexor) zum Implementieren der vorliegenden Erfindung;

[0025] [Fig. 10](#) zeigt das Lastprofil für eine beispielhafte Überwacher/Former-Implementierung.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORM

[0026] In Bezug auf [Fig. 1](#) ist ein Diagramm dargestellt, welches die Architektur eines einfachen Multiplexers zeigt, in Bezug auf den die Funktionsweise der vorliegenden Erfindung hierin beschrieben wird. Es sollte berücksichtigt werden, daß die Anwendung der vorliegenden Erfindung nicht auf die spezifische in [Fig. 1](#) gezeigte Architektur begrenzt ist, und der Fachmann wird nach dem Lesen der folgenden Beschreibung die allgemeine Anwendbarkeit der vorliegenden Erfindung schätzen. Der beispielhafte Multiplexer **100** aus [Fig. 1](#) multiplext Datenströme in einem paketbasierten Netzwerk, wie unten detaillierter beschrieben werden wird.

[0027] Der beispielhafte, allgemein durch Bezugszeichen **100** bezeichnete Multiplexer umfaßt eine Eingangsschnittstelle **100**, einen Stromidentifizierer **102**, eine Vielzahl von Überwachern/Formern **104**, einen Bewertungs-/Dringlichkeits-Multiplexer **106**, einen Ratenbegrenzer **108**, eine Ausgangsschnittstelle **110**, einen Warteschlangenspeicher **112** und einen Warteschlangenspeichermanager **114**.

[0028] Der Multiplexer **100** empfängt auf Leitungen **160** einen Informationsfluß als Eingabe. Der Informationsfluß umfaßt Pakete, die zu einer Vielzahl verschiedener Datenverkehrstypen gehören können. Die Pakete können parallel oder seriell empfangen werden. Der Eingang auf Leitung **116** kann parallele Informationsflüsse empfangen. Der Eingangsdatenstrom **116** kann Pakete enthalten, die zu einer Vielzahl verschiedener Verkehrstypen gehören. Für die Zwecke des beschriebenen Beispiels wird angenommen, daß der Datenstrom einen Voice-over-IP-Strom, einen Blockdatenübertragungsstrom und einen Telnet-Verkehrsstrom umfaßt.

[0029] Die Eingangsschnittstelle **100** stellt die grundlegende Funktionalität bereit, die zum Empfangen von von einem externen System oder Gerät mittels eines Übertragungsmediums übertragenen Datenpaketen notwendig ist. Die Eingangsschnittstelle **100** empfängt Pakete aus dem Eingangsdatenstrom **116** und leitet die empfangenen Pakete vorzugsweise parallel auf Leitungen **118** sowohl an den Stromidentifizierer **102** als auch den Warteschlangenspeichermanager **114** weiter. Die Eingangsschnittstelle muß eine Funktionalität aufweisen, die passend für das spezielle externe System oder Gerät ist, von dem Pakete im Eingangsdatenstrom **116** ausgehen. Die Eingangsschnittstelle ist nicht direkt für irgendeine mit dem Qualitätsmanagement des Datenstroms gemäß der vorliegenden Erfindung zusammenhängende Verarbeitung verantwortlich. Die Eingangsschnittstelle kann einige grundlegende Funktionalitäten haben, um eine anfängliche Überprüfung von im Eingangsdatenstrom empfangenen Paketen durchzu-

führen. Wenn beispielsweise ein unbrauchbares Paket empfangen wird, kann die Eingangsschnittstelle das Paket verwerfen.

[0030] Der Aufbau der Eingangsschnittstelle ist implementierungsabhängig. Die grundlegende Funktionalität der Eingangsschnittstelle, die zum Durchführen von gewünschten Funktionen erforderlich ist, wird dem Fachmann klar sein.

[0031] Der Warteschlangenspeichermanager **114** ist für das Handhaben eines Satzes von Warteschlangen und eines Paketspeicherbereichs verantwortlich. Der Warteschlangenspeichermanager **114** empfängt Pakete von der Eingangsschnittstelle **100**. Bei der Ankunft eines Pakets weist der Warteschlangenspeichermanager dem Paket eine eindeutige Kennung zu und sendet die Kennung für das Paket auf Leitung **140** an den Stromidentifizierer **102**. Der Warteschlangenspeichermanager speichert das Paket zusätzlich in einem temporären Paketbuffer. Der Warteschlangenspeichermanager teilt dem Paket auch einen Referenzzähler zu und initialisiert den Referenzzähler für dieses Paket auf Null. Wie unten weiter beschrieben wird, wird der Referenzzähler vom Warteschlangenspeichermanager verwendet, um festzustellen, ob das zum Referenzzähler gehörige Paket immer noch vom Multiplexer **100** verarbeitet wird, oder ob es aus dem Warteschlangenspeicher **112** entfernt (oder von Anfang an nicht hineingeschrieben) werden soll.

[0032] Die Paketkennung ist eine Kennung, welche ein Paket eindeutig identifiziert. Die Paketkennung identifiziert das Paket eindeutig zum Zweck des Speicherns der Paketkennung im Warteschlangenspeicher **112**, wie unten weiter beschrieben wird, und des Unterscheidens jedes Pakets von anderen Paketen im Speicher. In einer einfachen Implementierung ist die Paketkennung eine Zahl, wobei jedem Paket als Paketkennung die nächste folgende Zahl zugewiesen wird. Alternativ kann die Paketkennung aus eindeutiger Information aus dem Paketheader zusammengesetzt sein. Bei Systemen mit variabler Paketgröße kann die Länge des Pakets in die Paketkennung eingeschlossen werden.

[0033] Auch der Stromidentifizierer **102** empfängt die Pakete von der Eingangsschnittstelle auf Leitung **118**, und die Paketkennung für jedes Paket vom Warteschlangenspeichermanager **114** auf Leitung **140**. Der Stromidentifizierer **102** ist für die Feststellung verantwortlich, zu welchem Strom jedes Paket gehört. Daher wird der Stromidentifizierer beispielsweise entscheiden, ob ein bestimmtes Paket zu einem Voice-over-IP-Strom, einem Blockdatenübertragungsstrom oder einem Telnet-Verkehrsstrom gehört. Entsprechend dem Strom, zu dem die spezielle empfangene Paketkennung gehört, leitet der Stromidentifizierer die Paketkennung für dieses Paket an ei-

nen der Überwacher/Former **104** für die weitere Verarbeitung weiter.

[0034] Wie aus der folgenden Beschreibung ersichtlich werden wird, basiert der Rest der Verarbeitung auf der Paketkennung und nicht auf dem Paket. Die Paketkennung bietet vorteilhafterweise eine effiziente Darstellung des Pakets. Wie im Folgenden beschrieben werden wird, stellen der Warteschlangenspeicher und die Paketkennungen sicher, daß die ursprüngliche Position jedes einzelnen Pakets in der Folge bei dem Multiplexvorgang nicht verloren geht.

[0035] Die Überwacher/Former **104** sind eine operative Variante einer FIFO-Warteschlange, in der eine mit dem Eingeben und dem Entfernen von Elementen aus der Warteschlange verbundene, ergänzende Verarbeitung stattfindet. Solche FIFO-Warteschlangen sind wohlbekannt, und ihre Implementierung liegt im Wissensbereich des Fachmanns. Die Konfiguration der Überwacher/Former ist implementierungsabhängig.

[0036] In dem einfachen, in [Fig. 1](#) gezeigten Beispiel wird angenommen, daß ein Überwacher/Former jedem der verschiedenen empfangenen Verkehrsstromtypen zugeteilt ist. Daher ist beispielsweise der Überwacher/Former **104a** dem Voice-over-IP-Verkehr zugewiesen, der Überwacher/Former **104b** dem Blockdatenübertragungsverkehr, und der Überwacher/Former **104c** dem Ternet-Verkehr. Der Überwacher/Former **104d** ist in [Fig. 1](#) gezeigt, um ein Mittel zum Managen von zu anderen als den von den Überwachern/Formern **104a** bis **104c** verarbeiteten Strömen gehörenden Paketen darzustellen. Daher leitet der Stromidentifizierer **102** zu Voice-over-IP-Paketen gehörige Paketkennungen auf Leitung **120a** an den Überwacher/Former **104a** weiter, zu Blockdatenübertragungspaketen gehörige Paketkennungen auf Leitung **120b** an den Überwacher/Former **104b** und zu Ternet-Verkehrspaketen gehörige Paketkennungen auf Leitung **120c** an den Überwacher/Former **104c**.

[0037] Im Fall von Multicasting oder anderen Wiederholung erfordernden Diensten (z.B. Monitoring) kann der Stromidentifizierer **102** Paketkennungen an mehr als einen Überwacher/Former **104** weiterleiten.

[0038] Es ist zu beachten, daß der Stromidentifizierer **102** keine Pakete für eine weitere Verarbeitung innerhalb des Multiplexers **100** weiterleitet. Stattdessen leitet der Stromidentifizierer die den Paketen zugeordneten Paketkennungen für die weitere Verarbeitung im Multiplexer **100** weiter.

[0039] Die Überwacher/Former **104** sind für die Zuteilung von Qualitätsklassifikationen an die Pakete innerhalb eines Stroms und für die Qualitätskontrolle des Stroms sowohl kurzfristig als auch langfristig

durch selektives Verwerfen von Paketkennungen im Strom und selektives zeitliches Verschieben von Paketen im Strom verantwortlich.

[0040] Eine Funktion von Überwachern/Formern ist das Abfertigen von Paketen unter Verwendung der entsprechenden Paketkennungen mit einer variablen Servicerate. Als Ergebnis sind die einen Überwacher/Former verlassenden Paketkennungen variabel beabstandet, vorzugsweise mit einem zufälligen oder pseudozufälligen Abstand. Das zufällige Beabstandeten der Pakete stellt sicher, daß der am wenigsten dringliche Verkehr letztendlich durch den Bewertungs-/Dringlichkeits-Multiplexer **106** abgefertigt (serviced) wird. Der variable Abstand der Pakete am Ausgang des Überwachers/Formers **104** verringert die Kohärenz zwischen Strömen von unabhängigen Quellen. Das Erzeugen von unabhängigen zeitlichen Mustern zwischen Strömen erhöht die Fairness der Bewertungs-/Dringlichkeits-Multiplexer-Entscheidungsprozesse. Die den Paketkennungen in den Überwachern/Formern zugewiesenen Bewertungs-/Dringlichkeits-Klassifikationen stellen selbstständig nicht unbedingte Fairness sicher.

[0041] Beispielsweise hängt die Verzögerung, der ein Paket mit zugehöriger niedriger Dringlichkeitsstufe ausgesetzt ist, vom zeitlichen Muster der dringlicheren Verkehrsströme ab. Wenn zwei Ströme mit unterschiedlichen Bewertungs-/Dringlichkeits-Stufen zeitlich kohärent sind, können die höher eingeschätzten Pakete das Rennen um den Eintritt in den Bewertungs-/Dringlichkeits-Multiplexer **106** immer "gewinnen", und/oder die dringlicheren Daten werden immer zuerst übertragen werden. Dies wird statistisch weniger wahrscheinlich, wenn die Ströme variabel beabstandete Pakete aufweisen.

[0042] In Bezug auf [Fig. 4](#) sind zwei der Überwacher/Former **104a** und **104b** aus [Fig. 1](#) mit Beispielen von Datenpaketströmen an ihren Eingängen und Ausgängen dargestellt. Der Überwacher/Former **104a** empfängt Pakete **200** mit einem konstanten Abstand t auf seiner Eingangsleitung **120a**. Der Überwacher/Former **104b** empfängt Paketkennungen **202** mit einem konstanten Abstand t auf seiner Eingangsleitung **120b**. Der Überwacher/Former **104a** fertigt die Paketkennungen in seiner Warteschlange ab, so daß die Pakete **200a**, **200b** und **200c** auf seiner Ausgangsleitung **122a** mit einem variablen Abstand dazwischen erzeugt werden. Gleichermaßen ergibt das Abfertigen der Paketkennungen durch den Überwacher/Former **104b** Paketkennungen **202a**, **202b** und **202c** auf seiner Ausgangsleitung **122b** mit einem variablen Abstand.

[0043] Eine zweite Funktion der Überwacher/Former ist das Begrenzen des Verkehrsvolumens eines Stroms, was durch das selektive Verwerfen von Paketen erreicht wird. Die Natur der Überwachungsstra-

ategie ist in Bezug auf ein Belastungsprofil spezifiziert, das (wenigstens) eine Funktion der angebotenen Last (d.h. der Ankunftsrate der Pakete eines Stroms) ist. Daher, und vorteilhafterweise, können unterschiedliche Charakteristika für verschiedene Laststufen definiert sein. Das heißt, die Qualität kann herunter- oder heraufgestuft werden, wenn die Ankunftsrate sich erhöht. Die Transportcharakteristika können daher so eingestellt werden, daß sie besser zu den Anwendungsanforderungen passen und die Effekte einer abnormalen angebotenen Last, beispielsweise Denial-of-Service-Angriffe, vermeiden. In Bezug auf [Fig. 7](#) ist das Prinzip des Definierens von Transportcharakteristika in Bezug auf die angebotene Last gezeigt.

[0044] In [Fig. 7](#) zeigt die X-Achse die angebotene Last, und die Y-Achse zeigt die Last, die tatsächlich übertragen wird. Wie in [Fig. 7](#) ersichtlich, gibt es zwei Schwellenniveaus: ein niedrigeres Schwellenniveau **250**; und ein höheres Schwellenniveau **252**. Wenn die angebotene Last das Schwellenniveau **252** nicht übersteigt, dann kann die angebotene Last innerhalb konfigurierter Garantien übertragen werden. Wenn die angebotene Last das Schwellenniveau **252** übersteigt, dann kann das Übertragen der angebotenen Last nicht garantiert werden. Das niedrigere Schwellenniveau **250** stellt die minimale übertragene Last dar, unabhängig davon, wie hoch die angebotene Last wird.

[0045] Wiederum in Bezug auf [Fig. 7](#), wird daher die übertragene Last so eingestellt, daß sie reduziert wird, wenn die angebotene Last das obere Schwellenniveau **252** und Punkt **254** erreicht. Mit Anstieg der angebotenen Last verringert sich die übertragene Last kontinuierlich bis zu dem Punkt, an dem sie sich stabilisiert und beim niedrigeren Schwellenniveau **250** einpendelt.

[0046] Daher wird die Paket-Verwerfungsrate durch die angebotene Last festgesetzt. Das obere Schwellenniveau definiert ein Niveau, auf dem das selektive Verwerfen von Paketen getriggert wird. Pakete werden vorzugsweise basierend auf einer momentanen Approximation (instantaneous approximation) der angebotenen Last verworfen. Pakete können wahr-scheinlichkeitstheoretisch basierend auf einer momentanen Approximation der angebotenen Last verworfen werden. Wenn die angebotene Last eine übertragene Last ergibt, welche das obere Schwellenniveau überschreitet, wird die übertragene Last durch selektives Verwerfen von Paketen unter das obere Schwellenniveau reduziert.

[0047] Wenn sie reduziert wird, wird die übertragene Last vorzugsweise auf ein Niveau über dem unteren Schwellenniveau reduziert. Die Verringerung der übertragenen Last ist umso größer, je größer die angebotene Last ist. Die übertragene Last wird außer-

dem in Reaktion auf einen Anstieg der angebotenen Last reduziert.

[0048] Ein Überwacher/Former erreicht ein gewünschtes Lastprofil durch selektives Verwerfen von Paketen. Pakete werden vorzugsweise basierend auf einer momentanen Annäherung der angebotenen Last verworfen. In Bezug auf [Fig. 10](#) ist ein Lastprofil für eine beispielhafte Implementierung eines Überwachers/Formers dargestellt. [Fig. 10](#) zeigt ein Lastprofil für einen beispielhaften Überwacher/Former, der als eine Warteschlange mit 10 Buffern und stochastischen Servicezeiten, die aus einer exponentiellen Verteilung mit Ratenparametern $\lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_9 = 1,3234$, $\lambda_{10} = 0,5$ abgefragt werden, implementiert ist. Die Funktion stellt ein Lastprofil für einen Überwacher/Former dar, der als eine Warteschlange mit 10 Buffern mit Servicezeiten implementiert ist, die aus einer exponentiellen Verteilung mit von der Anzahl eingereicherter Pakete abhängigen Ratenparametern abgefragt wird. Eine Beschreibung einer solchen Implementierung wird in einem folgenden Beispiel gegeben. Die Serviceratenparameter sind $\lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_9 = 1,3234$, $\lambda_{10} = 0,5$, wobei die numerischen Werte für die Serviceraten und die angebotene und übertragene Last so skaliert sind, daß das obere Schwellenniveau den Wert 1 annimmt. Das in [Fig. 10](#) dargestellte Lastprofil zeigt die durchschnittliche übertragene Last, wenn der ankommende Verkehr ein Poisson-Muster aufweist. Die Anwendung von standardmäßigen Warteschlangentheorieergebnissen erlaubt das Ermitteln der erwarteten Verlustrate.

[0049] Eine dritte Funktion der Überwacher/Former **104** ist das Zuweisen von Bewertungs- und Dringlichkeitsklassifikationen an die in ihren Warteschlangen enthaltenen Paketkennungen. Durch Zuteilen solcher Klassifikationen an die Paketkennungen werden die Pakete selbst inhärent derselben Klassifikation zugeteilt. Das Prinzip von Bewertungs- und Dringlichkeitsstufen wird in der internationalen Patentoffenlegungsschrift Nr. WO 00/65783 diskutiert. Eine Bewertungsstufe zeigt eine Verlustklasse oder -stufe für ein Paket an. Die Verlustklasse zeigt die Tendenz an, mit der das Paket verworfen wird. Eine Dringlichkeitsstufe zeigt das Dringlichkeitsniveau an, mit dem ein Paket verarbeitet werden sollte.

[0050] Die Dringlichkeits- und Bewertungsstufen können in ihrer Kombination herangezogen werden, um eine Prioritätsstufe für ein Paket zu bilden. Daher hat eine Prioritätsstufe in diesem Zusammenhang zwei Komponenten.

[0051] Wie oben diskutiert, werden in diesem beispielhaften Überwacher/Former Transportcharakteristika für einen Strom, einschließlich der Zuteilung von Bewertungs- und Dringlichkeitsniveaus, basierend auf der angebotenen Last festgelegt. Die Bewertungs- und Dringlichkeitsklassifikationen werden

den Paketkennungen vorteilhafterweise gleichzeitig basierend auf einer Funktion des aktuellen Zustands der Warteschlange zugeteilt, wenn die Klassifikation berechnet wird. Die Wahrscheinlichkeit, sich in einem bestimmten Zustand zu befinden, ist eine Funktion der angebotenen Last. Diese Klassifizierungsfunktion ist konfigurierbar und kann ohne Beschränkung gewählt werden. Beispielsweise kann ein vorgegebener Überwacher/Former so konfiguriert werden, daß er eine von zwei Klassifikationen basierend auf einer wahrscheinlichkeitstheoretischen Wahl an Pakete zuweist. Die verwendete Klassifizierungswahrscheinlichkeit kann mit der Länge der Warteschlange zusammenhängen. Das bedeutet, dass eine solche Konfiguration so ausgelegt sein kann, dass sie Paketen höhere Klassifikationen mit einer höheren Wahrscheinlichkeit zuweisen kann, wenn die angebotene Last gering ist.

[0052] Die Klassifizierung eines Pakets legt den maximalen Verlust und die maximale Verzögerung fest, dem bzw. der es höchstwahrscheinlich ausgesetzt sein wird, wenn es mit anderen Strömen am Ausgang der Überwacher/Former multiplext wird, wie unten detaillierter beschrieben wird. Dies ist ein von dem Verlust und der Verzögerung, die das Paket im Überwacher/Former selbst erfahren kann, getrenntes Konzept. Der von einem Paket im Überwacher/Former erlittene Verlust hängt von der aktuellen Ankunftsrate des Stroms und der Länge der Warteschlange ab. Die Verzögerung wird von den konfigurierten Serviceraten und der Länge der Warteschlange festgelegt.

[0053] Jeder der Überwacher/Former **104** ist vorzugsweise unter Verwendung einer Warteschlange mit einer variablen Servicerate ausgeführt. Wenn ein Überwacher/Former **104** eine Paketkennung empfängt, stellt er fest, ob die Paketkennung in seiner internen Warteschlange gespeichert oder verworfen werden sollte. Die Steuerung der Aufnahme einer Paketkennung in eine Warteschlange des Überwachers/Formers wird unten weiter diskutiert.

[0054] Im Folgenden wird zunächst die Operation diskutiert, durch die Pakete von Überwachern/Formern **104** zugelassen oder verworfen werden. Zum Zweck dieser Diskussion wird ein Beispiel eines Überwachers/Formers herangezogen, der ein Warteschlangensystem mit einer Warteschlangenlänge von 4 verwendet, wie in [Fig. 2](#) dargestellt. Jeder Zustand in [Fig. 2](#) ist mit der Länge der Warteschlange in diesem Zustand beschriftet. Die Servicezeiten in jedem Zustand werden durch Abtasten einer exponentiellen Verteilung mit einem Ratenparameter μ erhalten. Die Servicezeiten legen die konzeptuelle Servicerate für das Paket fest. Zwei verschiedene Serviceraten werden in dem in [Fig. 2](#) gezeigten Beispiel verwendet. Wenn sich die Warteschlange im Zustand 1 befindet (d.h., die Warteschlange hat nur ein Paket),

dann legt μ_1 die Servicerate für das Paket am Anfang der Warteschlange fest. Wenn die Warteschlange länger ist, z.B. im Zustand 3, würde die Servicerate μ_2 verwendet werden. Diese beispielhafte Ausführungsform des Überwachers/Formers weist auch willkürliche Verwerfungswahrscheinlichkeiten auf, die zu jedem Zustand gehören. Das heißt, bei der Ankunft besteht eine Wahrscheinlichkeit, daß die Paketkennung willkürlich verworfen wird. In diesem Beispiel hängt die Wahrscheinlichkeit dieses Ereignisses vom Zustand der Warteschlange ab, wenn die Paketkennung ankommt. Der Betrieb eines Überwachers/Formers wird nun in Bezug auf den Zustand der Warteschlange bei Ankunft der Paketkennung beschrieben.

[0055] In einem ersten Fall wird angenommen, daß die Warteschlange zu der Zeit, zu der die Paketkennung ankommt, voll ist. In einem solchen Fall ist die Wahrscheinlichkeit des Einreihens der Paketkennung in die Warteschlange gleich Null. Das heißt nicht notwendigerweise, daß das Paket automatisch verworfen wird, da das Paket an mehr als einen der verfügbaren Überwacher/Former gesendet worden sein könnte. In einem solchen Fall leitet der Überwacher/Former **104** einen Befehl an seine jeweilige Leitung **138** weiter, den Referenzzähler für das zu einer bestimmten Kennung gehörige Paket zu dekrementieren. Der Warteschlangenspeichermanager wird dann das durch die Paketkennung bezeichnete Paket verwerfen, wenn sein Referenzzähler Null oder weniger ist.

[0056] In einem zweiten Fall ist die Warteschlange zur Ankunftszeit einer Paketkennung am Überwacher/Former **104** fast voll. Es wird zum Beispiel angenommen, daß sich die Warteschlange im Zustand 3 befindet. Im Zustand 3 besteht eine 30%-ige Chance, daß die Paketkennung nicht in die Warteschlange eingereiht wird. Wenn die Paketkennung aufgenommen wird, wird sie in der Warteschlange des Überwachers/Formers gespeichert, und die Warteschlange geht in Zustand 4 über. Die Warteschlange ist dann voll, und jede Paketkennung, die vor der Ausgabe einer Paketkennung aus der Warteschlange ankommt, wird nicht aufgenommen werden.

[0057] Wenn die Paketkennung in die Warteschlange des Überwachers/Formers **104** eingegeben wird, sendet der Überwacher/Former **104** ein geeignetes Signal auf seiner entsprechenden Leitung **138** an den Warteschlangenspeichermanager, das anzeigt, daß das zu der Paketkennung gehörige Paket in den Warteschlangenspeicher **112** aufgenommen und in einer speziellen, an zu diesem Strom gehörige Pakete zugewiesenen Warteschlange gespeichert werden soll.

[0058] Wenn eine Ausgabe festgesetzt wird, wird die Paketkennung am Anfang der Warteschlange abgefertigt. Die zum Abfertigen dieser Paketkennung

verwendete Abtastrate hängt vom Zustand der Warteschlange ab. Auf der Basis, daß sich die Warteschlange im Zustand 4 befindet, wird die zum Abfertigen dieser Paketkennung verwendete Service-Abtastrate durch eine exponentiell verteilte, zufällige Variable mit einem Mittelwert μ_2 festgelegt. Die berechnete Servicezeit dieses Pakets basiert auf der Service-Abtastrate und der Länge des Pakets.

[0059] In einem dritten Fall kommt eine Paketkennung zu einer Zeit an, wenn die Warteschlange nahezu leer ist. Die Verarbeitung der Paketkennung in diesem Fall ist dem Fall sehr ähnlich, wenn die Warteschlange beinahe voll ist. Es wird angenommen, dass sich die Warteschlange bei Ankunft einer Paketkennung im Zustand 1 befindet. Es besteht keine Wahrscheinlichkeit, daß das Paket willkürlich verworfen wird, da die Wahrscheinlichkeit dieses Ereignisses auf Null festgesetzt ist. Daher wird die Paketkennung in der Warteschlange gespeichert, und die Warteschlange geht in den Zustand 2 über. Wenn ein Ausgabeereignis vor einer weiteren Ankunft festgesetzt wird, wird die Paketkennung am Anfang der Warteschlange basierend auf der Servicerate für den Zustand 2 abgefertigt, die μ_1 ist.

[0060] In einem vierten Fall kommt die Paketkennung zu einer Zeit an, wenn die Warteschlange leer ist. Wie im dritten Fall, wird die Paketkennung in diesem Fall in die Warteschlange eingereiht werden.

[0061] Für die oben stehende Beschreibung wurde angenommen, daß der Überwacher/Former nicht dafür ausgelegt ist, Pakete ohne Verzögerung zu senden. In anderen Worten hat der Überwacher/Former vorzugsweise keine niedrige Lasttransparenz, da alle Pakete verzögert sind.

[0062] In ihrer einfachsten Form ermöglicht eine geringe Lasttransparenz, daß das erste, an einer leeren Warteschlange ankommende Paket sofort weitergeleitet wird. Trotz dieser Aktion geht die Warteschlange in den Zustand 1 über. Nachfolgende ankommende Pakete werden verarbeitet, als ob dieses Paket vorhanden wäre, außer daß dieses Paket nicht gesendet wird, wenn es normalerweise bei Ablauf seines Timers weitergeleitet werden würde. Ob oder ob nicht eine Paketkennung sofort nach der Ankunft weitergeleitet worden ist oder nicht, wird in der Warteschlange gespeichert. Dieses Konzept kann in ähnlicher Weise auf mehrere Pakete ausgedehnt werden.

[0063] Bevor eine Paketkennung einen Überwacher/Former verläßt, legt der Überwacher/Former eine Qualitätsklassifizierung für diese Paketkennung fest. Die Überwacher/Former klassifizieren die Paketkennungen wie oben beschrieben mit Bewertungs- und Dringlichkeitsklassifikationen. Jede Paketkennung muß mit einer Bewertungs- und Dringlichkeitsklassifikation klassifiziert werden, bevor sie

an den Bewertungs-/Dringlichkeits-Multiplexer **106** weitergeleitet wird. Die einer Paketkennung zugewiesene Klassifikation ist eine Funktion des aktuellen Zustands der Warteschlange.

[0064] Es wird wiederum angenommen, daß ein Überwacher/Former eine Warteschlangenlänge von 4 hat. Wie in [Fig. 2](#) gezeigt, wird angenommen, daß die Warteschlange des Überwachers/Formers so ausgelegt ist, daß die Serviceraten für die Zustände 1 und 2 als μ_1 definiert sind, und daß die frei wählbare Verlustwahrscheinlichkeit für die Zustände 1 und 2 gleich Null ist. Die Zustände 3 und 4 haben eine definierte Servicerate von μ_2 und eine frei wählbare Verlustwahrscheinlichkeit von 0,3 (d.h., 30%).

[0065] In einer bevorzugten Ausführungsform ist jeder Überwacher/Former mit einer primären und einer sekundären Bewertungs-/Dringlichkeitsklassifikation konfiguriert, und eine Paketkennung wird bei ihrer Ankunft einer der Klassifikationen zugeteilt. Jeder Zustand hat eine zugehörige Wahrscheinlichkeit, daß ein Paket mit der primären Klassifikation klassifiziert wird. Die Wahrscheinlichkeit der Klassifizierung eines Pakets in der primären Klassifikation in jedem Zustand ist in diesem Beispiel eingestellt: Für Zustand 1 auf 100%; für Zustand 2 auf 80%; für Zustand 3 auf 60%; und für Zustand 4 auf 40%. Die Wahrscheinlichkeiten sind in [Fig. 3](#) dargestellt.

[0066] Beispielsweise kann die primäre Klassifikation eine wünschenswertere Klassifikation als die zweite Klassifikation sein. Wenn die angebotene Last des Stroms niedrig ist, haben die Pakete eine höhere Wahrscheinlichkeit, der wünschenswerteren primären Klassifikation zugeteilt zu werden, da sich die Warteschlange meist im Zustand 1 oder 2 befinden wird. Bei Erhöhung der angebotenen Last besteht eine höhere Wahrscheinlichkeit für eine Zuteilung einer Paketkennung zu der sekundären Klassifikation, was weniger wünschenswert ist, da dies zur Folge haben könnte, dass die Paketkennung mehr Verzögerung und/oder Verlust im Bewertungs-/Dringlichkeits-Multiplexer erfahren könnte.

[0067] In Bezug auf die obige Diskussion der Kriterien für eine Aufnahme einer Paketkennung in die Warteschlange ist die Wahrscheinlichkeit einer Klassifizierung der Paketkennung in der primären Klassifikation 40%, wenn eine Paketkennung im Fall 2 (also in dem Beispiel, in dem die Warteschlange sich im Zustand 3 befindet und die Paketkennung zugelassen wird, was die Warteschlange in den Zustand 4 versetzt) in die Warteschlange aufgenommen wird, da sich die Warteschlange dann im Zustand 4 befindet. Daher besteht eine 40%-ige Wahrscheinlichkeit, daß die Paketkennung der primären Klassifikation zugeteilt werden wird, und eine 60%-ige Chance, daß sie der sekundären Klassifikation zugewiesen werden wird. Diese Klassifikation der Paketkennung ba-

siert auf einer einfachen wahrscheinlichkeitstheoretischen Auswahl.

[0068] Eine Paketkennung wird dann aus der Überwacher/Former-Warteschlange am Ende der berechneten Servicezeit ausgegeben, und die Warteschlange geht in Zustand 3 über. Eine neue berechnete Servicezeit basierend auf den definierten Parametern des Zustands 3 legt dann fest, wann die nächste Ausgabe durchgeführt wird. Wenn eine Ankunft vor Ablauf dieser Zeitspanne erfolgt, kann die Warteschlange wiederum in den Zustand 4 übergehen, je nachdem, ob die Ankunft willkürlich verworfen wird oder nicht.

[0069] In Bezug auf den obigen Fall 3 wird die Paketkennung in dem Fall, in dem eine Paketkennung bei nahezu leerer Warteschlange ankommt, unter Verwendung der mit dem Zustand 2 verbundenen Wahrscheinlichkeit klassifiziert. In diesem Fall besteht eine 80%-ige Chance, daß die Paketkennung mit der primären Klassifikation an den Bewertungs-/Dringlichkeits-Multiplexer **106** gesendet wird.

[0070] Das willkürliche Verwerfen von Paketen bei ihrer Ankunft am Überwacher/Former verringert nicht nur die Ankunftsrate des Stroms, sondern trägt auch zur Vermeidung von Burstverlusten bei. Wenn beispielsweise ein Burst von sechs Paketen im Warteschlangensystem von [Fig. 2](#) ankommen würde, würden die letzten beiden Pakete verloren gehen, wenn Pakete nicht willkürlich verworfen werden würden. Andererseits kann es der Fall sein, dass beispielsweise das vierte oder dritte Paket bei der Ankunft verworfen wird, wodurch der Verlust in dem Burst gerechter verteilt wird, wenn die Wahrscheinlichkeit des willkürlichen Verwerfens sich mit der Warteschlangenlänge erhöht.

[0071] Eine andere Funktion des oben beschriebenen Überwachers/Formers ist das In-Verbindung-Halten des Pakets mit der Paketkennung, die im Warteschlangenspeicher **112** durch Interagieren mit dem Warteschlangenspeichermanager **114** verarbeitet wird. Das Speichern von Paketen in Warteschlangen ist notwendig, um sicherzustellen, daß Pakete in einem Strom nicht vom Serviceprozeß des Bewertungs-/Dringlichkeits-Multiplexers **106** neu geordnet werden. In Abhängigkeit von der zum Zuteilen der Bewertungs-/Dringlichkeits-Niveaus an die Pakete ausgewählte Funktion besteht die Wahrscheinlichkeit, daß die Pakete während des Multiplexens auf Leitung **124** neu geordnet werden könnten, wie im Folgenden weiter diskutiert.

[0072] Als ein Beispiel wird die oben beschriebene einfache wahrscheinlichkeitstheoretische Klassifizierungsfunktion herangezogen. Es wird angenommen, daß ein Burst von vier Paketkennungen im Überwacher/Former ankommen und daß alle Pakete in der

Warteschlange gespeichert werden. Außerdem wird angenommen, daß während des ersten in Frage stehenden Zeitintervalls keine weiteren Ankünfte erfolgen. Weiterhin wird angenommen, daß der Bewertungs-/Dringlichkeits-Multiplexer nicht leer ist, wobei die Pakete von anderen Überwachern/Formern stammen. Zuletzt wird angenommen, daß die primäre Bewertungs-/Dringlichkeits-Klassifikation eine wünschenswerte hohe Dringlichkeitsstufe hat, während die sekundäre Klassifikation eine niedrige Dringlichkeitsstufe hat. Bei Annahme dieser Bedingungen hat die Paketkennung am Anfang des Burst, bezeichnet als "Paketkennung 1", eine höhere Wahrscheinlichkeit, der sekundären Bewertungs-/Dringlichkeits-Klassifikation zugeteilt zu werden, als ein Paket nahe dem Ende des Burst, bezeichnet als "Paketkennung 4". Wenn Paketkennung 1 der sekundären Klassifikation zugeteilt wird, während Paketkennung 4 der primären Klassifikation zugeteilt wird, kann der Unterschied der Dringlichkeitsstufen eine Abfertigung von Paketkennung 4 vor Paketkennung 1 im Bewertungs-/Dringlichkeits-Multiplexer **106** verursachen.

[0073] Um dies zu vermeiden, weisen die Überwacher/Former den Warteschlangenspeichermanager **114** an, Pakete im Warteschlangenspeicher **112** gemäß der Ordnung zu speichern, in der die entsprechenden Paketkennungen im Überwacher/Former empfangen werden. Das heißt, wenn eine Paketkennung bei der Ankunft im Überwacher/Former nicht verworfen wird, wird der Warteschlangenspeicher angewiesen, das Paket in die Warteschlange des relevanten Stroms in der Ordnung einzureihen, in der es angekommen ist.

[0074] [Fig. 8](#) zeigt eine beispielhafte Implementierung eines Überwachers/Formers **104**. Der beispielhafte Überwacher/Former umfaßt einen Überwacher/Former-Ankunftsverarbeitungsblock **701**, einen Paketkennungs-Warteschlangenblock **702**, einen Überwacher/Former-Ausgangsverarbeitungsblock **704**, einen Timer **703**, einen Verwerfungswahrscheinlichkeitsgenerator **706** und einen Servicezeitgenerator **707**.

[0075] Paketkennungen kommen über Leitung **708** zum Überwacher/Former-Ankunftsverarbeitungsblock **701**. Der Überwacher/Former-Ankunftsverarbeitungsblock **701** benachrichtigt den Überwacher/Former-Konfigurationsmanagementblock **705** über Leitung **720**, daß eine Paketkennung angekommen ist. Der Überwacher/Former-Konfigurationsmanagementblock fragt den Paketkennungs-Warteschlangenblock **702** über Leitung **724** ab, um die momentane Warteschlangenlänge im Überwacher/Former zu erhalten. Basierend auf der Antwort vom Paketkennungs-Warteschlangenblock über Leitung **726** entscheidet der Überwacher/Former-Konfigurationsmanagementblock, ob die Warteschlange voll ist

oder nicht. Wenn in der Warteschlange Platz verfügbar ist, dann entscheidet der Überwacher/Former-Konfigurationsmanagementblock **705**, ob die Paketkennung unter Verwendung einer Eingabe vom Verwerfungswahrscheinlichkeitsgenerator **706** auf Leitung **732** willkürlich verworfen werden sollte oder nicht.

[0076] Wenn die Paketkennung in die Warteschlange aufgenommen werden soll, weist der Überwacher/Former-Konfigurationsmanagementblock **705** den Überwacher/Former-Ankunftsverarbeitungsblock **701** über Leitung **722** an, die Paketkennung aufzunehmen. Bei Empfang dieser Antwort sendet der Überwacher/Former-Ankunftsverarbeitungsblock **701** über Leitung **736** (entspricht einer der Leitungen **138**) eine Anforderung an den Warteschlangenspeichermanager **114**, das Paket in der einen Warteschlange im Warteschlangenspeicher einzureihen, die für diesen Strom zugeteilt ist. Die Überwacher/Former-Ankunftsverarbeitung leitet die Paketkennung dann an den Paketkennungs-Warteschlangenblock **702** über Leitung **710** weiter. Der Überwacher/Former-Konfigurationsmanagementblock **705** berechnet eine neue Servicezeit basierend auf einer Eingabe vom Servicezeitgenerator **707** auf Leitung **734** und der Länge des Pakets und sendet diese Servicezeit über Leitung **728** an den Überwacher/Former-Ausgangsverarbeitungsblock **704**. Die Überwacher/Former-Ausgangsverarbeitung leitet über Leitung **716** die neue Servicezeit an den Timer **703** weiter. Der Timer **703** setzt sich selbst zurück, um am Ende der neuen Servicezeit aufzuwachen.

[0077] Wenn der Überwacher/Former-Konfigurationsmanagementblock **705** feststellt, daß die Warteschlange voll ist, weist er den Überwacher/Former-Ankunftsverarbeitungsblock **701** über Leitung **722** an, die Paketkennung zu verwerfen. In diesem Fall sendet der Überwacher/Former-Ankunftsverarbeitungsblock **701** über Leitung **736** einen Verwerfungsbefehl an den Warteschlangenspeichermanager **114**. Der Überwacher/Former-Ankunftsverarbeitungsblock verwirft dann die Paketkennung.

[0078] Wenn der Timer **703** aufwacht, sendet er über Leitung **718** eine Anforderung an den Überwacher/Former-Ausgabeverarbeitungsblock **704**, eine Paketkennung auszugeben. Der Überwacher/Former-Ausgabeverarbeitungsblock sendet über Leitung **730** eine Anfrage an den Überwacher/Former-Konfigurationsmanagementblock **705** nach einer Klassifikation und einer neuen Servicezeit. Der Konfigurationsmanagementblock **705** fragt den Paketkennungs-Warteschlangenblock **702** über Leitungen **724** und **726** ab, um die momentane Länge der Warteschlange zu erhalten. Der Konfigurationsmanagementblock verwendet die momentane Länge der Warteschlange, um die Klassifikation für die Paketkennung zu ermitteln, die gerade ausgegeben

wird. Die Klassifikation wird über Leitung **728** an den Überwacher/Former-Ausgabeverarbeitungsblock gesendet. Die Überwacher/Former-Ausgabeverarbeitung **704** verbindet eine Warteschlangenkennung, die spezifiziert, welche Warteschlange im Warteschlangenspeicher **112** zum Speichern von Paketen dieses Stroms verwendet wird, und die Klassifikation mit der Paketkennung und leitet dieses Datentupel auf Leitung **738** weiter.

[0079] Es ist zu beachten, daß bei dieser Beispielimplementierung die Klassifikation der Paketkennungen durchgeführt wird, wenn die Pakete die Warteschlange verlassen. Der Punkt, an dem die Pakete innerhalb der Überwacher/Former klassifiziert werden, ist jedoch implementationsabhängig und nicht auf das hier dargestellte Beispiel beschränkt. Wie weiter oben beschrieben wurde, können die Paketkennungen bei der Ankunft anstatt bei der Ausgabe klassifiziert werden.

[0080] Wenn die im Paketkennungs-Warteschlangenblock **702** identifizierte Warteschlange nicht leer ist, sendet der Überwacher/Former-Konfigurationsmanagementblock **705** auch eine neue Servicezeit über Leitung **728** an den Überwacher/Former-Ausgabeverarbeitungsblock **704**. Diese Servicezeit wird über Leitung **716** an den Timer **703** weitergeleitet, und der Timer stellt sich selbst zum Aufwachen nach Ablauf dieser Zeit ein. Wenn die Warteschlange leer ist, wird keine Aktion durchgeführt.

[0081] Weitere mögliche Modifikationen der in [Fig. 1](#) gezeigten Überwacher/Former **104** sind in Bezug auf [Fig. 6](#) dargestellt.

[0082] Wie in [Fig. 6](#) gezeigt, können die Überwacher/Former auf verschiedene Arten kaskadiert sein.

[0083] In Bezug auf [Fig. 6\(a\)](#) ist eine vorteilhafte Anordnung dargestellt, in der der Ausgang eines Überwachers/Formers **210** einen Eingang zu zwei parallelen Überwachern/Formern **212** und **214** bereitstellt. Der Überwacher/Former **210** empfängt Paketkennungen auf Leitung **222** vom Stromidentifizierer **102**. Gemäß dem Standardbetrieb des Überwachers/Formers verwirft der Überwacher/Former **210** selektiv Paketkennungen und verschiebt Paketkennungen zeitlich, um einen modifizierten Fluß von Paketkennungen an seinem Ausgang bereitzustellen. In einer ersten Ausführungsform wird der so modifizierte Fluß von Paketkennungen auf Leitungen **234** und **236** an jeden der parallelen Überwacher/Former **212** und **214** gesendet. Die jeweiligen Überwacher/Former **212** und **214** verwerfen dann selektiv Paketkennungen und verschieben Paketkennungen zeitlich, um zwei weitere modifizierte Paketkennungsflüsse an ihrem Ausgängen **224** und **226** zu erzeugen. In einer zweiten Ausführungsform wird der Ausgang des Überwachers/Formers **210** selektiv entweder an ei-

nen oder den anderen der Überwacher/Former **212** und **214** bereitgestellt. Der entsprechende der Überwacher/Former **212** und **214** verwirft dann selektiv Paketkennungen und verschiebt Paketkennungen an seinem entsprechenden Ausgang zeitlich.

[0084] In Bezug auf **Fig. 6(b)** ist eine weitere Anordnung dargestellt, in der zwei parallele Überwacher/Former **216** und **218** Eingaben empfangen, die Paketkennungen als Flüsse auf den Leitungen **228** und **230** umfassen. Die Ausgabe der beiden Überwacher/Former **216** und **218** an ihren jeweiligen Ausgängen **238** und **240** bildet eine Eingabe an einen weiteren Überwacher/Former **220**. Der Überwacher/Former **220** gibt Paketkennungen auf Leitung **232** aus.

[0085] Es ist für den Fachmann ersichtlich, wie Überwacher/Former in verschiedenen Kombinationen der in **Fig. 6** gezeigten Anordnungen kaskadiert werden können. Zum Beispiel können die Anordnungen von **Fig. 6(a)** und **6(b)** kaskadiert werden. Zusätzlich kann einer der Überwacher/Former auch Eingaben von anderen Quellen empfangen. Beispielsweise kann der Überwacher/Former **212** aus **Fig. 6(a)** eine zusätzliche Eingabe empfangen, die nicht von einem anderen Überwacher/Former abgeleitet ist. Der Fachmann wird verstehen, wie verschiedene Kaskadenanordnungen implementiert werden können. Die einzige Bedingung ist, daß die kaskadierten Überwacher/Former in einem azyklischen Graphen verbunden sein müssen.

[0086] Bei der Ausgabe sendet der Überwacher/Former sowohl die Paketkennung als auch die zugehörige Warteschlangenennung und Klassifikation über eine entsprechende Ausgabeleitung **122** an den Bewertungs-/Dringlichkeits-Multiplexer **106**. Der Bewertungs-/Dringlichkeits-Multiplexer benötigt die Paketkennung zusätzlich zu der Warteschlangenennung für den Fall, daß er einen Verwerfungsbefehl an den Warteschlangenspeichermanager **114** ausgeben muß, wie unten detaillierter beschrieben wird.

[0087] Der Bewertungs-/Dringlichkeits-Multiplexer **106** verwaltet den Wettbewerb um die Netzwerkressourcen zwischen zwei oder mehreren Strömen. Der Bewertungs-/Dringlichkeits-Multiplexer **106** empfängt Paketkennungen von den verschiedenen Überwachern/Formern **104**, wobei jede Paketkennung mit einer Bewertungs-/Dringlichkeits-Klassifikation versehen ist.

[0088] Die Klassifikation einer Paketkennung definiert eine Bewertungsstufe und eine Dringlichkeitsstufe für das Paket, mit dem sie verbunden ist. Der Bewertungs-/Dringlichkeits-Multiplexer verwaltet den Wettbewerb zwischen zwei oder mehreren Strömen durch Abfertigen von Paketen (mittels ihrer Paketkennungen) in Abhängigkeit von ihrer Dringlichkeits-

stufe und, wenn notwendig, durch Verwerfen von Paketen in Abhängigkeit von ihrer Bewertungsstufe. Die Bewertungsstufe entscheidet, welche Pakete in den Bewertungs-/Dringlichkeits-Multiplexer eingegeben werden. Die Dringlichkeitsstufe bestimmt die Reihenfolge, in der die Pakete aus dem Bewertungs-/Dringlichkeitsmultiplexer genommen werden. Das Klassifizieren von Paketen unter Verwendung von Bewertungs- und Dringlichkeitsstufen ist in der Internationalen Patentoffenlegungsschrift Nr. WO 00/65783 beschrieben. Somit verwaltet der Bewertungs-/Dringlichkeits-Multiplexer **106** Konkurrenzsituationen zwischen den drei Strömen **122a**, **122b** und **122c** an den Ausgängen der Überwacher/Former **104a**, **104b** und **104c**.

[0089] Wenn eine Paketkennung mit ihrer zugehörigen Bewertungs-/Dringlichkeits-Klassifikation ankommt, entscheidet der Bewertungs-/Dringlichkeits-Multiplexer **106**, ob die Paketkennung gespeichert oder verworfen werden sollte. Dies wird durch die verfügbare Speicherkapazität im Bewertungs-/Dringlichkeits-Multiplexer und dem zur Kennung gehörigen Bewertungsniveau entschieden.

[0090] In einem bekannten Verfahren zum Implementieren von Bewertungen wird ein Zugang zu einem Buffer im Bewertungs-/Dringlichkeits-Multiplexer festgelegt durch Assoziieren einer Bewertungsstufe mit einem speziellen Bereich des Buffers. Das heißt, es wird angenommen, daß ein Paket mit jedem von N Bewertungsniveaus klassifiziert werden kann. Dann wird angenommen, daß es insgesamt K_N Buffer gibt. Verkehr der Bewertungsstufe 1 kann in einen der K_N Buffer eingegeben werden, während Verkehr der Bewertungsstufe i nur in die ersten K_{N-i+1} Buffer eingegeben werden kann, wobei $K_0 = 0 < K_1 < \dots < K_N$. Daher besteht für Pakete der Bewertungsstufe 1 eine größere Wahrscheinlichkeit, verfügbare Bufferressourcen zu finden, als für Pakete der Bewertungsstufe i , wobei $i > 1$.

[0091] Es ist auch ein System notwendig, um zu entscheiden, welche Paketkennung weitergeleitet werden soll, d.h., wie die Dringlichkeitsstufen verwendet werden sollten, um die Abfertigungsreihenfolge der Pakete zu ermitteln. Ein Ansatz ist das Weiterleiten der Kennung am Anfang der Warteschlange mit der höchsten Dringlichkeitsstufe, obwohl andere Ansätze möglich sind.

[0092] Die Verlustrate für Paketkennungen in einem vorgegebenen Strom wird sowohl von dem den Paketen zugewiesenen Bewertungsniveau als auch von der maximalen Ankunftsrate für alle anderen Ströme, die ein Bewertungsniveau von gleichem oder größerem Wert haben, festgelegt. Die Reihenfolge, in der Pakete im Bewertungs-/Dringlichkeits-Multiplexer bedient werden, hängt von ihrem Dringlichkeitsniveau und den Ankunftsraten und -mustern des dringliche-

ren Verkehrs ab. Dies legt die von der Paketkennung im Bewertungs-/Dringlichkeits-Multiplexer erfahrene Verzögerung fest.

[0093] Wenn der Bewertungs-/Dringlichkeits-Multiplexer **106** eine Paketkennung verwirft, weist er den Warteschlangenspeichermanager über Leitung **136** an, den Referenzzähler für das entsprechende Paket aus dem Warteschlangenspeicher **112** zu dekrementieren.

[0094] Der Bewertungs-/Dringlichkeits-Multiplexer nimmt Statistiken über die Verkehrsflüsse auf, einschließlich, aber nicht beschränkt auf, die Anzahl der Bytes und/oder die Anzahl von Paketen, die für jede Dringlichkeitsstufe und jede Bewertungsstufe akzeptiert sowie zurückgewiesen werden.

[0095] Der Bewertungs-/Dringlichkeits-Multiplexer leitet in Antwort auf eine Anfrage vom Ratenbegrenzer auf Leitung **126** eine der gespeicherten Paketkennungen zusammen mit ihrer zugehörigen Warteschlangenkennung aus seinen internen Buffern auf Leitung **124** an den Ratenbegrenzer **108** weiter. Die Auswahl, welches Kennungspaar an den Ratenbegrenzer in Antwort auf eine Anfrage davon weitergeleitet wird, wird durch das Dringlichkeitsniveau der Paketkennung und den Auswahlmechanismus des Bewertungs-/Dringlichkeits-Multiplexers entschieden.

[0096] Eine Beispielimplementierung eines Bewertungs-/Dringlichkeits-Multiplexers **106** ist in [Fig. 9](#) dargestellt. Der Bewertungs-/Dringlichkeits-Multiplexer umfaßt einen Bewertungs-/Dringlichkeits-Ankunftsverarbeitungsblock **801**, einen Satz von Dringlichkeitswarteschlangen **814**, umfassend Warteschlangen **802-805**, einen Bewertungs-/Dringlichkeits-Ausgabenverarbeitungsblock **816** und einen Bewertungs-/Dringlichkeits-Konfigurationsmanagementblock **807**.

[0097] Paketkennungen erreichen den Bewertungs-/Dringlichkeits-Ankunftsverarbeitungsblock **801** über eine Leitung **810**. Der Bewertungs-/Dringlichkeits-Ankunftsverarbeitungsblock benachrichtigt den Bewertungs-/Dringlichkeits-Konfigurationsmanagementblock **807** davon, daß eine Paketkennung angekommen ist, und leitet deren Bewertungsniveau über Leitung **822** weiter. Der Bewertungs-/Dringlichkeits-Konfigurationsmanagementblock **807** erfragt die Länge von jeder der Dringlichkeitswarteschlangen **802-805** über eine Leitung **826**. Basierend auf der momentanen Gesamtzahl von im Bewertungs-/Dringlichkeits-Multiplexer **106** eingereichten Paketkennungen und der Bewertungsstufe der Paketkennung entscheidet der Bewertungs-/Dringlichkeits-Konfigurationsmanagementblock, ob er das Paket verwirft oder nicht.

[0098] Wenn die Paketkennung zu verwerfen ist, benachrichtigt der Bewertungs-/Dringlichkeits-Konfigurationsmanagementblock **807** die Bewertungs-/Dringlichkeits-Ankunftsverarbeitung **801** über eine Leitung **824** entsprechend. In diesem Fall sendet die Bewertungs-/Dringlichkeits-Ankunftsverarbeitung einen Befehl zum Verwerfen des Pakets über eine Leitung **812** an den Warteschlangenspeicher, wobei das zu verwerfende Paket durch seine Paketkennung und seine Warteschlangenkennung identifiziert wird. Diese Kennungen werden dann vom Bewertungs-/Dringlichkeits-Ankunftsverarbeitungsblock **801** verworfen.

[0099] Andernfalls benachrichtigt der Bewertungs-/Dringlichkeits-Konfigurationsmanagementblock **807** die Bewertungs-/Dringlichkeits-Ankunftsverarbeitung **801** über eine Leitung **722**, die Paketkennung an eine der Dringlichkeitswarteschlangen **802-805** weiterzuleiten. Es gibt eine Dringlichkeitswarteschlange für jede Dringlichkeitsstufe. Diese beispielhafte Implementierung stellt einen Bewertungs-/Dringlichkeits-Multiplexer dar, der für vier mögliche Dringlichkeitsstufen konfiguriert ist. Die Bewertungs-/Dringlichkeits-Ankunftsverarbeitung erhält die Dringlichkeitsstufe für die Paketkennung und leitet die Paketkennung und ihre zugehörige Warteschlangenkennung über eine der Leitungen **830** an die entsprechende Dringlichkeitswarteschlange weiter.

[0100] Anforderungen nach Paketen vom Ratenbegrenzer werden vom Bewertungs-/Dringlichkeits-Ausgabenverarbeitungsblock **806** über Leitung **818** empfangen. Wenn eine Paketanforderung ankommt, fordert die Bewertungs-/Dringlichkeits-Ausgabenverarbeitung das erste Element einer der Dringlichkeitswarteschlangen **802-805** über eine der Leitungen **834** an. In der bevorzugten Ausführungsform werden die Kennungen am Anfang der dringlichsten Warteschlange angefordert. Das Paar aus Paketkennung und Warteschlangenkennung am Anfang der Warteschlange, welche die Anforderung empfangen hat, werden an den Bewertungs-/Dringlichkeits-Ausgabenverarbeitungsblock **806** über eine der Leitungen **832** weitergeleitet. Der Bewertungs-/Dringlichkeits-Ausgabenverarbeitungsblock **806** gibt das Kennungspaar sofort über Leitung **124** an den Ratenbegrenzer weiter.

[0101] Der Ratenbegrenzer **108** verschiebt eine Konkurrenzsituation von einem nachgeschalteten Punkt im Netzwerk in das Innere Multiplexers **100**, indem die Servicerate auf eine Rate begrenzt wird, für die das Netzwerk ausreichende Ressourcen hat. Der Ratenbegrenzer stellt sicher, daß die maximale Servicerate auf lange Sicht nicht überschritten wird, indem er sicherstellt, daß entsprechende Lücken zwischen übertragenen Paketen eingehalten werden.

[0102] Der Ratenbegrenzer **108** fordert Paketkennungen von dem Bewertungs-/Dringlichkeits-Multiplexer auf einer Anforderungsleitung **126** an und empfängt Paketkennungen zusammen mit deren zugehörigen Warteschlangen Kennungen auf Leitung **124**. Auf Empfang des Kennungspaars auf Leitung **124** hin stellt der Ratenbegrenzer die Warteschlangen Kennung auf Leitung **134** dem Warteschlangenspeichermanager **114** zur Verfügung. In Reaktion darauf stellt der Warteschlangenspeichermanager **114** das Paket am Anfang der identifizierten Warteschlange aus dem Warteschlangenspeicher dem Ratenbegrenzer auf Leitung **32** bereit. Dann leitet der Ratenbegrenzer Pakete für eine Übertragung an die Ausgabenschnittstelle auf Leitung **128** weiter. Auf das Weiterleiten eines Pakets an die Ausgabenschnittstelle hin setzt der Ratenbegrenzer einen Timer, um die Servicezeit des speziellen Pakets bei der konfigurierten Rate darzustellen. Am Ende der dem Abfertigen des speziellen Pakets zugewiesenen Zeitperiode fordert der Ratenbegrenzer ein weiteres Paket auf Leitung **126** vom Bewertungs-/Dringlichkeits-Multiplexer **106** an.

[0103] Wenn keine Neuordnung im Bewertungs-/Dringlichkeits-Multiplexer erfolgt ist, wird das vom Warteschlangenspeichermanager gesendete Paket das von der Paketkennung identifizierte Paket sein. Andernfalls wird die vom Ratenbegrenzer empfangene Paketkennung ein Paket bezeichnen, das immer noch in der Warteschlange im Warteschlangenspeicher wartet.

[0104] Der Ratenbegrenzer kann Pakete stochastisch oder deterministisch abfertigen. Der Ratenbegrenzer kann daher Pakete so bedienen, daß sie unterschiedlich beabstandet sind, wie oben in Bezug auf die Überwacher/Former diskutiert.

[0105] Aus einer Kombination eines Bewertungs-/Dringlichkeits-Multiplexers **106** und eines Ratenbegrenzers **108** kann eine Einheit gebildet werden, vorzugsweise eine, welche Pakete stochastisch bedient. Solche Einheiten können mit einer Vielzahl von Überwachern/Formern und anderen solchen Bewertungs-/Dringlichkeits-Multiplexer- und Ratenbegrenzer-Einheiten kaskadiert werden und zusätzliche Eingaben von anderen Quellen empfangen. Der Fachmann wird verstehen, wie verschiedene Kaskadenanordnungen implementiert werden können. Die einzige Bedingung ist, daß die kaskadierte Kombination dieser Einheiten in einem azyklischen Graphen verbunden sein muß.

[0106] Wenn stochastische Serviceraten verwendet werden, ist die Möglichkeit vorhanden, daß die abgetastete Servicerate viel schneller als die Rate ist, mit der die Pakete physikalisch über die Ausgabenschnittstelle übertragen werden können. In diesem Fall wird die berechnete Ressourcengröße des Pakets kleiner als die tatsächliche Größe des Pakets sein,

wie in [Fig. 5](#) dargestellt. In Bezug auf [Fig. 5a](#) ist die tatsächliche Größe des Pakets gemäß der physikalischen Übertragungsrate des Übertragungsmediums, an das es weitergeleitet werden wird, dargestellt. [Fig. 5b](#) stellt die Größe des Pakets dar, wobei die für das Paket gewählte Servicerate größer als die Rate ist, mit der das Paket tatsächlich über das physikalische Medium übertragen werden wird. [Fig. 5c](#) stellt die Größe des Pakets für den Fall dar, in dem die für das Paket gewählte Servicerate kleiner als die Rate ist, mit der das Paket tatsächlich durch die Ausgabenschnittstelle **110** übertragen wird.

[0107] Wie aus [Fig. 5](#) ersichtlich, können sich zwei Pakete überlappen, wenn die berechnete Ressourcengröße tatsächlich kleiner als die tatsächliche Ressourcengröße des Pakets ist. In einem praktischen System können sich zwei Pakete nicht während einer Übertragung überlappen. Stattdessen wird ein Burst von zwei oder mehreren Paketen beobachtet. Daher besteht eine endliche Wahrscheinlichkeit, daß zwei oder mehrere Pakete direkt hintereinander gesendet werden, wenn die Paketkennungen stochastisch bedient werden.

[0108] Die Ausgabenschnittstelle **110** stellt dem Ratenbegrenzer **108** eine Flußsteuerungs-Rückkopplung auf Leitung **130** zur Verfügung. Wenn die Ausgabenschnittstelle dem Ratenbegrenzer anzeigt, daß eine Übertragung ausgesetzt wurde, ist der interne Zeitgebermechanismus des Ratenbegrenzers betroffen. In diesem Fall kann der Ratenbegrenzer eine von etlichen Aktionen ausführen. Beispielsweise kann der Ratenbegrenzer so ausgelegt sein, daß er jedes Paket verwirft, welches für eine Abfertigung während der Aussetzungsperiode eingeteilt ist. Ein solches Verwerfen von Paketen vom Ratenbegrenzer erfordert das Erzeugen eines Alarmsignals durch den Ratenbegrenzer.

[0109] Der Ratenbegrenzer **108** kann auch optimiert werden, um die Resource des externen Systems bei niedriger Last zu maximieren. Das heißt, dass bei niedriger Auslastung eine Servicerate gewählt werden kann, die schneller als die konfigurierte Rate ist. Wenn sich die Belastung des Systems vergrößert, wird die Servicerate verkleinert, bis sie nahe oder bei der konfigurierten Rate ist.

[0110] Die Ausgabenschnittstelle **110** stellt die grundlegende Funktionalität bereit, die für die Vorwärtsübertragung von Datenpaketen notwendig ist. Die Ausgabenschnittstelle **110** stellt eine Flußsteuerungsrückkopplung auf Leitungen **130** an den Ratenbegrenzer **108** bereit, wenn ein externer Rückstau (zum Beispiel vom Übertragungsmedium) auftritt. Daher überträgt die Ausgabenschnittstelle Pakete auf Leitung **142** und empfängt Flußsteuerungssignale auf Leitung **144** vom Betriebssystem oder vom Gerätetreiber.

[0111] Die Ausgabenschnittstelle ist nicht verantwortlich für eine direkte Verarbeitung in Bezug auf das Qualitätsmanagement des Datenstroms. Wenn ein Paket von der Ausgabenschnittstelle empfangen wird und das externe System oder Gerät anzeigt, daß Übertragungsressourcen verfügbar sind, dann wird das Paket über die Ausgabenschnittstelle ohne Verzögerung übertragen. Wenn der Ratenbegrenzer im deterministischen Modus arbeitet und eine Flußsteuerung nicht ausgeübt wird, ist zu jeder Zeit nie mehr als ein Paket im Buffer der Ausgabenschnittstelle.

[0112] Somit wurde eine Erfindung beschrieben, die vorteilhaft bei einem Multiplexer verwendet werden kann, um eine vorgegebene Servicequalität zu garantieren. Obwohl die Erfindung hierin in Bezug auf eine bestimmte beispielhafte Ausführungsform beschrieben wurde, wird der Fachmann verstehen, daß die Anwendbarkeit der Erfindung nicht darauf beschränkt ist, sondern allgemeiner angewendet werden kann. Die Erfindung ist nur durch die folgenden Ansprüche begrenzt.

Bezugszeichenliste

Fig. 1

112	Warteschlangenspeicher
114	Warteschlangenspeichermanager
100	Eingangsschnittstelle
102	Stromidentifizierer
104	Former/Überwacher
106	Bewertungs-/Dringlichkeits-Multiplexer
108	Ratenbegrenzer
110	Ausgabenschnittstelle

Fig. 2

Die den Zuständen der Former/Überwacher-Warteschlange zugewiesenen willkürlichen Verlustwahrscheinlichkeiten und die Servicerraten

Fig. 3

Die zu jedem Zustand der Warteschlange gehörigen Klassifikationswahrscheinlichkeiten

Fig. 5

Paketgröße basierend auf konfigurierter Service rate
 Paketgröße basierend auf abgetasteter Service rate (schneller als Mittel)
 Paketgröße basierend auf Service-Abtaste rate (langsamer als Mittel)

Fig. 7

übertragene Last
 angebotene Last

Fig. 8

701	Ü/F-Ankunftsverarbeitungsblock
702	Paket-ID-Warteschlangenblock
704	Ü/F-Ausgabenverarbeitungsblock
705	Ü/F-Konfigurationsmanagementblock
706	Verwerfungswahrscheinlichkeitsgenerator
707	Servicezeitgenerator

Fig. 9

801	B/D-Ankunftsverarbeitungsblock
814	Dringlichkeitswarteschlangen
806	B/D-Ausgangsverarbeitungsblock
807	B/D-Konfigurationsmanagementblock

Fig. 10

übertragene Last
 angebotene Last

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern eines Informationsflusses in einem Datenübertragungssystem, umfassend: Empfangen einer Vielzahl von Datenpaketen (**116**); Zuweisen einer Prioritätsstufe an jedes Paket, wobei die Prioritätsstufe eine Verlustklasse für das Paket und eine Service-Dringlichkeitsklasse für das Paket umfasst; und Abfertigen der Datenpakete in Abhängigkeit von ihren Prioritätsstufen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Datenpakete mit einer konfigurierten Rate ausgegeben werden, wobei geeignete Lücken zwischen übertragenen Paketen eingehalten werden, um sicherzustellen, dass die konfigurierte Rate eine maximale Rate, bei der die Datenpakete ausgegeben werden können, langfristig nicht übersteigt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, außerdem umfassend einen Schritt des selektiven Verwerfens der Vielzahl von empfangenen Datenpaketen und/oder des selektiven zeitlichen Verschiebens der Vielzahl von empfangenen Datenpaketen.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, außerdem umfassend einen Schritt des selektiven Verwerfens der Ausgabedatenpakete und/oder des selektiven zeitlichen Verschiebens der Vielzahl von Ausgabedatenpaketen.

4. Verfahren nach Anspruch 3, außerdem umfassend den Schritt des Zuweisens einer zusätzlichen Prioritätsstufe an jedes Ausgabepaket, und des Abfertigen der Ausgabedatenpakete in Abhängigkeit

von ihren Prioritätsstufen, wobei die Datenpakete weiterhin mit einer weiteren konfigurierten Rate ausgegeben werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, außerdem umfassend den Schritt des Zuweisens einer Paketkennung an jedes empfangene Paket und des Speicherns jedes empfangenen Pakets der Reihe nach, wobei die Paketkennungen in Abhängigkeit von ihren Prioritätsstufen ([Fig. 2](#)) abgefertigt werden, und wobei das Ausgeben der Datenpakete das Wiedergewinnen der gespeicherten Pakete umfasst.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem die empfangenen Pakete selektiv in eine Warteschlange aufgenommen werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem die Wahrscheinlichkeit der Aufnahme eines Pakets in die Warteschlange von der Länge der Warteschlange abhängt.

8. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem die Wahrscheinlichkeit, dass ein bereits in der Warteschlange vorhandenes Paket verworfen wird, um die Aufnahme des empfangenen Pakets zu ermöglichen, von der Länge der Warteschlange ([Fig. 2](#)) abhängt.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, bei dem eine Servicestufe durch Steuern der Aufnahme von Paketen in die Warteschlange gesteuert wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, bei dem einem Paket die Prioritätsstufe basierend auf einer Funktion des Warteschlangenzustands zugewiesen wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 10, bei dem jedes Paket selektiv in wenigstens eine einer Vielzahl von Warteschlangen aufgenommen wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, außerdem umfassend das Multiplexen (**106**) der Ausgänge der Vielzahl von Warteschlangen.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei der Schritt des Abfertigen das Abfertigen der Warteschlangenausgänge umfasst.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, bei dem die Datenpakete deterministisch ausgegeben werden.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, bei dem die Datenpakete mit variablem Abstand ausgegeben werden.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, außerdem umfassend das Multiplexen der Aus-

gabepakete mit anderen Ausgabepaketen.

17. Steuerung ([Fig. 1](#)) zum Steuern eines Informationsflusses in einem Datenübertragungssystem, umfassend: Eingangsmittel (**100**) zum Empfangen einer Vielzahl von Datenpaketen; Prioritätsmittel (**104**) zum Zuweisen einer Prioritätsstufe an jedes Paket, wobei die Prioritätsstufe eine Verlustklasse für das Paket und eine Service-Dringlichkeitsklasse für das Paket umfasst; Servicemittel (**106**) zum Abfertigen der Datenpakete in Abhängigkeit von ihrer Prioritätsstufe; dadurch gekennzeichnet, dass sie außerdem einen Ratenbegrenzer (**108**) zum Ausgeben der Datenpakete mit einer konfigurierten Rate umfasst, wobei geeignete Lücken zwischen übertragenen Paketen eingehalten werden, um sicherzustellen, dass die konfigurierte Rate eine maximale Rate, bei der die Datenpakete ausgegeben werden können, langfristig nicht übersteigt.

18. Steuerung ([Fig. 1](#)) nach Anspruch 17, außerdem umfassend Mittel zum selektiven Verwerfen der Vielzahl von empfangenen Datenpaketen und/oder zum selektiven zeitlichen Verschieben der Vielzahl von empfangenen Datenpaketen.

19. Steuerung nach Anspruch 17 oder Anspruch 18, außerdem umfassend Mittel zum selektiven Verwerfen der Ausgabedatenpakete und/oder zum selektiven zeitlichen Verschieben der Ausgabedatenpakete.

20. Steuerung nach Anspruch 18 oder 19, wobei die Mittel einen Überwacher/Former (**104**) umfassen.

21. Steuerung nach Anspruch 18 oder Anspruch 19, bei der die Mittel eine Vielzahl von Überwachern/Formern (**104**) umfassen.

22. Steuerung nach einem der Ansprüche 17 bis 21, außerdem umfassend Mittel (**112**) zum Zuweisen einer Paketkennung an jedes Paket; und Speichermittel (**112**) zum Speichern jedes Pakets, wobei die Paketkennungen in Abhängigkeit von ihren Prioritätsstufen abgefertigt werden, und Datenpakete durch Wiedergewinnen der gespeicherten Pakete aus den Speichermitteln (**112**) ausgegeben werden.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

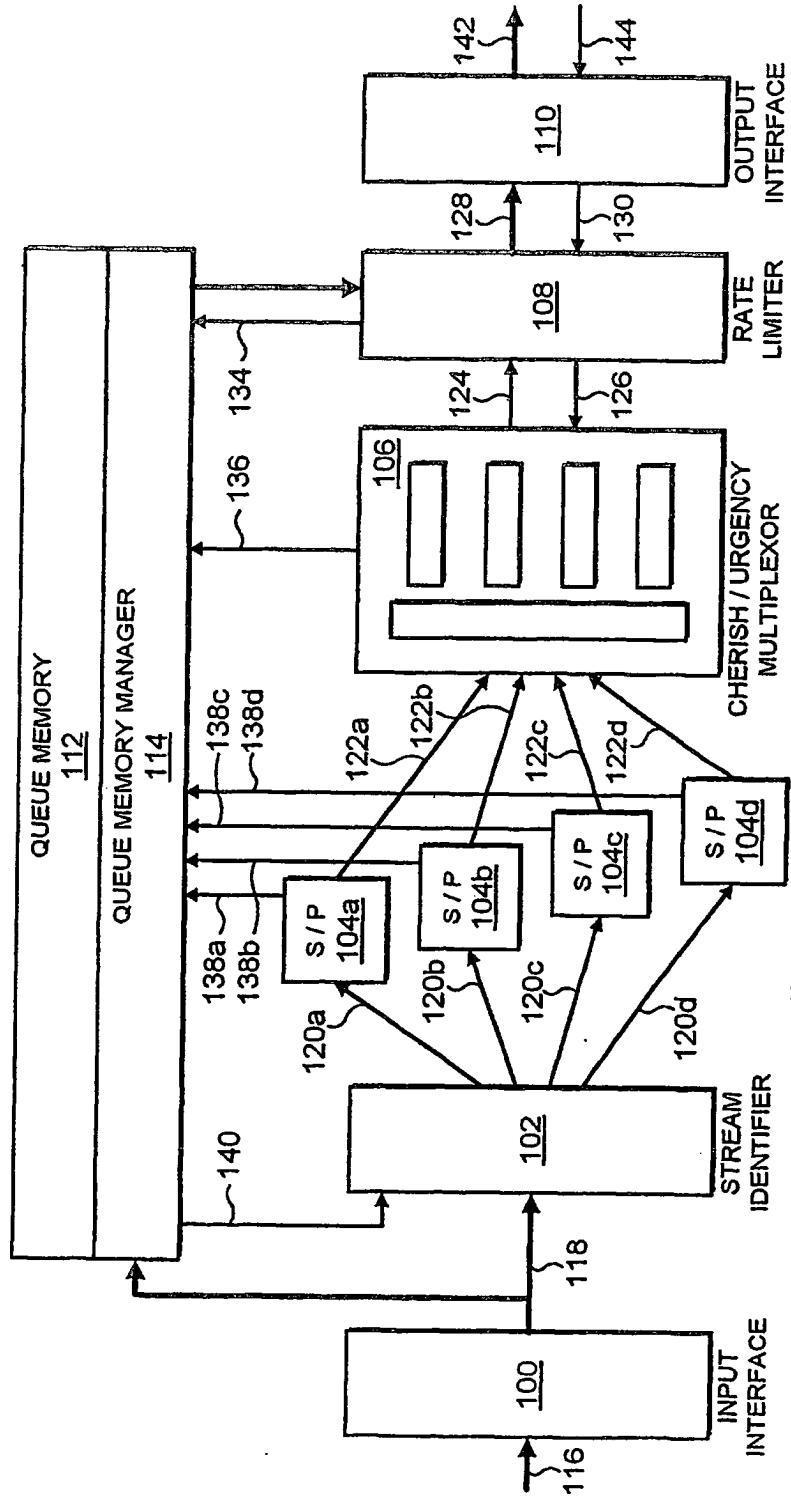


FIG. 1

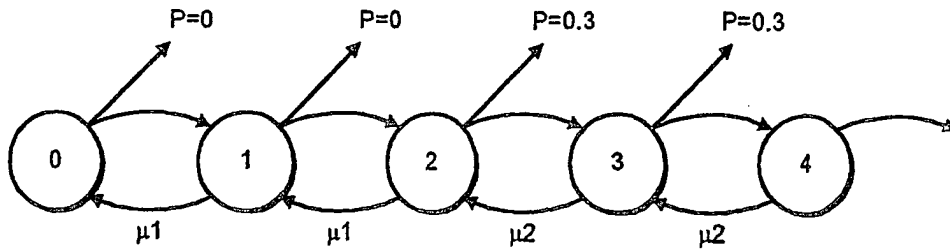


FIG. 2

THE ARBITRARY LOSS PROBABILITIES AND THE SERVICE RATES ASSIGNED TO THE STATES OF THE SHAPER / POLICER QUEUE

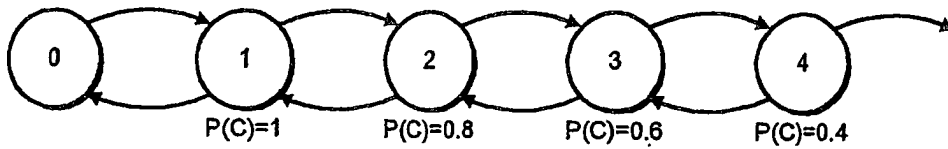


FIG. 3

THE CLASSIFICATION PROBABILITIES ASSOCIATED WITH EACH STATE OF THE QUEUE

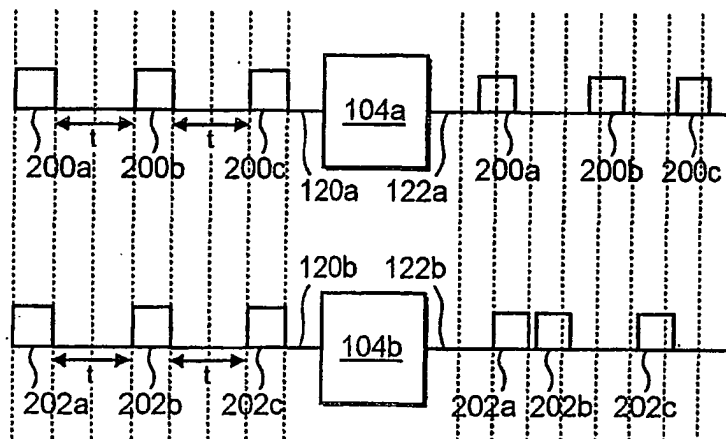


FIG. 4

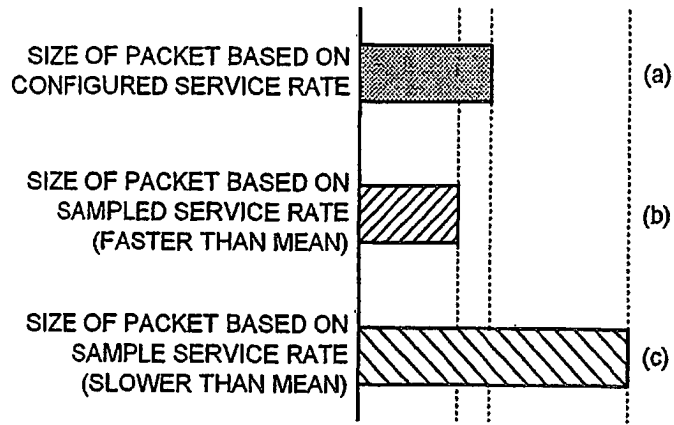


FIG. 5

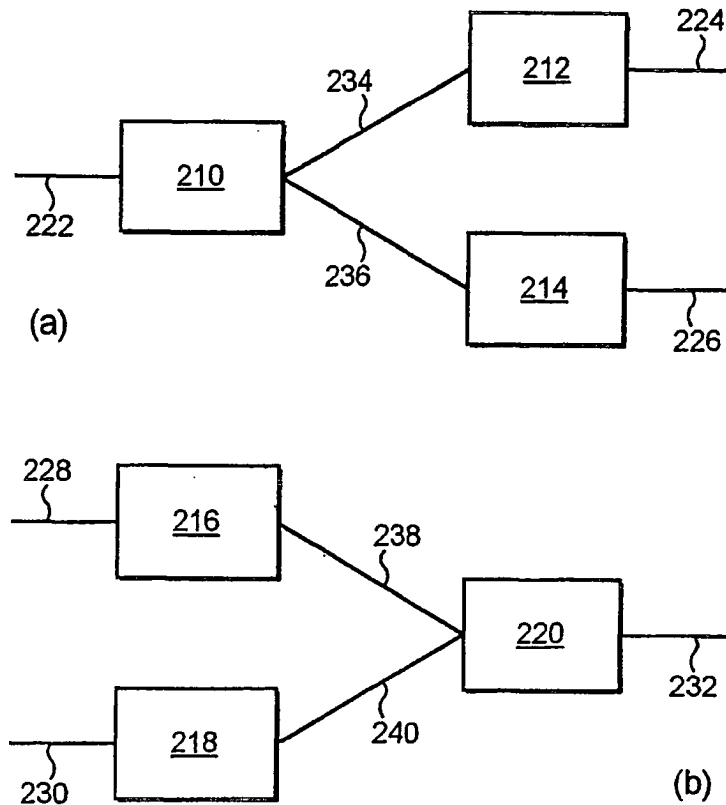


FIG. 6

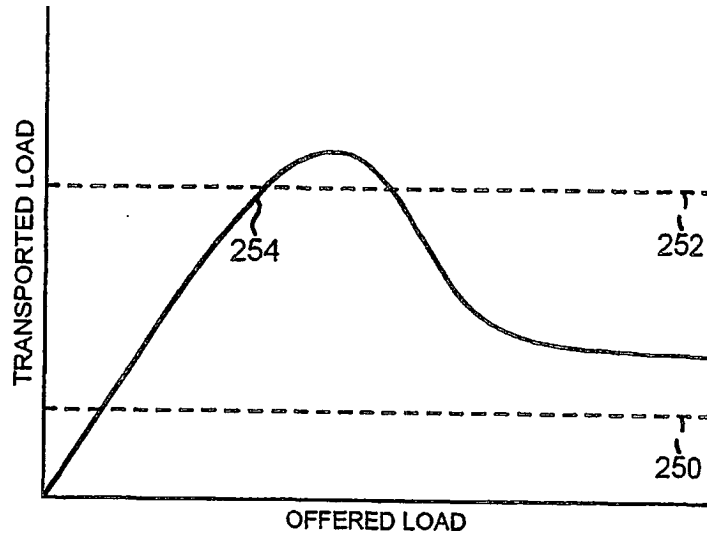


FIG. 7

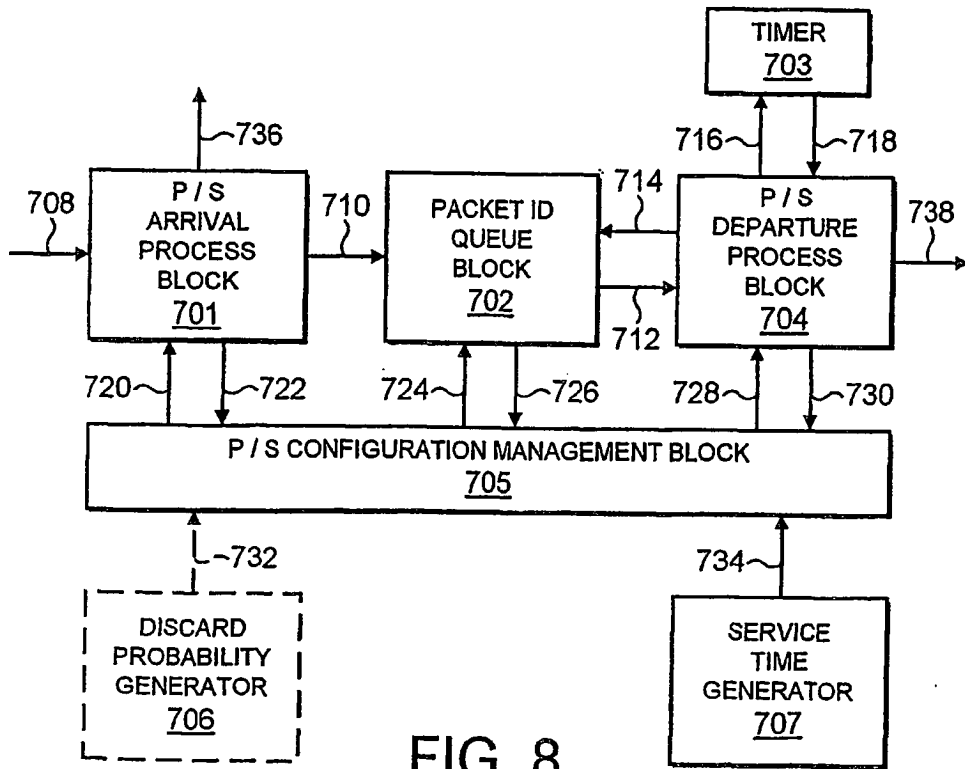


FIG. 8

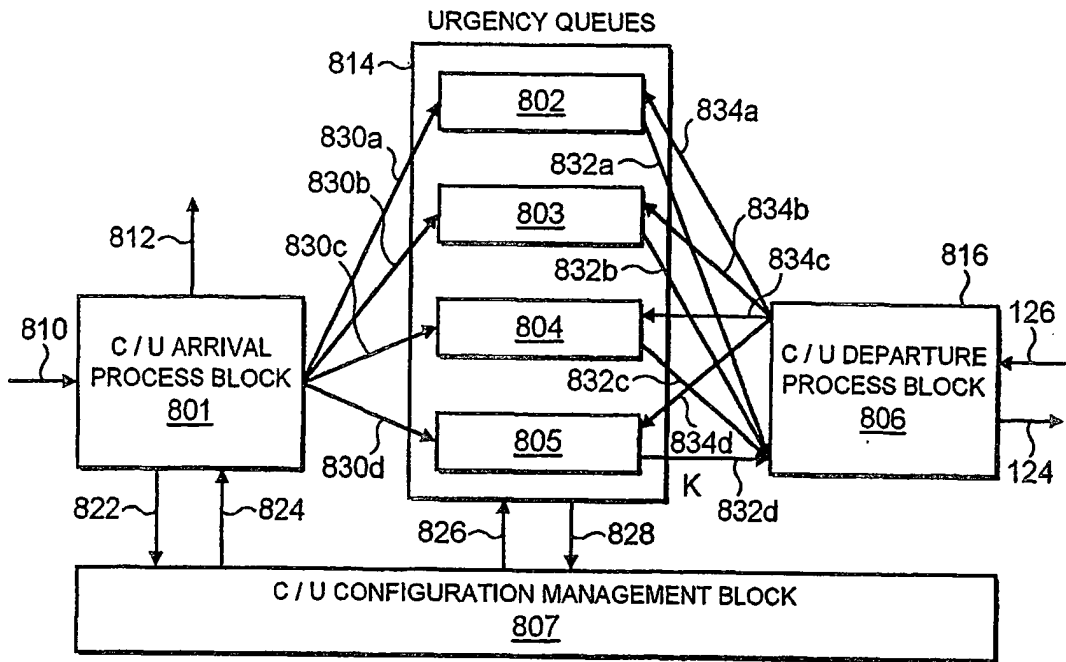


FIG. 9

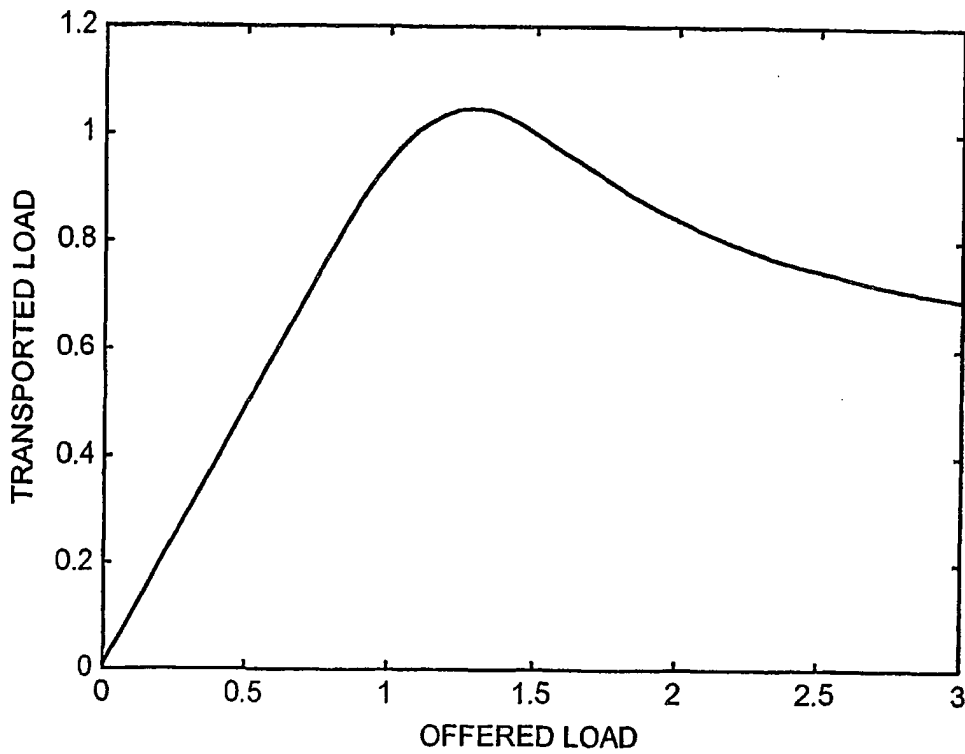


FIG. 10