(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
11. März 2004 (11.03.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/021647 A2

(51) Internationale Patentklassifikation[7]: H04L 12/56

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/002736

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. August 2003 (14.08.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 37 334.5 14. August 2002 (14.08.2002) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **MENTH, Michael** [DE/DE]; Hausnummer 2, 97255 Gelchsheim/Oellingen (DE).

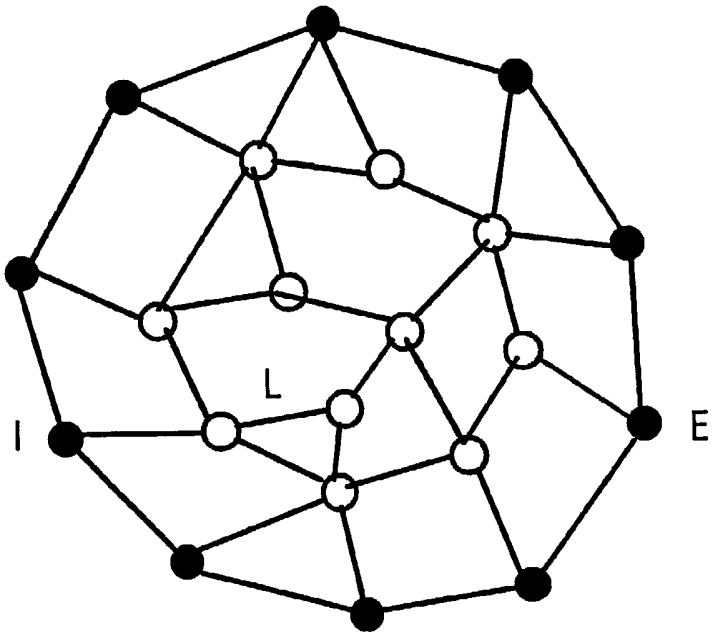
(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(national)*: CN, US.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ACCESS CONTROL FOR PACKET-ORIENTED NETWORKS

(54) Bezeichnung: ZUGANGSKONTROLLE BEI PAKETORIENTIERTEN NETZEN



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for access control to a packet-oriented network. An admissibility check for a group of packets is carried out by means of a threshold value (BBB(i,j)) for the traffic volume (?(i,j)) between the network input node (I) and the network output node (E) for the flow. The transmission of the groups of data packets is not permitted when an authorisation of the transmission would lead to traffic volume (?(i,j)) exceeding the threshold value (BBB(i,j)). A relationship between the threshold values (BBB(i,j)) and the traffic volume (c(L)) in partial stretches or links (L) may be formulated by means of the proportional traffic volume (aV(i,j,L)) over the individual partial stretches (L). Using the capacities of the links (L) the threshold values (BBB(i,j)) for pairs ((i,j)) of input and output nodes can be fixed such that no overload occurs on the individual links. Within the above method a flexible reaction to the drop-out of links (L) can be achieved by means of a resetting of the threshold values (BBB(i,j)). Furthermore the inclusion of other conditions is possible, for example relating to the capacity of interfaces to other networks or special demands on transmission of prioritised traffic.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Zugangskontrolle eines paketorientiertem Netzes. Für ein Gruppe von Paketen wird eine Zulässigkeitsprüfung mit Hilfe eines Grenzwertes (BBB(i,j)) für das Verkehrsaufkommen (δ(i,j)) zwischen dem Netzeingangsknoten (I) und dem Netzausgangsknoten (E) des Flows durchgeführt. Die Übertragung der Gruppe von Datenpaketen wird nicht zugelassen, wenn ein Zulassen der Übertragung zu einem den Grenzwert (BBB(i,j)) überschreitenden Verkehrsaufkommen (δ(i,j)) führen würde. Mittels der anteilsmässigen Verkehrsaufkommen (aV(i,j,L)) über die einzelnen Teilstrecken (L) lässt sich ein Zusammenhang zwischen den Grenzwerten (BBB(i,j)) und dem Verkehrsaufkommen (c(L)) auf Teilstrecken bzw. Links (L) formulieren. Ausgehend von der Kapazität der Links (L) lassen sich für Paare ((i,j)) von Eingangs- und Ausgangsknoten die Grenzwerte (BBB(i,j)) so festsetzen, dass keine Überlast auf den einzelnen

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/021647 A2

(84) Bestimmungsstaaten *(regional)*: europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Links auftritt. Im Rahmen des erfindungsgemässen Verfahren kann flexibel auf den Ausfall von Links (L) durch Neufestsetzung der Grenzwerte (BBB(i,j)) reagiert werden. Zudem ist die Einbeziehung weitere Bedingungen z.B. im Hinblick auf die Kapazität von Schnittstellen zu anderen Netzen oder spezielle Anforderung bei Übertragung priorisierten Verkehrs möglich.

Beschreibung

Zugangskontrolle bei paketorientierten Netzen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verkehrsbegrenzung in einem paketorientierten Netz.

Derzeit ist die Entwicklung von Technologien für paketbasierte Netze ein zentrales Betätigungsfeld für Ingenieure aus den Gebieten der Netztechnik, der Vermittlungstechnik und der Internet-Technologien.

Dabei steht das Ziel im Vordergrund, möglichst ein paketorientiertes Netz für beliebige Dienste verwenden zu können. Traditionell werden über paketorientierte Netze zeitunkritische Datenübertragungen vorgenommen, wie z.B. der Transfer von Dateien oder elektronischer Mail. Sprachübertragung mit Echtzeitanforderungen wird traditionell über Telefonnetze mit Hilfe von der Zeitmultiplextechnik abgewickelt. Man spricht in diesem Zusammenhang häufig auch von TDM (time division multiplexing) Netzen. Mit der Verlegung von Netzen mit hoher Bandbreite bzw. Übertragungskapazität ist neben der Daten- und Sprachübertragung auch die Realisierung von Bildbezogenen Diensten in den Bereich des Machbaren gerückt. Übertragung von Videoinformationen in Echtzeit, z.B. im Rahmen von Video-on-demand Diensten oder Videokonferenzen, wird eine wichtige Kategorie von Diensten zukünftiger Netze sein.

Die Entwicklung zielt dahin, möglichst alle Dienste, datenbezogene, sprachbezogene und auf Videoinformationen bezogene, über ein paketorientiertes Netz durchführen zu können. Für die verschiedenen Anforderung bei der Datenübertragung im Rahmen der verschiedenen Dienste definiert man üblicherweise Dienstklassen. Die Übertragung mit einer definierten Dienstqualität (quality of service) vor allem bei Diensten mit Echtzeitanforderungen verlangt eine entsprechende Steuerung bzw. Kontrolle für die Paketübertragung über das Netz. Im

Englischen gibt es eine Reihe von Begriffen die sich auf die Kontrolle bzw. Steuerung des Verkehrs beziehen: traffic management, traffic conditioning, traffic shaping, traffic engineering, policing ect. Verschiedene Vorgehensweisen für eine Kontrolle bzw. Steuerung für den Verkehr eines paketorientierten Netzes sind in der einschlägigen Literatur beschrieben.

Bei ATM (asynchroneous transfer mode) Netzen wird für jede Datenübertragung auf der gesamten Übertragungsstrecke eine Reservierung vorgenommen. Durch die Reservierung wird das Verkehrsaufkommen beschränkt. Zur Überwachung findet abschnittsweise eine Überlastkontrolle statt. Eine eventuelle Verwerfung von Paketen wird nach Maßgabe des CLP-Bits (CLP: Cell loss priority) des Paketheaders vorgenommen.

Das Diff-Serv Konzept wird bei IP (internet protocol) Netzen angewendet und zielt auf eine bessere Dienstqualität für Dienste mit hohen Qualitätsanforderungen durch Einführung von Dienstklassen. Man spricht in diesem Zusammenhang auch häufig von einem CoS (class of service) Modell. Das Diff-Serv Konzept ist in den von der IETF veröffentlichten RFCs mit den Nummern 2474 und 2475 beschrieben. Im Rahmen des Diff-Serv Konzepts wird mit Hilfe eines DS (Differentiated Services) Feldes im IP Header der Datenpakete durch Setzen des DSCP (DS codepoint) Parameters eine Priorisierung des Paketverkehrs vorgenommen. Diese Priorisierung erfolgt mit Hilfe einer „per hop" Ressourcenallokation, d.h. die Pakete erfahren bei den Knoten je nach der im DS Feld durch den DSCP Parameter festgelegten Dienstklasse (class of service) eine unterschiedliche Behandlung. Die Kontrolle bzw. Steuerung des Verkehrs wird also nach Maßgabe von den Dienstklassen vorgenommen. Das Diff-Serv Konzept führt zu einer privilegierten Behandlung von dem Verkehr priorisierter Dienstklassen, nicht jedoch zu einer zuverlässigen Kontrolle des Verkehrsvolumens.

Ein anderer Ansatz für im Hinblick auf eine quality of service Übertragung über IP Netze ist durch das RSVP (resource reservation protocol) gegeben. Bei diesem Protokoll handelt es sich um ein Reservierungsprotokoll, mit dessen Hilfe eine Bandbreitenreservierung entlang eines Pfades vorgenommen wird. Über diesen Pfad kann dann eine quality of service (QoS) Übertragung stattfinden. Das RSVP Protokoll wird zusammen mit dem MPLS (multi protocol label switching) Protokol eingesetzt, das virtuelle Pfade über IP Netze ermöglicht. Für eine Garantie der QoS Übertragung wird in der Regel entlang des Pfades das Verkehrsaufkommen kontrolliert und gegebenenfalls beschränkt. Durch die Einführung von Pfaden verliert man jedoch viel von der ursprünglichen Flexibilität von IP Netzen.

Zentral für Garantien von Übertragungsqualitätsparametern ist eine effiziente Kontrolle des Verkehrs. Bei einer Kontrolle des Verkehrsaufkommen im Rahmen von Datenübertragung über paketorientierte Netze ist zudem auf eine hohe Flexibilität und geringe Komplexität bei der Datenübertragung zu achten, wie sie z.B. IP Netze in hohem Maße aufweisen. Diese Flexibilität bzw. geringe Komplexität geht bei der Verwendung des RSVP Protokolls mit einer Ende-zu-Ende Pfadreservierung jedoch zu einem großen Teil wieder verloren. Andere Verfahren wie Diff-Serv führen zu keinen garantierten Dienstklassen.

Die Erfindung hat zur Aufgabe, eine effiziente Verkehrskontrolle für ein paketorientiertes Netz anzugeben, das die Nachteile herkömmlicher Verfahren vermeidet.

Die Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Verkehrsbegrenzung in einem paketorientierten Netz nach Anspruch 1 gelöst.

Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahren wird für eine Gruppe von über das Netz zu übertragenden Datenpaketen eines Flows eine Zulässigkeitsprüfung durchgeführt. Die Zulässigkeitsprüfung mit Hilfe eines Grenzwertes für das Verkehrsauf-

kommen zwischen dem Netzeingangsknoten und dem Netzausgangsknoten des Flows vorgenommen. Die Übertragung der Gruppe von Datenpaketen wird nicht zugelassen, wenn ein Zulassen der Übertragung zu einem den Grenzwert überschreitenden Verkehrsaufkommen führen würde.

Bei dem paketorientiertem Netz kann es sich auch um ein Teilnetz oder Subnetz handeln. In IP (Internet Protocol) Systemen gibt es z.B. Netzarchitekturen, bei denen das Gesamtnetz in „autonome Systeme" bzw. „autonomous system" genannte Netze unterteilt ist. Das erfindungsgemäße Netz kann z.B. ein autonomes System oder der Teil des Gesamtnetzes im Zuständigkeitsbereich eines Dienstanbieters (z.B. ISP: internet service provider) sein. Im Falle eines Teilnetzes können über eine Verkehrskontrolle in den Teilnetzen und eine effiziente Kommunikation zwischen den Teilnetzen Dienstparameter für eine Übertragung über das Gesamtnetz festgelegt werden.

Der Begriff „Flow" wird üblicherweise verwendet, um den Verkehr zwischen einer Quelle und einem Ziel zu bezeichnen. Hier bezieht sich Flow auf den Eingangsknoten und den Ausgangsknoten des paketorientierten Netzes, d.h. alle Pakete eines Flows im Sinne unseres Sprachgebrauchs werden über den selben Eingangsknoten und denselben Ausgangsknoten übertragen. Die Gruppe von Paketen ist beispielsweise einer Verbindung (bei einer TCP/IP Übertragung definiert durch IP Adresse und Portnummer von Ausgangs- und Zielprozess) und/oder einer Dienstklasse zugeordnet.

Eingangsknoten des paketorientierten Netzes sind Knoten, über die Pakete in das Netz geleitet werden; Ausgangsknoten sind Knoten des Netzes, über die Pakete das Netz verlassen. In der englischsprachigen Literatur spricht man häufig von ingress nodes und egress nodes. Beispielsweise kann ein Netz gegeben sein, das Randknoten und innere Knoten umfasst. Wenn z.B. über alle Randknoten des Netzes Pakete in das Netz gelangen oder das Netz verlassen können, wären in diesem Falle die

Randknoten des Netzes sowohl Netzeingangsknoten sowie Netzausgangsknoten.

Ein erfindungsgemäßer Zulässigkeitstest kann durch eine Kontrollinstanz in einem Knoten oder den Knoten vorgeschalteten Rechnern durchgeführt werden. Eine Kontrollinstanz kann dabei für mehrere Knoten Kontrollfunktionen übernehmen.

Durch die erfindungsgemäße Zulässigkeitsprüfung wird das Verkehrsaufkommen zwischen einen Netzeingangsknoten und einem Netzausgangsknoten kontrolliert. Es kann verhindert werden, dass zwischen den beiden Knoten ein Verkehrsaufkommen erwächst, das zu einer Überlast im Netz und damit zu Verzögerungen und Paketverwerfungen führen würde. Die Beschränkung des Verkehrsaufkommen kann im Sinne einer Übertragung mit ausgehandelten Dienstqualitätsmerkmalen (SLA: service level agreements) vorgenommen werden, z.B. nach Maßgabe der Priorisierung des Verkehrs.

Für eine Garantie für Dienste mit QoS Datenübertragung kann es wichtig sein, das gesamte Verkehrsaufkommen innerhalb des Netzes zu kontrollieren. Dieses Ziel kann erreicht werden, indem für alle Paare von Netzeingangsknoten und Netzausgangsknoten Grenzwerte für das Verkehrsaufkommen zwischen dem jeweiligen Knotenpaar festgesetzt werden. Die Grenzwerte für das Verkehrsaufkommen zwischen Paaren von Netzeingangsknoten und Netzausgangsknoten können mit Werten für das maximale Verkehrsaufkommen auf Teilstrecken (häufig auch Links genannt) in Relation gesetzt werden. Der maximale Wert für das Verkehrsaufkommen auf Teilstrecken wird sich dabei im Allgemeinen nicht nur nach der Bandbreite, sondern auch nach der verwendeten Netzwerktechnologie richten. Z.B. wird in der Regel zu berücksichtigen sein, ob es sich um ein LAN (Local area Network), ein MAN (Metropolitan Area network), ein WAN (Wide Area network) bzw. ein Backbone-Netzwerk handelt. Andere Parameter als die Übertragungskapazität, wie z.B. Verzögerungen bei der Übertragung, müssen z.B. für Netze für Echt-

zeitanwendungen mitberücksichtigt werden. Beispielsweise ist ein Auslastungsgrad nahe bei 100% für LAN mit CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access (with) Collision Detection) mit Verzögerungen verbunden, die Echtzeit-Anwendungen in der Regel ausschließen. Aus den maximalen Werten für das maximale Verkehrsaufkommen auf Teilstrecken lassen sich dann die Grenzwerte für das Verkehrsaufkommen zwischen Paaren von Netzeingangsknoten und Netzausgangsknoten festlegen. Diese Relation basiert in der bevorzugten Ausgestaltung auf dem für die Paare von Netzeingangsknoten und Netzausgangsknoten anteilsmäßigen Verkehrsaufkommen über die einzelnen Teilstrecken des Netzes. Die für die Paare von Netzeingangsknoten und Netzausgangsknoten anteilsmäßigen Verkehrsaufkommen über die einzelnen Teilstrecken des Netzes können anhand von Erfahrenswerten oder bekannten Eigenschaften von Knoten und Links ermittelt werden. Möglich ist auch, das Netz auszumessen, um diese die anteilsmäßigen Verkehrsaufkommen über die einzelnen Teilstrecken in Abhängigkeit von Netzeingangsknoten und Netzausgangsknoten zu erhalten. In der Verkehrstheorie spricht man in diesem Zusammenhang von der Verkehrsmatrix.

Die Erfindung hat den Vorteil, dass Informationen für die Zugangskontrolle nur bei Eingangsknoten vorgehalten werden müssen. Diese Informationen umfassen für einen Eingangsknoten z.B. die Grenzwerte und aktuellen Werte für die Verkehrsaufkommen zwischen dem Eingangsknoten und den verschiedenen Ausgangsknoten. Der Umfang der Informationen ist beschränkt. Die Aktualisierung des Verkehrsaufkommen wenig aufwändig. Die inneren Knoten brauchen hinsichtlich der Zulässigkeitskontrolle keine Funktionen übernehmen. Das Verfahren ist somit erheblich aufwandsärmer und hat einen niedrigeren Komplexitätsgrad als Verfahren, die für einzelne Teilstrecken Zulässigkeitskontrollen vorsehen. Im Gegensatz zu herkömmlichen Verfahren wie ATM oder MPLS braucht innerhalb des Netzes kein Pfad reserviert zu werden.

In einer Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens werden zusätzlich zwei weitere Zulässigkeitsprüfungen durchgeführt, wobei eine dieser Zulässigkeitsprüfungen mit Hilfe eines Grenzwertes für den über den Netzeingangsknoten des Flows geleiteten Verkehr und die andere mit Hilfe eines Grenzwertes für den über den Netzausgangsknoten des Flows geleiteten Verkehr durchgeführt wird. Die Zulässigkeitsprüfung mit Hilfe eines Grenzwertes für den über den Netzausgangsknoten des Flows geleiteten Verkehr kann z.B. bei dem entsprechenden Ausgangsknoten vorgenommen werden. Die Kontrollinstanzen für die einzelnen Zulässigkeitsprüfungen kommunizieren dann miteinander, um mit Hilfe der Ergebnisse der einzelnen Zulässigkeitsprüfungen eine Entscheidung bezüglich der Übertragung der Gruppe von Datenpaketen herbeizuführen.

Im Rahmen dieser Variante kann ein Zusammenhang zwischen den Verkehrsaufkommen zwischen Paaren von Netzeingangsknoten und Netzausgangsknoten und dem Verkehrsaufkommen auf Teilstrecken des Netzes hergestellt werden. Mittels der Werte für ein maximales Verkehrsaufkommen auf den Teilstrecken des Netzes können Grenzen für das Verkehrsaufkommen zwischen den Paaren von Netzeingangsknoten und Netzausgangsknoten sowie Grenzwerte für den über die Netzeingangsknoten geleiteten Verkehr und über die Netzausgangsknoten geleiteten Verkehr bestimmt werden.

Der Zusammenhang zwischen den Verkehrsaufkommen zwischen Paaren von Netzeingangsknoten und Netzausgangsknoten und dem Verkehrsaufkommen auf Teilstrecken des Netzes kann als Optimierungsproblem mit Randbedingungen bzw. Nebenbedingungen in Form von Ungleichungen hergestellt werden. Dabei fließt das anteilsmäßige Verkehrsaufkommen über die einzelnen Teilstrecken des Netzes zur Formulierung des Zusammenhangs zwischen den Verkehrsaufkommen zwischen Paaren von Netzeingangsknoten und Netzausgangsknoten und dem Verkehrsaufkommen auf Teilstrecken des Netzes ein.

Diese Formulierung erlaubt zusätzlich, weitere Kriterien in Form von Ungleichungen in die Bestimmung der Grenzen bzw. Grenzwerte für die Zulässigkeitsprüfungen aufzunehmen. Es können z.B. bei der Bestimmung von Grenzen bzw. Grenzwerten für die Zulässigkeitsprüfungen Bedingungen in Form von Ungleichungen aufgenommen werden, die ein geringes Verkehrsaufkommen von hochpriorisierten Verkehr auf Teilstrecken mit größeren Verzögerungszeiten bedingen. Ein anderes Beispiel ist das eines Ausgangsknoten, über den Pakete zu mehreren Eingangsknoten von anderen Netzen übertragen werden können, d.h. der Ausgangsknoten hat Schnittstellen zu mehreren anderen Netzen. Wenn Eingangsknoten eines der nachfolgenden Netze ein geringeres Datenvolumen als der Ausgangsknoten bearbeiten kann, kann durch eine weitere Nebenbedingung in Form einer Ungleichung sicher gestellt werden, dass der über den Ausgangsknoten zu dem Eingangsknoten geleitete Verkehr dessen Kapazität übersteigt.

Entsprechend einer Weiterbindung der Erfindung werden bei Ausfall einer Teilstrecke die Grenzen bzw. Grenzwerte für die Zulässigkeitsprüfung bzw. die Zulässigkeitsprüfungen neu mit der Bedingung festgesetzt werden, dass über die ausgefallene Teilstrecke keine Pakete übertragen werden. Durch die erneute Festsetzung der Grenzen wird erreicht, dass über andere Links der Verkehr geleitet wird, der sonst über den ausgefallenen Link übertragen worden wäre, ohne dass es zu einer Überlast durch den umgeleiteten Verkehr käme. Es kann so flexibel auf Ausfälle reagiert werden.

Ein vorsorglicher Schutz gegen Linkausfälle kann durch die Wahl der Grenzwerte bzw. Grenzen gewährleistet werden. Dabei werden für eine Mehrzahl von möglichen Störfällen jeweils Grenzen bzw. Grenzwerte bestimmt, bei denen das Verkehrsaufkommen auch im Störfall in einem zulässiger Rahmen bleibt, d.h. Parameter wie Laufzeitverzögerung und Paketverlustrate in durch die Qualitätsanforderungen für die Datenübertragung definierten Bereichen bleiben. Die Grenzen bzw. Grenzwerte

werden dann auf das Minimum der Werte für die untersuchten Störfälle gesetzt. D.h. jeder der Störfälle ist durch die Wahl der Grenzen bzw. Grenzwerte abgefangen. Die Mehrzahl der Störfälle kann z.B. alle Ausfälle von Links umfassen.

Die genannten Zulässigkeitsprüfungen lassen sich auch in Abhängigkeit der Dienstklasse durchführen. Es ist beispielsweise denkbar, eine niedrig priorisierte Dienstklasse zu haben, bei der man Verzögerungen oder den Verwurf von Paketen in Kauf nimmt, wenn die Auslastung des Netzes hoch ist. Dagegen würden für hoch priorisierten Verkehr die Grenzen so gewählt werden, dass Garantien bezüglich Übertragungsqualitätsparameter übernommen werden können.

Die Erfindung wird im folgenden anhand einer Figur im Rahmen eines Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Die Figur zeigt ein erfindungsgemäßes Netz. Randknoten sind durch gefüllte Kreise, innere Knoten durch nicht gefüllte Kreise gekennzeichnet. Links sind durch Verbindungen zwischen den Knoten dargestellt. Exemplarisch ist ein Eingangsknoten mit I, ein Ausgangsknoten mit E und ein Link mit L bezeichnet. Über den Link L wird ein Teil des Verkehrs zwischen den Knoten I und E übertragen. Die Zulässigkeitsprüfungen bei dem Eingangsknoten I und evtl. bei dem Ausgangsknoten E stellen zusammen mit den anderen Zulässigkeitsprüfungen sicher, dass keine Überlast bei dem Link L auftritt.

Im folgenden werden mathematische Relationen bzw. Zusammenhänge für das erfindungsgemäße Verfahren dargestellt. In der Praxis werden in der Regel Grenzen bzw. Grenzwerte in Abhängigkeit der maximalen Linkkapazitäten festgesetzt. Ob der einfacheren mathematischen Darstellung wird im folgenden der umgekehrte Fall betrachtet, d.h. in Abhängigkeit der Grenzen bzw. Grenzwerte die Dimensionierung der Links berechnet. Die Lösung des umgekehrten Problems kann dann mit numerischen Methoden erfolgen.

Für die folgende detailliertere Darstellung werden folgende Größen eingeführt:

BBB(i,j): die Grenze für das Verkehrsaufkommen zwischen dem Eingangsknoten i und dem Ausgangsknoten j
c(L): das Verkehrsaufkommen auf dem Netzabschnitt (Link) L
aV(i,j,L): das anteilsmäßige Verkehrsaufkommen über den Link L des gesamten Verkehrsaufkommens zwischen dem Eingangsknoten i und dem Ausgangsknoten j

Für jeden Link L gilt:

$$C(L) = \sum BBB(i,j) \cdot aV(i,j,L), \qquad (1)$$

wobei die Summe über alle Netzeingangsknoten i und Netzausgangsknoten j läuft. Dies gilt unter der Annahme, dass keine Pakete des Netzes im Kreis geleitet werden. D.h. die Übertragung innerhalb des Netzes sei schleifenfrei. Durch die Gleichung (1) ist eine Relation hergestellt, durch die Parameter c(L) mit den Grenzen BBB(i,j) in Relation gesetzt werden.

Für die Ausgestaltung mit zwei zusätzlichen Zulässigkeitsprüfungen lässt sich folgender mathematischer Zusammenhang formulieren. Es gelten die obigen Definitionen. Zudem sei

Ingress(i): Der Grenzwert für den Verkehr über den Netzeingangsknoten i,
Egress(j): Der Grenzwert für den Verkehr über den Ausgangsknoten j,
$\delta(i,j)$: Das Verkehrsaufkommen zwischen dem Netzeingangsknoten i und dem Netzausgangsknoten j.

Es lassen sich nun folgende Ungleichungen formulieren:

Für alle i gilt

$\sum \delta(i,j) \leq Ingress(i)$, Summe über alle j. (2)

Für alle j gilt

$\sum \delta(i,j) \leq Egress(j)$, Summe über alle i. (3)

Für alle 2-Tupel (i,j) gilt

$\delta(i,j) \leq BBB(i,j)$. (4)

Für alle Links L gilt:

$c(L) = \sum \delta(i,j) \cdot aV(i,j,L)$, Summe über alle i und j. (5)

Mit Hilfe des Simplex-Algorithmus können für vorgegebene Werte von Ingress(i), Egress(j) und BBB(i,j) die maximalen c(L) berechnet werden, die die Ungleichungen (2) bis (4) erfüllen. Anders herum kann für einen Satz Grenzen bzw. Grenzwerte Ingress(i), Egress(j) und BBB(i,j) überprüft werden, ob auf einem Link L eine unzulässig hohe Last auftreten kann. Eine der zu hohen Last entgegenwirkende Änderung der Grenzen bzw. Grenzwerte kann in diesem Fall vorgenommen werden.
Das erfinderische Verfahren lässt auf einfache Weise zu, durch Änderung der Grenzen bzw. Grenzwerte auf Störungen zu reagieren. So kann bei dem Ausfall eines Links L die Relation bzw. der Zusammenhang diesen Link ausklammern (z.B. durch Nullsetzen aller aV(i,j,L) für diesen Link L). Durch die neue Formulierung der Relation bzw. des Zusammenhangs können abgeänderte Grenzen bzw. Grenzwerte ermittelt werden, die als Zulässigkeitskriterien Überlast innerhalb des Netzes verhindern.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verkehrsbegrenzung in einem paketorientierten Netz mit einer Mehrzahl von Teilstrecken (L), bei dem
- für eine Gruppe von über das Netz zu übertragenden Datenpaketen eines Flows eine Zulässigkeitsprüfung durchgeführt wird,
- die Zulässigkeitsprüfung mit Hilfe eines Grenzwertes (BBB(i,j)) für das Verkehrsaufkommen (δ(i,j)) zwischen dem Netzeingangsknoten (I) und dem Netzausgangsknoten (E) des Flows durchgeführt wird, und
- die Übertragung der Gruppe von Datenpaketen nicht zugelassen wird, wenn ein Zulassen der Übertragung zu einem den Grenzwert (BBB(i,j)) überschreitenden Verkehrsaufkommen (δ(i,j)) führen würde.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
- dass für alle Paare ((i,j)) von Netzeingangsknoten und Netzausgangsknoten Grenzwerte (BBB(i,j)) für das Verkehrsaufkommen (δ(i,j)) zwischen dem jeweiligen Knotenpaar ((i,j)) festgesetzt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
- dass die Grenzwerte (BBB(i,j)) für das Verkehrsaufkommen (δ(i,j)) zwischen Paaren ((i,j)) von Netzeingangsknoten und Netzausgangsknoten mit dem Verkehrsaufkommen (c(L)) auf Teilstrecken (L) des Netzes in Relation gesetzt werden, und
- dass mittels Werten für maximale Verkehrsaufkommen (c(L)) auf den Teilstrecken (L) des Netzes die Grenzwerte (BBB(i,j)) für das Verkehrsaufkommen (δ(i,j)) zwischen Netzeingangsknoten und Netzausgangsknoten festgesetzt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,

- dass für die Paare ((i,j)) von Netzeingangsknoten und Netzausgangsknoten das anteilsmäßige Verkehrsaufkommen (aV(i,j,L)) über die einzelnen Teilstrecken (L) des Netzes ermittelt wird, und
- dass die Grenzwerte (BBB(i,j)) für das Verkehrsaufkommen (δ(i,j)) zwischen Paaren ((i,j)) von Netzeingangsknoten und Netzausgangsknoten mit dem Verkehrsaufkommen (c(L)) auf Teilstrecken (L) des Netzes mit Hilfe der Werte für das anteilsmäßige Verkehrsaufkommen (aV(i,j,L)) über die einzelnen Teilstrecken (L) in Relation gesetzt werden.

5. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass zusätzlich zwei weitere Zulässigkeitsprüfungen durchgeführt werden, wobei eine dieser Zulässigkeitsprüfungen mit Hilfe eines Grenzwertes (Ingress(i)) für den über den Netzeingangsknoten (I) des Flows geleiteten Verkehr und die andere mit Hilfe eines Grenzwertes (Egress(j)) für den über den Netzausgangsknoten (E) des Flows geleiteten Verkehr durchgeführt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
- dass ein Zusammenhang zwischen den Verkehrsaufkommen (δ(i,j)) zwischen Paaren ((i,j)) von Netzeingangsknoten und Netzausgangsknoten und dem Verkehrsaufkommen (c(L)) auf Teilstrecken (L) des Netzes hergestellt wird, und
- dass mittels Werten für ein maximales Verkehrsaufkommen auf den Teilstrecken des Netzes Grenzen (BBB(i,j)) für das Verkehrsaufkommen zwischen den Paaren von Netzeingangsknoten und Netzausgangsknoten sowie Grenzwerte (Ingress(i), Egress(j)) für den über die Netzeingangsknoten geleiteten Verkehr und über die Netzausgangsknoten geleiteten Verkehr festgesetzt werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,

- dass der Zusammenhang zwischen den Verkehrsaufkommen ($\delta(i,j)$) zwischen Paaren ((i,j)) von Netzeingangsknoten und Netzausgangsknoten und dem Verkehrsaufkommen ($c(L)$) auf Teilstrecken (L) des Netzes mit Hilfe von Ungleichungen hergestellt wird,
- und ein Optimierungsverfahren für das Verkehrsaufkommen ($c(L)$) auf Teilstrecken (L) des Netzes durchgeführt wird, wobei
-- die Ungleichungen als Nebenbedingungen für die Optimierung verwendet werden, und
-- das anteilsmäßige Verkehrsaufkommen ($aV(i,j,L)$) über die einzelnen Teilstrecken (L) des Netzes zur Formulierung des Zusammenhangs zwischen den Verkehrsaufkommen ($\delta(i,j)$) zwischen Paaren von Netzeingangsknoten und Netzausgangsknoten und dem Verkehrsaufkommen ($c(L)$) auf Teilstrecken (L) des Netzes verwendet wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehende Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass bei Ausfall einer Teilstrecke (L) die Grenzen ($Ingress(i)$, $Egress(j)$) bzw. Grenzwerte ($BBB(i,j)$) für die Zulässigkeitsprüfung bzw. die Zulässigkeitsprüfungen neu mit der Bedingung festgesetzt werden, dass über die ausgefallene Teilstrecke (L) keine Pakete übertragen werden.

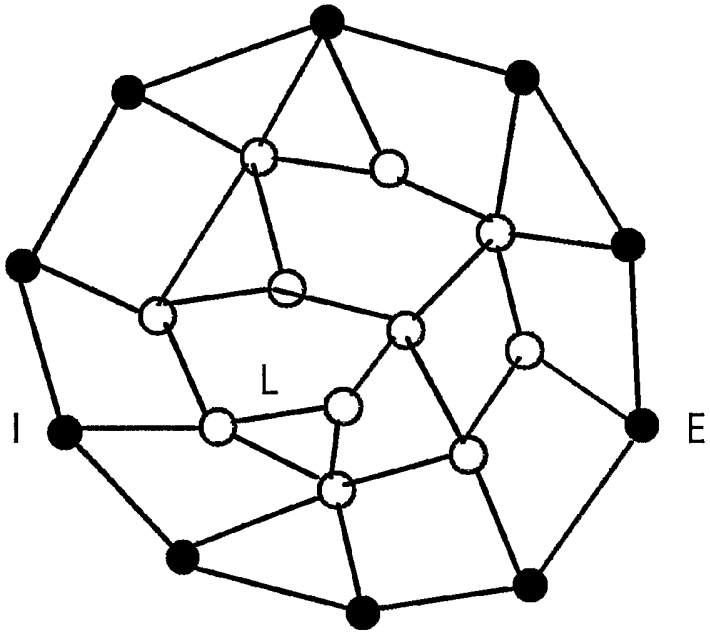
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass für zumindest eine Zulässigkeitsprüfung von der Dienstklasse der Gruppe von Paketen abhängige Grenzen ($Ingress(i)$, $Egress(j)$) bzw. Grenzwerten ($BBB(i,j)$) verwendet werden.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
- dass für eine Mehrzahl von möglichen Störfällen jeweils Grenzen bzw. Grenzwerte bestimmt werden, bei denen das Verkehrsaufkommen auch im Störfall in einem zulässigen Rahmen bleibt, und

- dass die Grenzen bzw. Grenzwerte auf das Minimum der Werte für die untersuchten Störfälle gesetzt werden.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet,

- dass wenigstens ein weiterer Zusammenhang mit Hilfe einer Ungleichung hergestellt wird, der eine Verkehrsbeschränkung auf eine Teilstrecke (L) des Netzes oder einer von dem Netz wegführenden Teilstrecke (L) ausdrückt, und
- dass das Optimierungsverfahren unter dieser weiteren Nebenbedingung durchgeführt wird.


L
I
E