(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 00 927 T2** 2004.08.12

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 172 973 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 00 927.4**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 304 499.5**
(96) Europäischer Anmeldetag: **22.05.2001**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **16.01.2002**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **08.10.2003**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **12.08.2004**

(51) Int Cl.[7]: **H04L 12/56**
H04L 12/26

(30) Unionspriorität:
613672 **11.07.2000** **US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB, SE

(73) Patentinhaber:
Lucent Technologies Inc., Murray Hill, N.J., US

(74) Vertreter:
derzeit kein Vertreter bestellt

(72) Erfinder:
Bodnar, Bohdan Lew, Park Ridge, Illinois 60068, US; Byers, Charles Calvin, DuPage, US; Dunn, James Patrick, Sandwich, Illinois 60548, US

(54) Bezeichnung: **Verbesserter Internet Protocolpaketrouter**

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

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Vorrichtungen zum Routen von Paketen und Verfahren zum Routen von Paketen.

[0002] Ein Router für Pakete des Internet-Protokolls (Datagramme) nimmt Eingangspakete von vielen Quellen an, die für viele Ziele bestimmt sind. Jedes Paket enthält einen Kopfteil, der eine Zieladresse enthält. Da viele der Ziele häufig in vielen Paketen angetroffen werden, führt ein Router für eine Liste häufig verwendeter Zieladressen die Identität des Ausgangsports des Routers, der gerade zum Routen von Paketen in Richtung dieses Ziels verwendet wird. Bei vorbekannten Paketroutern wird ein inhaltsadressierbarer Speicher zum Speichern des den am häufigsten angetroffenen Zieladressen entsprechenden Ausgangsports verwendet. Wenn auf diesen inhaltsadressierbaren Speicher mit der Identität einer Zieladresse zugegriffen wird, liefert der inhaltsadressierbare Speicher, wenn er eine Übereinstimmung zwischen dieser Adresse und einer seiner Einträge findet, direkt oder indirekt die Identität des Ports, zu dem das Paket geroutet werden soll. Bei etwas weniger häufig verwendeten Adressen wird ein Speicher der zweiten Ebene bereitgestellt, der diese Zieladressen und entsprechende Portidentifikationen speichert. Der Speicher der zweiten Ebene kann mit Techniken wie zum Beispiel Hash-Zugriff zum Finden eines bestimmten Eintrags durchsucht werden.

[0003] Wenn weder in dem inhaltsadressierbaren Speicher noch in dem Speicher der zweiten Ebene ein Eintrag gefunden wird, wird eine Anfrage zu benachbarten Internet-Protokoll-Routern gesendet, um zu sehen, ob sie diese Zieladresse gespeichert haben, und, wenn dies der Fall ist, bestimmte Informationen darüber zu erhalten, wie ein Paket zu dieser Zieladresse geroutet werden soll. Wenn diese Anfrage erfolglos bleibt, wird das Paket zu einem Backbone-Router gesendet, der Zugriff auf eine noch größere Menge von Zieladressen hat. Wenn schließlich alles andere erfolglos bleibt, wird das Paket einfach verworfen. Die große Zeitvariation, die erforderlich ist, um verschiedene Pakete zu verarbeiten, führt zu einer Variation der Verzögerung beim Durchlaufen eines Routers. Außerdem wird der Gesamtdurchsatz eines Routers durch das gelegentliche, schwierig zu routende Paket signifikant vermindert.

[0004] Der Entwurf von Internet-Protokoll-Paket-Routern bringt deshalb zwei Arten von Problemen mit sich. Erstens besteht ein einfaches technologisches Problem darin, die große Anzahl von Paketen, die jede Sekunde in jedem Modul eines Routers eintrifft, zu verarbeiten. Zweitens besteht ein großer Unterschied zwischen dem Verarbeitungsaufwand, der für Pakete erforderlich ist, deren Identität in dem inhaltsadressierbaren Speicher gespeichert ist, die deshalb sehr schnell verarbeitet werden können, und den Paketen, die eine wesentlich extensivere Datenverarbeitung erfordern. Sobald das technologische Problem der Handhabung einer angemessenen Anzahl von Paketen, deren Zieladressen bekannt sind, gelöst wurde, ist das verbleibende Problem, die verbleibenden Pakete zu verarbeiten. Ein Problem des Stands der Technik besteht darin, daß es keine vernünftige wirtschaftliche Lösung für das Problem der Verarbeitung solcher Pakete in einem Internet-Protokoll-Router oder in jedem beliebigen anderen Router gibt, der Datenpakete mit einer großen Anzahl verschiedener Zieladressen verarbeitet.

[0005] Aus US-A-6069895 sind Anordnungen für eine große Paketvermittlung bekannt. Die Paketvermittlung enthält mehrere intelligente Leitungsanschlußkarten zum Routen von Paketen, deren Routing-Informationen in der Leitungsanschlußkarte gespeichert sind. Die Routing-Tabellen jeder Leitungsanschlußkarte werden unter der Kontrolle einer zentralen Steuerung aktualisiert.

[0006] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine Vorrichtung nach Anspruch 1 bereitgestellt.

[0007] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren nach Anspruch 12 bereitgestellt.

[0008] Bei einer Ausführungsform der Erfindung weist ein Paketrouter, wie zum Beispiel ein Internet-Protokoll-Paketrouter, zwei Arten von Routing-Modulen auf: ein einfaches Routing-Modul, das Pakete routen kann, deren Adressen in einem schnell zugänglichen Speicher gespeichert sind, und das deshalb solche Pakete auf der Basis des Ergebnisses dieser schnellen Speichersuche routen kann, und ein Vorgabe-Routermodul, das alle anderen Pakete aus der ersten Art von Routing-Modulen empfängt und diese Pakete verarbeitet. Vorteilhafterweise kann das Vorgabe-Routermodul einen sehr großen Speicher, einen komplizierten Verarbeitungskomplex zur Verarbeitung solcher Pakete und zum Abwickeln von allgemeinen Routerfunktionen wie zum Beispiel Steuerung des Aktualisierens der Routing-Tabellen der einfacheren Routing-Module, und einen großen Puffer zum Speichern der Pakete, die es verarbeitet, während der Zeit, in der Anfragen an andere Router durchgeführt werden, aufweisen.

[0009] Vorteilhafterweise können die einfachen Routing-Module so ausgelegt werden, daß sie eine sehr große Anzahl von Paketen handhaben können, ohne sich darum sorgen zu müssen, daß eine Flut von Paketen, für die sie keine Routing-Informationen haben, ihre Fähigkeit überschwemmen könnte, den Großteil ihrer Pakete abzuwickeln; Pakete, für die sie keine Routing-Informationen haben, werden einfach zu dem Vorgabe-Routermodul gesendet, um von diesem Modul verarbeitet zu werden. Vorteilhafterweise wird die Überlauflast von allen einfachen Routing-Modulen so zu dem Vorgabe-Routing-Modul gelenkt, da, wenn eines der einfachen Module eine ungewöhnlich große Anzahl von Paketen aufweist, die es nicht verarbeiten kann (d. h. Pakete, für die kein Zielport in dem Router-Modul gespeichert wurde),

der Vorgaberouter den Umstand ausnutzen kann, daß nicht alle der einfachen Module gleichzeitig eine große Last senden.

[0010] Da es nur eines oder höchstens eine kleine Anzahl von Vorgabemodulen gibt, können die Kosten des Vorgabemoduls wesentlich höher sein, und es kann ein komplizierterer Verarbeitungskomplex für dieses Vorgabemodul bereitgestellt werden, ohne daß der gesamte Router zu teuer wird.

[0011] Gemäß der bevorzugten Ausführungsform steuern die Vorgabemodul e) das Aktualisieren der Weiterleitungstabellen der einfachen Module.

Kurze Beschreibung der Zeichnung(en)

[0012] **Fig.** 1 ist ein Blockschaltbild eines Routing-Knotens gemäß dem Stand der Technik;

[0013] **Fig.** 2 ist ein Blockschaltbild eines Routing-Knotens, der die Erfindung realisiert;

[0014] **Fig.** 3 ist ein Blockschaltbild eines Prozessors für ein Vorgabe-Routing-Modul;

[0015] **Fig.** 4 ist ein Flußdiagramm von Aktionen, die durch die einfachen Routing-Module durchgeführt werden; und

[0016] **Fig.** 5 ist ein Flußdiagramm von Operationen, die von dem Vorgabe-Routing-Modul durchgeführt werden.

Ausführliche Beschreibung

[0017] **Fig.** 1 zeigt einen vorbekannten Backbone-Router mit Leitungsanschlußkarten **100** und **120**, die mit einem Koppelfeld **110** verbunden sind. Die Leitungsanschlußkarte **100** besteht aus einer Eingangsfunktion **101**, die aus einer Empfangsleitungsanschlußschnittstelle **103** besteht, einer Koppelfeldschnittstelle **105** und Hardwareschaltkreisen, die die IP-Routing-Engine **107** implementieren. Die Leitungsanschlußkarte **100** enthält außerdem eine Ausgangsfunktion (**102**), die eine Koppelfeldschnittstellenfunktion **106** aufweist, und einen Ausgangspuffer **108** und eine Leitungsanschlußschnittstelle **104**. Die andere gezeigte Leitungsanschlußkarte weist ebenfalls eine Eingangsfunktion **121** und eine Ausgangsfunktion **122** auf. Zusätzlich würde der Router einen (nicht gezeigten) OAM&P-Prozeß (Operations, Administration, Maintenance und Provisioning) aufweisen, aber es gibt keinen zentralisierten Routing-Prozessor. Da die IP-Routing-Engine in Hardware implementiert wird, enthält sie keine große Bibliothek von Support-Routinen, die in einem typischen Router auf Softwarebasis anzutreffen ist. Die IP-Routing-Engine verwendet Daten, die in dem Leitungsanschlußkartenspeicher gespeichert und von dem OAM&P-Prozessor geführt werden. Das Koppelfeld **110** verbindet jede beliebige Eingangsfunktion mit jeder beliebigen Ausgangsfunktion, und das Koppelfeld wird bei einer bevorzugten Ausführungsform alle 200 ns konfiguriert. In **Fig.** 1 wird die Eingangsfunktion **101** durch den Weg **111** mit der Ausgangsfunktion **122** verbunden. Wenn das Koppelfeld konfiguriert wird, wird das gerade in der IP-Engine **107** verarbeitete Paket zu dem Ausgangspuffer **128** transferiert.

[0018] In **Fig.** 2 wurde eine der Leitungsanschlußkarten durch eine spezielle Leitungsanschlußkarte **220** ersetzt, die eine Anzahl spezieller Routing-Funktionen, darunter die Vorgabe-Route-Funktion bereitstellt. Die Leitungsanschlußkarte **220** weist keinerlei externe Leitungsanschlußschnittstellen auf und erhält und beseitigt ihren Verkehr über das Koppelfeld **210**. Das Koppelfeld **210** vermittelt die Ausgabe der Koppelfeldschnittstellen **205** und **232** des einfachen Routing-Moduls **200** und des Vorgabe-Routing-Moduls **220** zu den Koppelfeldschnittstellen **206** und **231** des einfachen Routing-Moduls **200** (oder eines nicht gezeigten anderen solchen einfachen Routing-Moduls) und des Vorgabe-Routing-Moduls **220**. Die spezielle Leitungsanschlußkarte **220** enthält einen großen Paketpuffer (**228**) und einen Vielzweckprozessor (**229**), mit dem viele der in **Fig.** 1 nicht bereitgestellten Unterstützungsprotokolle ausgeführt werden. Zusätzlich hat der Vielzweckprozessor die Kontrolle über die in dem Speicher **226** gespeicherten Nachschlagelisten. Die IP-Engine kann auf die gleiche Weise, wie in der Leitungsanschlußkarte **200** verwendet wird, auf diesen Speicher zugreifen. Zusätzlich ist eine Engine (**227**) vorgesehen, um das BGP (Border Gateway Protocol) abzuwickeln, das häufig verwendet wird, damit sich Router und Netzwerke Routing-Tabellen teilen können. Die spezielle Leitungsanschlußkarte enthält außerdem eine Tabellenaktualisierungsfunktion (**223**), die periodische Aktualisierungen zu der Routing-Tabelle in den anderen Leitungsanschlußkarten sendet, so wie es das Protokoll erfordert.

[0019] Bei dieser bevorzugten Ausführungsform führt jedes einfache Modul Informationen bezüglich der Benutzung und der Zeit der Benutzung von Einträgen in seiner Routing-Tabelle. Aktualisierungsinformationen ersetzen dann vorhandene Einträge oder im Fall neuer Einträge den ältesten bzw. am wenigsten benutzten der vorhandenen Einträge in dem einfachen Modul.

[0020] Wenn ein unbestimmtes Paket an der Leitungsanschlußkarte **200** ankommt, kann dieses Paket nicht von der IP-Engine **207** geroutet werden und wird deshalb über den Weg **211** in dem Koppelfeld **210** zu dem Vorgaberouter **220** geroutet und dort zu der Koppelfeldschnittstelle **231** der Ausgangsfunktion **222** der speziellen Leitungsanschlußkarte **220**, in der es in dem Ausgangspuffer **228** abgelegt wird. Der Prozessor **229** untersucht das Paket. Wenn das Paket ein Routing-Tabellen-Aktualisierungspaket ist, aktualisiert er den Speicher **226**. Wenn das Paket ein IP-Datenpaket ist, bestimmt er die Endroute, aktualisiert den Speicher **226**, sendet das Paket über den Datenweg **233** zu der Eingangsfunktion **221** und plant das Paket dann für ein Routen durch die IP-Engine **224** über die Koppelfeldschnittstelle **232** und

über das Netzwerkkoppelfeld **210** des vermittelten Weges **211** ein. Außerdem werden Aktualisierungsinformationen zu der Leitungsanschlußkarte **200** gesendet, um so den Speicher der Routing-Engine **207** zu aktualisieren. Wenn der Prozessor die Route nicht bestimmen kann, bereitet er eine Anfrage an andere Router nach Informationen über die Adresse vor und plant diese für das Routen durch die BGP-Engine ein. Wenn die Anfrage erfolgreich ist, aktualisiert der Prozessor **229** den Speicher **226** und plant das Paket für die Verarbeitung durch die IP-Engine **224** ein. Wenn der Prozessor **229** das Paket immer noch nicht routen kann, wird es fallengelassen.

[0021] Periodisch (alle 10 bis 20 Sekunden) weist der Prozessor **229** die Tabellenaktualisierungsfunktion (**223**) an, die Änderungen an dem Speicher **226** zu den anderen Leitungsanschlußkarten zu senden. Wenn die Leitungsanschlußkarte **200** die Aktualisierung für die Adresse, die sie zuvor nicht routen konnte, empfängt, beginnt sie mit dem Routen zukünftiger Pakete mit dieser Adresse ohne Hilfe der speziellen Leitungsanschlußkarte **220**.

[0022] Als Alternative kann die in der Leitungsanschlußkarte **200** aktualisierte Tabelle in Echtzeit gestartet werden, um die Last an der Leitungsanschlußkarte **220** zu begrenzen. Die Entscheidung, eine periodische Tabellenaktualisierung oder ein Echtzeitaktualisierung zu verwenden, kann auf Überwachungsvorgängen der Belegung des Prozessors **229** oder der Benutzung des Puffers **228** auf der Leitungsanschlußkarte **220** basieren.

[0023] Außerdem kann die Entscheidung für eine Echtzeifaktualisierung selektiv sein, wobei die Entscheidung auf der Anzahl von Leitungsanschlußkarten basiert, die Verkehr für eine bestimmte Adresse senden, oder auf der Menge an Verkehr zu einer bestimmten Adresse. Diese selektive Aktualisierung kann durch ein selektives Löschen ergänzt werden, das es ermöglicht, Verkehr zu einer spezifischen Adresse für eine spezielle Studie oder für Datenabhörzwecke zu der speziellen Leitungsanschlußkarte **220** zu routen. Das Abhören oder anderweitige Überwachen kann implementiert werden, indem die einfachen Router angewiesen werden, zu Abhörgeräten zu routen; indem die einfachen Router angewiesen werden, für ein Multicasting zu Abhörgeräten und dem Ziel zu dem Vorgaberouter zu routen; und zur Prüfung und Analyse in einer der „anderen Engines" **225** zu dem Vorgaberouter zu routen.

[0024] **Fig.** 3 ist ein ausführliches Diagramm einer Ausführungsform des Prozessors **229**. Das Vorgabe-Routing-Modul der Erfindung der Anmelder führt alle Suchen nach Paketen durch, deren Zieladressen nicht in einer Routing-Tabelle eines der einfachen Router gefunden werden, und sucht deshalb dauernd über eine große Tabelle hinweg, deren Inhalt nicht in einem inhaltsadressierbaren Speicher oder einem Speicher des Cache-Typs gespeichert werden kann. Da es sich um einen speziellen Router handelt, kann man ihn eine sehr große Routing-Tabelle speichern lassen und er kann in bezug auf seine Benutzung von Betriebsmitteln teurer als die einfachen Router sein. Der Prozessor **229** empfängt Eingaben von dem Ausgangspuffer **228** (der über die Koppelfeldschnittstelle **231** ein Paket von einem der einfachen Routing-Module empfangen hat. Der Ausgangspuffer wird in einen IO-Prozessor **240** geleitet, der mit einem zentralen Steuerprozessor **242** kommuniziert. Der zentrale Steuerprozessor hat Zugang zu zwei Versionen der Routing-Tabelle. Eine erste Version, die die gesamte Routing-Tabelle im Speicher **244** enthält, dient für die Zwecke der Aktualisierung der Routing-Tabelle, die in dem Suchvorgang verwendet wird. Damit der Suchvorgang so effizient wie möglich wird, kommuniziert jeweils eine Gruppe von N Speichersteuerprozessoren **250**, ..., **252** mit einer Teilmenge **260**, ..., **262** der Routing-Tabelle. Die Suche erfolgt somit parallel durch jedes Paar von Speichersteuerprozessoren, wie zum Beispiel **250**, und entsprechenden Routing-Tabellen-Teilmengen wie zum Beispiel **260**. Die Ergebnisse der Suche werden zu dem zentralen Steuerprozessor **242** übermittelt, der über den IO-Prozessor **240** mit dem Ausgangspuffer **228** kommuniziert. Das Ergebnis der Suche wird dann entweder zum Weiterleiten des Pakets zu dem Ausgangsteil eines einfachen Routing-Moduls, wie zum Beispiel **202**, verwendet, um es zu dem nächsten Paketknoten auf dem Weg zum Ziel zu senden, oder zu einem Vorgabeknoten zur weiteren Suche gesendet oder wird verworfen. Zusätzlich veranlaßt der zentrale Steuerprozessor **242** das Senden eines Steuerpakets zu dem einfachen Routingmodul, das angefordert hatte, daß das Paket durch das Vorgabe-Routing-Modul geroutet werden soll, um die Routing-Tabelle dieses einfachen Routing-Moduls zu aktualisieren.

[0025] Periodisch oder kontinuierlich zwischen Suchen wird der Inhalt der gesamten Routing-Tabelle **244** zu den verschiedenen Routing-Tabellen-Teilmengenspeichern **260**, ..., **262** gesendet.

[0026] Die Speichersteuerprozessoren **250**, ..., **252** können zu einem beliebigen bestimmten Zeitpunkt Suchen nach verschiedenen Zielen durchführen. Wenn eine der Routing-Tabellen-Teilmengen besonders stark benutzt wird, kann also ihr Steuerprozessor während eines bestimmten Zeitraums eine kleinere Anzahl von Adressensuchen verarbeiten. Während der Aktualisierung der Routing-Tabellen-Teilmengen kann der zentrale Steuerprozessor **242** folglich bewirken, daß eine überlastete Routing-Tabellen-Teilmenge mit weniger häufig gesuchten Routing-Tabellenadressen angefüllt wird. Wenn ein Paketadressenziel in einer der Routing-Tabellen-Teilmengeneinträge gefunden wird, wird die Adressenrouting-Tabelle des einfachen Routers, der das Paket gesendet hat, aktualisiert. Dies geschieht durch Senden eines Steuerpakets von dem Vorgaberouter zu dem einfachen Router. Das Paket wird über einen der (nicht gezeigten) Wege zwischen einem Ausgangsteil **202** eines einfachen Routers und dem Eingangs-

teil **201** des einfachen Routers, der das Paket zu dem komplexen Router gesendet hatte, gesendet.

[0027] Viele verschiedene Such- und Speicheralgorithmen sind in der Technik wohlbekannt. Die Auswahl aus diesen Algorithmen erfordert eine Simulation oder Prüfung.

[0028] Im Fall von Paketen, deren Zieladresse keine entsprechende Portidentität in der Routing-Tabelle des komplexen Routers aufweist, kann der komplexe Router Routing-Informationen von anderen Routing-Knoten des Paketnetzwerks anfordern. Diese Anforderung wird als ein von dem Vorgaberouter **220** zu einem oder mehreren anderen Routing-Knoten gesendetes Paket erzeugt. Antworten von diesen anderen Routing-Knoten werden zu dem Vorgaberouter dieses Knotens geroutet.

[0029] **Fig.** 4 zeigt die in einem einfachen Routing-Modul durchgeführten Aktionen.

[0030] Das Routing-Modul empfängt ein Paket (Aktionsblock **301**). Das Modul sucht nach einer Übereinstimmung der Zieladresse des Pakets in seinem inhaltsadressierbaren Speicher (Aktionsblock **303**). Zum Beispiel könnte dies eine Suche gemäß IPV6 sein (Internet-Protokoll Version 6). „Flow Field". Die Prüfung **305** prüft, ob eine Übereinstimmung gefunden wurde. Wenn dies der Fall ist, wird das Paket zu dem Port geroutet, der in den Informationen vorgeschrieben ist, die der Übereinstimmung des inhaltsadressierbaren Speichers zugeordnet sind (Aktionsblock **307**). Die Prüfung **309** stellt eine Prüfung dar, ob die einfachen Module auch einen Speicher der zweiten Ebene enthalten, wie zum Beispiel einen Cache-Speicher oder Direktzugriffsspeicher. Die technische Entscheidung, ob diese Module auch einen Speicher der zweiten Ebene durchsuchen sollten, ist eine komplizierte Entscheidung und wird wahrscheinlich erst nach extensiver Simulation oder Prüfung, möglicherweise ergänzt durch Erfahrungen am Einsatzort, bestimmt. Es kann sich ohne weiteres zeigen, daß die Nettoleistungsfähigkeit des Gesamtrouters beeinträchtigt wird, wenn in jedem der einfachen Module ein Speicher der zweiten Ebene vorhanden ist. Wenn das der Fall ist, wird kein Speicher der zweiten Ebene bereitgestellt und das Ergebnis der Prüfung **309** ist negativ; das Paket wird dann zur weiteren Verarbeitung gemäß dem Flußdiagramm von **Fig.** 4 zu dem Vorgabe-Routing-Modul gesendet. Wenn in den einfachen Routing-Modulen ein Speicher der zweiten Ebene vorgesehen ist, dann wird der Speicher der zweiten Ebene durchsucht, um zu sehen, ob es eine Übereinstimmung mit der Zieladresse gibt (Aktionsblock **313**). Die Suche kann unter Verwendung wohlbekannter Techniken erfolgen (z. B. Hash-Zugriff oder binäre Bäume) und muß natürlich nicht dadurch erfolgen, daß jeder Eintrag in dem Backup-Speicher untersucht wird. Die Prüfung **315** prüft, ob eine Übereinstimmung gefunden wurde. Wenn nicht, wird das Paket zu dem Vorgabe-Routing-Modul gesendet (Aktionsblock **311**) wie zuvor beschrieben. Wenn eine Übereinstimmung gefunden wird, wird das Paket dann zu dem vorgeschriebenen Port geroutet (Aktionsblock **317**).

[0031] **Fig.** 5 zeigt die Aktionen, die in dem Vorgabe-Routing-Modul als Reaktion auf den Empfang eines Pakets aus einem der einfachen Routing-Module durchgeführt werden. Das Vorgabe-Routing-Modul empfängt das Paket (Aktionsblock **401**). Das Modul sucht über seine eigene erweiterte Zieladressentabelle hinweg (Aktionsblock **403**). Mit der Prüfung **405** wird bestimmt, ob in der Suche eine Übereinstimmung gefunden wurde. Wenn eine Übereinstimmung gefunden wurde, wird das Paket dann zu dem vorgeschriebenen Port geroutet (Aktionsblock **407**) und das Adressenaktualisierungsprogramm wird über diese Übereinstimmung informiert (Aktionsblock **409**). Wenn innerhalb einer relativ kurzen Zeit genug Übereinstimmungen mit einer bestimmten Adresse gefunden werden, können die Routing-Tabellen eines oder mehrerer der einfachen Module aktualisiert werden.

[0032] Wenn keine Übereinstimmung gefunden wurde, wird eine Anfrage zu benachbarten Routing-Modulen gesendet (Aktionsblock **421**). Die Prüfung **423** bestimmt, ob eine erfolgreiche Antwort auf die Anfrage empfangen wurde. Wenn dies der Fall ist, wird die erweiterte Tabelle aktualisiert (Aktionsblock **425**), und der zuvor beschriebene Aktionsblock **407** wird durchgeführt, um das Paket zu routen und danach das Adressenaktualisierungsprogramm zu benachrichtigen.

[0033] Wenn keine Antwort für die Anfrage empfangen wurde, bestimmt die Prüfung **427**, ob ein Paket zu einem anderen Router gesendet werden kann. Dies ist möglich, wenn es einen anderen Router auf derselben oder einer höheren Ebene in der Hierarchie der Router gibt und wenn dieser Router nicht zuvor eine Nachricht gesendet hat, die anzeigt, daß keine weiteren Pakete zu diesem Router gesendet werden sollen. Wenn das Paket gesendet werden kann (positives Ergebnis der Prüfung **427**), wird das Paket zu diesem anderen Knoten geroutet (Aktionsblock **429**). Wenn schließlich das Ergebnis der Prüfung **427** negativ ist, wird das Paket einfach verworfen (Aktionsblock **431**).

[0034] Kurz gefaßt routen die einfachen Routing-Module (**200**) die meisten Pakete sehr schnell und routen jegliche Pakete, die sie nicht ohne weiteres routen können, zu einem komplexen Routing-Modul (**220**). Das komplexe Routing-Modul **220** enthält eine große Adressentabelle und implementiert die BGP-Funktion zum Erhalten von Adresseninformationen von anderen Routing-Systemen. Das komplexe Routing-Modul findet entweder eine Adresse und sendet das Paket zur Übertragung zu dem Netzwerk zu einem einfachen Routing-Modul oder sendet das Paket zu einem Vorgabe-Routing-Knoten des Paketnetzes oder verwirft das Paket. Bei der bevorzugten Ausführungsform der Anmelder führt das komplexe Routing-Modul Verkehrszählwerte für Adressen von zu diesem Modul gerouteten Paketen zur Aktualisie-

rung der Routing-Tabellen der einfachen Module. Die einfachen Module führen Zählwerte der Paketadressenbenutzung, so daß Adressen, die selten angetroffen werden, zugunsten neuer Adressen, die durch das komplexe Routing-Modul bereitgestellt werden, gelöscht werden können.

[0035] Die obige Beschreibung ist eine Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung der Anmelder. Durchschnittsfachleuten werden viele andere Ausführungsformen ersichtlich sein, ohne vom Schutzumfang der Erfindung abzuweichen. Die Erfindung der Anmelder wird folglich nur durch die angefügten Ansprüche begrenzt.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Routen von Paketen, umfassend:
mindestens ein einfaches Routing-Modul (**200**) mit begrenzten Routing-Fähigkeiten; und ein Netzwerk-Koppelfeld (**210**) zum Herstellen von Verbindungen zwischen Modulen; wobei jedes der einfachen Routing-Module mit Einrichtungen (OC 48) zum Empfangen und Senden von Datenpaketen verbunden ist;
dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung mindestens ein Vorgabe-Routing-Modul (**220**) zum Routen von Paketen, die nicht durch ein einfaches Routing-Modul geroutet werden können, umfaßt; und
das Netzwerk-Koppelfeld so ausgelegt ist, daß es das mindestens eine einfache Routing-Modul und das mindestens eine Vorgabe-Routing-Modul verbindet; wobei
das mindestens eine einfache Routing-Modul so ausgelegt ist, daß es Pakete, die es nicht alleine routen kann, zu einem des mindestens einen Vorgabe-Routing-Moduls sendet.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei mindestens eines der einfachen Module Pakete nur dann routen kann, wenn ihre Zieladresse in einem inhaltsadressierbaren Speicher (**303**) gespeichert ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei mindestens eines der einfachen Routing-Module nur solche Pakete routen kann, deren Zieladresse in einem Direktzugriffsspeicher RAM eines das Paket empfangenden einfachen Routing-Moduls gespeichert ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei mindestens eines der einfachen Routing-Module Pakete routen kann, deren Zieladresse in einem inhaltsadressierbaren Speicher, einem Cache-Speicher oder einem Direktzugriffsspeicher RAM eines das Paket empfangenden einfachen Moduls gespeichert ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das Vorgabe-Routing-Modul so ausgelegt ist, daß es andere Routing-Knoten anfragt, um zu versuchen, Informationen für das Routen eines Pakets zu finden.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei jedes der Routing-Module ein Router von Paketen des Internetprotokolls (IP) ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das mindestens eine Vorgabe-Routing-Modul so ausgelegt ist, daß es ein Aktualisieren von Routing-Informationen in den einfachen Modulen steuert.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, wobei das Aktualisieren auf der Grundlage der Last des mindestens einen Vorgabe-Routing-Moduls eingeplant wird.

9. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das mindestens eine einfache Routing-Modul mit Übertragungseinrichtungen zum Führen von Paketen zwischen Knoten eines Paketnetzwerks verbunden ist; und das mindestens eine komplexe Vorgabe-Routing-Modul umschaltbar mit dem mindestens einen einfachen Routing-Modul, aber nicht mit den Übertragungseinrichtungen verbunden ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das Vorgabe-Routing-Modul Vorrichtungen zum Abhören oder Überwachen gewählter Quellen und/oder Ziele umfaßt und aus einem einfachen Routing-Modul von einer gewählten Quelle und/oder zu einem gewählten Ziel empfangene Pakete zum Abhören zu den Vorrichtungen geroutet werden.

11. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das Vorgabe-Routing-Modul so ausgelegt ist, daß es gewählte Quellen- und/oder Zieladressen erkennt und Pakete von einer gewählten Quelle und/oder zu einem gewählten Ziel zu Abhör- oder Überwachungsvorrichtungen und zu einer Zieladresse des überwachten oder abgehörten Pakets routet.

12. Verfahren zum Routen von Paketen, das in einem Routing-Knoten eines Paketnetzwerks ausgeführt wird, mit den folgenden Schritten:
Bereitstellen mindestens eines einfachen Routing-Moduls (**200**) mit begrenzten Routing-Fähigkeiten;
gekennzeichnet durch
Bereitstellen mindestens eines Vorgabe-Routing-Moduls (**220**) zum Routen von Paketen, die nicht durch ein einfaches Routing-Modul geroutet werden können;
wobei das mindestens eine einfache Routing-Modul Pakete, die es nicht alleine über ein Netzwerk-Koppelfeld (**210**) routen kann, zu dem mindestens einen Vorgabe-Routing-Moduls sendet; und
Senden von Paketen von dem mindestens einen Vorgabe-Routing-Modul über das Netzwerk-Koppelfeld zu mit Einrichtungen (OC 48) zum Übertragen von Datenpaketen verbundenen einfachen Routing-Modulen.

13. Verfahren nach Anspruch 12, mit dem folgen-

den Schritt: mindestens eines der einfachen Module routet Pakete nur dann in Richtung eines Ziels, wenn ihre Zieladresse in einem inhaltsadressierbaren Speicher des mindestens einen der einfachen Module gespeichert ist.

14. Verfahren nach Anspruch 12, mit dem folgenden Schritt: mindestens eines der einfachen Module routet nur solche Pakete, deren Zieladresse in einem Direktzugriffsspeicher RAM eines das Paket empfangenden einfachen Routing-Moduls gespeichert ist.

15. Verfahren nach Anspruch 12, mit dem folgenden Schritt: mindestens eines der einfachen Module routet Pakete, deren Zieladresse in einem inhaltsadressierbaren Speicher, einem Cache-Speicher oder einem Direktzugriffsspeicher RAM eines das Paket empfangenden einfachen Moduls gespeichert ist.

16. Verfahren nach Anspruch 12, mit dem folgenden Schritt: das Routing-Modul verarbeitet ein Anfragen anderer Routing-Knoten, um zu versuchen, Informationen für das Routen eines Pakets zu finden.

17. Verfahren nach Anspruch 12, mit dem folgenden Schritt: jedes der Routing-Module routet Pakete des Internetprotokolls (IP).

18. Verfahren nach Anspruch 12, mit dem folgenden Schritt: das mindestens eine Vorgabe-Routing-Modul steuert ein Aktualisieren von Routing-Informationen in den einfachen Modulen.

19. Verfahren nach Anspruch 18, wobei der Schritt des Aktualisierens auf der Grundlage der Last des mindestens einen Vorgabe-Routing-Moduls eingeplant wird.

20. Verfahren nach Anspruch 12, wobei das mindestens eine einfache Routing-Modul mit Übertragungseinrichtungen zum Führen von Paketen zwischen Knoten eines Paketnetzwerks verbunden ist; und das mindestens eine Vorgabe-Routing-Modul umschaltbar mit dem mindestens einen einfachen Routing-Modul, aber nicht mit den Übertragungseinrichtungen verbunden ist.

21. Verfahren nach Anspruch 12, mit den folgenden Schritten:
Erkennen, in dem Vorgabe-Routing-Modul, daß ein Paket abgehört oder überwacht werden soll; und
als Reaktion auf das Erkennen, Routen des Pakets zu Vorrichtungen zum Abhören oder Überwachen des Pakets.

22. Verfahren nach Anspruch 21, mit dem folgenden Schritt: Routen das Pakets zu einer Zieladresse des Pakets.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

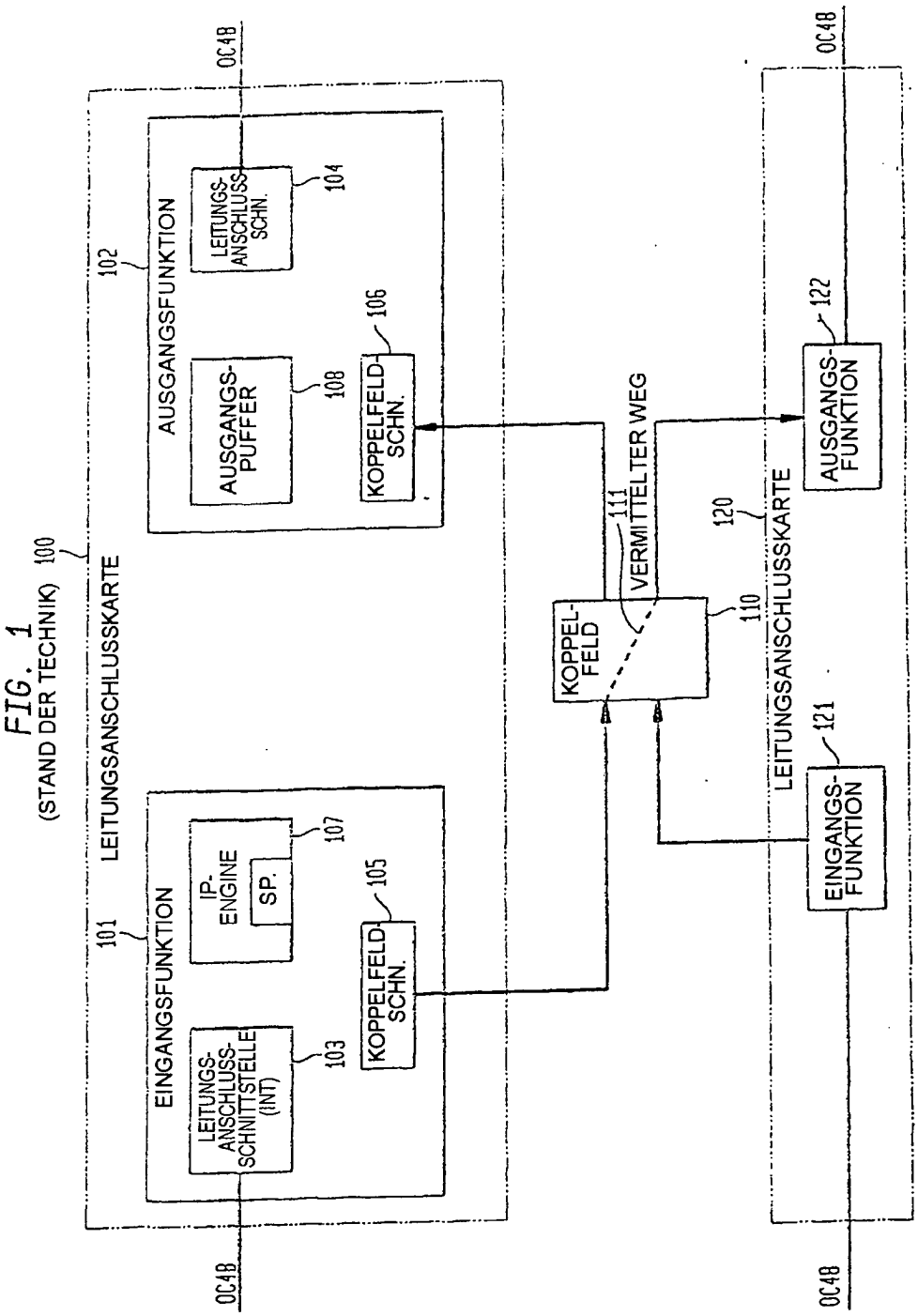


FIG. 2

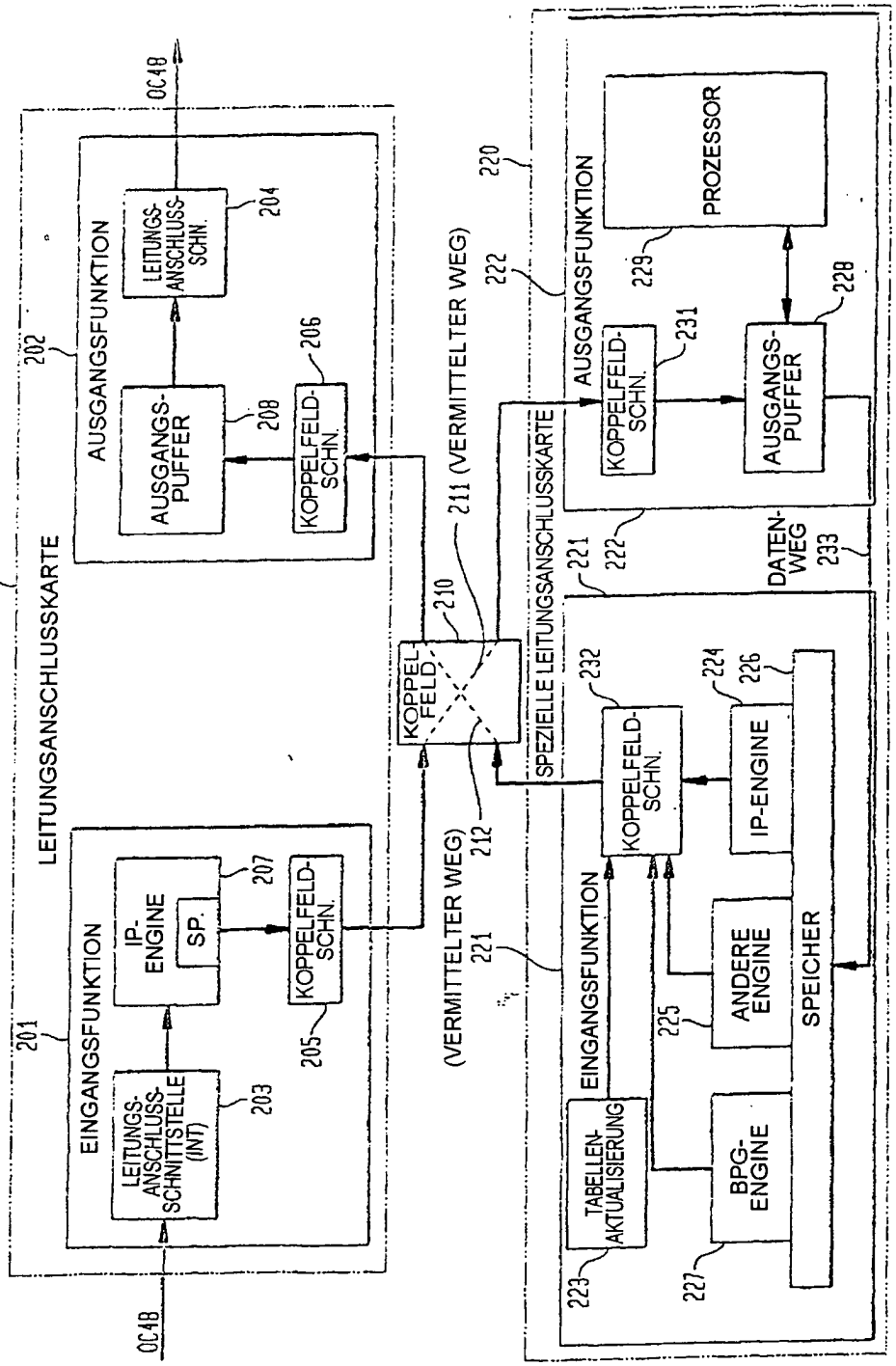

200
LEITUNGSANSCHLUSSKARTE
OC48
OC48
201
EINGANGSFUNKTION
LEITUNGS-ANSCHLUSS-SCHNITTSTELLE (INT)
203
IP-ENGINE
SP.
207
KOPPELFELD-SCHN.
205
202
AUSGANGSFUNKTION
AUSGANGS-PUFFER
208
KOPPELFELD-SCHN.
206
LEITUNGS-ANSCHLUSS-SCHN.
204
KOPPEL-FELD.
210
211 (VERMITTELTER WEG)
212
(VERMITTELTER WEG)
221
220
SPEZIELLE LEITUNGSANSCHLUSSKARTE
222
AUSGANGSFUNKTION
KOPPELFELD-SCHN.
231
AUSGANGS-PUFFER
228
PROZESSOR
229
221
222
DATEN-WEG
233
EINGANGSFUNKTION
TABELLEN-AKTUALISIERUNG
223
KOPPELFELD-SCHN.
232
IP-ENGINE
224
226
ANDERE ENGINE
225
BPG-ENGINE
227
SPEICHER

FIG. 3

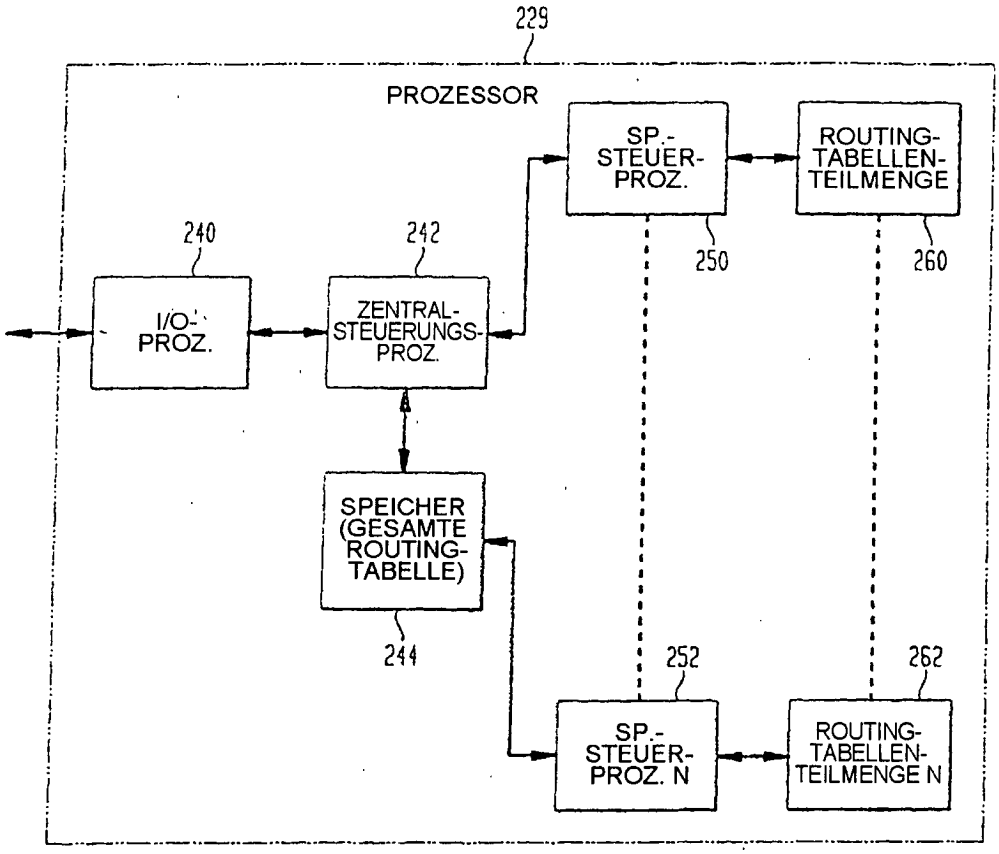

229
PROZESSOR
SP.-STEUER-PROZ.
ROUTING-TABELLEN-TEILMENGE
240
242
250
260
I/O-PROZ.
ZENTRAL-STEUERUNGS-PROZ.
SPEICHER (GESAMTE ROUTING-TABELLE)
244
252
262
SP.-STEUER-PROZ. N
ROUTING-TABELLEN-TEILMENGE N

FIG. 4

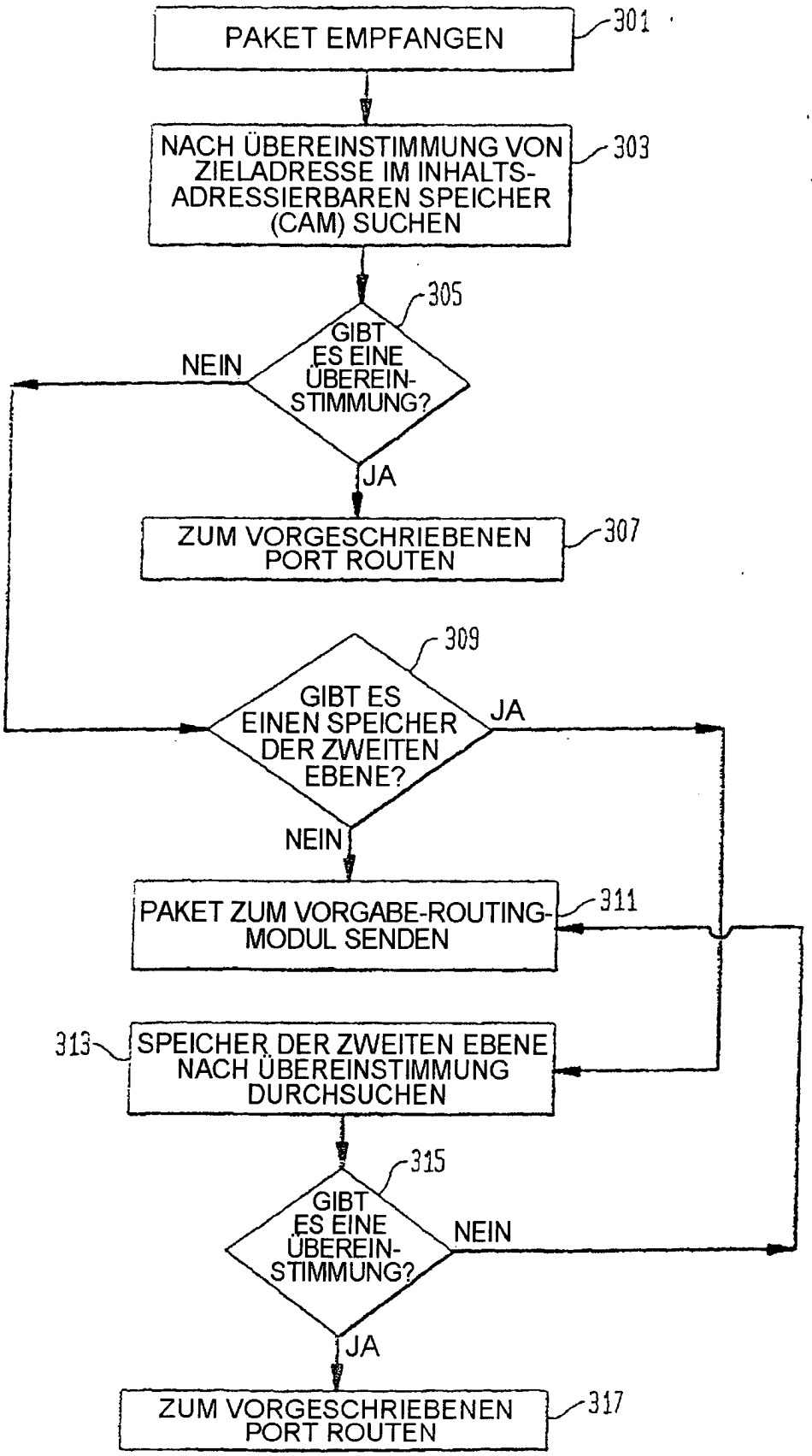
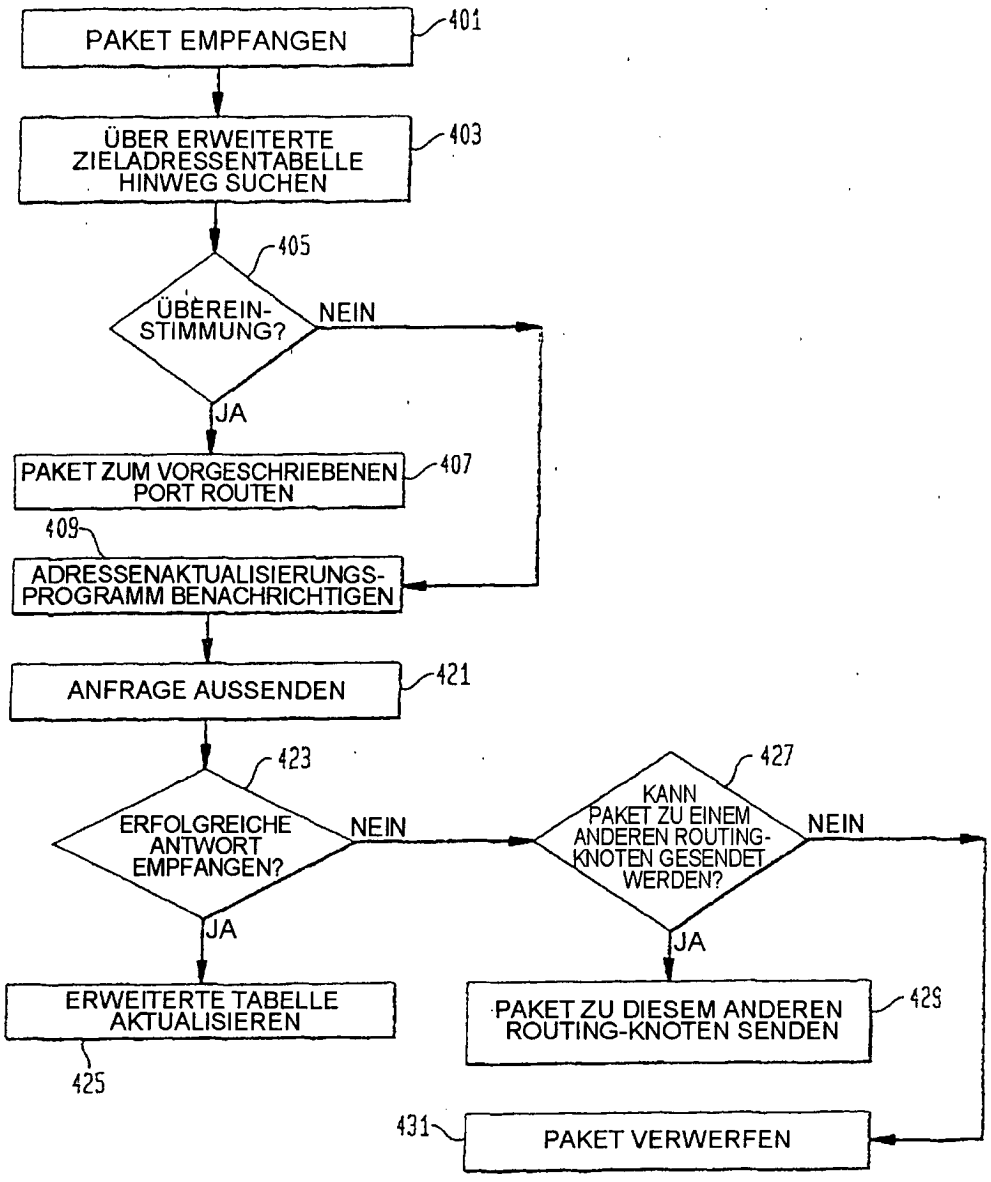

PAKET EMPFANGEN
301
NACH ÜBEREINSTIMMUNG VON ZIELADRESSE IM INHALTS-ADRESSIERBAREN SPEICHER (CAM) SUCHEN
303
305
GIBT ES EINE ÜBEREIN-STIMMUNG?
NEIN
JA
ZUM VORGESCHRIEBENEN PORT ROUTEN
307
309
GIBT ES EINEN SPEICHER DER ZWEITEN EBENE?
JA
NEIN
PAKET ZUM VORGABE-ROUTING-MODUL SENDEN
311
313
SPEICHER DER ZWEITEN EBENE NACH ÜBEREINSTIMMUNG DURCHSUCHEN
315
GIBT ES EINE ÜBEREIN-STIMMUNG?
NEIN
JA
ZUM VORGESCHRIEBENEN PORT ROUTEN
317

FIG. 5


PAKET EMPFANGEN
401
ÜBER ERWEITERTE ZIELADRESSENTABELLE HINWEG SUCHEN
403
405
ÜBEREIN-STIMMUNG?
NEIN
JA
PAKET ZUM VORGESCHRIEBENEN PORT ROUTEN
407
409
ADRESSENAKTUALISIERUNGS-PROGRAMM BENACHRICHTIGEN
ANFRAGE AUSSENDEN
421
423
ERFOLGREICHE ANTWORT EMPFANGEN?
NEIN
JA
ERWEITERTE TABELLE AKTUALISIEREN
425
427
KANN PAKET ZU EINEM ANDEREN ROUTING-KNOTEN GESENDET WERDEN?
NEIN
JA
PAKET ZU DIESEM ANDEREN ROUTING-KNOTEN SENDEN
429
431
PAKET VERWERFEN