



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 00 466 T2 2005.06.02**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 263 173 B1**

(51) Int Cl.⁷: **H04L 12/56**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 00 466.7**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 001 798.4**

(96) Europäischer Anmeldetag: **25.01.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **04.12.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **12.05.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **02.06.2005**

(30) Unionspriorität:

872431 31.05.2001 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:

**Agilent Technologies, Inc. (n.d.Ges.d.Staates
Delaware), Palo Alto, Calif., US**

(72) Erfinder:

**Lemoff, Brian E., Union City, US; Lacey, Jonathon
P. R., Mountain View, US**

(74) Vertreter:

BOEHMERT & BOEHMERT, 80336 München

(54) Bezeichnung: **Ein adaptiver Pfad-Erkennungs-Prozess zum Routen von Datenpaketen in einem Mehrknoten-netzwerk**

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

Hintergrund der Erfindung

Gebiet der Erfindung

[0001] Diese Erfindung betrifft allgemein Datenpaketroutingprozeduren in Multiknotennetzen und insbesondere ein adaptives Pfaderkennungs- und Rekonfigurationsverfahren für verteilte Netze.

Beschreibung des Stands der Technik

[0002] Ein Netz umfaßt eine Mehrzahl von Datenpaketschaltern (sog. „Router“), die mit einer geeigneten Technologie, wie beispielsweise Punkt-zu-Punkt-Verbindungen, Datenpaketrepeater (transparente Brücken) oder Lokalbereichsnetzen (LANs) verbunden sind. Der Zweck eines Netzes besteht darin, Nutzer, die ihre Geräte (die als „Endknoten“ bezeichnet werden) an das Netz anschließen, in die Lage zu versetzen, Daten zu Entknotengeräten anderer Nutzer zu übertragen oder davon zu empfangen. Wie in [Fig. 1](#) bezüglich des Endknotens **20** gezeigt ist, handelt es sich bei dem Netz **22** lediglich um eine große „Wolke“, an die der Endknoten angeschlossen ist, wodurch er in die Lage versetzt wird, mit anderen Endknoten, wie beispielsweise den Endknoten **24** und **26**, die ebenfalls an die Wolke **22** angeschlossen sind, über die Mehrzahl von Verbindungen zu kommunizieren, die die Netztopologie bilden, die durch die einen Teil des Weges **32** zwischen dem Endknoten **20** (Quelle) und dem Endknoten **26** (Ziel) in [Fig. 1](#) darstellenden Verbindungen **28** und **30** veranschaulicht ist. Endknoten, Brücken und Router werden hierin ebenfalls im allgemeinen als „Knoten“ bezeichnet.

[0003] Im Open Systems Interconnection (OSI)-Referenzmodell sind sieben Netzprotokollebenen definiert. Gemäß dem OSI-Referenzmodell kommuniziert jede Ebene in einem Knoten mit ihren Teilnehmerebenen in fremden Knoten durch Austausch von Protokolldateneinheiten (PDUs) über das Netz. Um derartige PDU-Transfers zu bewirken, verwendet jede Ebene die von der niedrigeren Ebene in ihrem Knoten zur Verfügung gestellten Dienste durch den Austausch von Dienstdateneinheiten (SDUs) mit ihrer lokalen benachbarten Ebene.

[0004] Die physische Ebene (Ebene 1) überträgt Informationsbits über eine Verbindung und setzt sich mit Problemen wie der Steckergröße und Form, der Zuteilung von Steckerpinfunktionen, der Umwandlung von Bits in elektrische oder optische Signale und der Bitebenensynchronisation auseinander. In einem Netz kann es mehrere verschiedene Arten physischer Ebenen geben und es kann sogar mehrere verschiedene Arten physischer Ebenen in einem einzigen Knoten geben, da jede physikalische Technologie (z. B. CMOS, Infrarot, Faseroptik, usw.) ihre eige-

ne physische Ebene erfordert.

[0005] Die Datenverbindungsebene (Ebene 2) überträgt Informationseinheiten über eine Verbindung. Verschiedene Verbindungen können verschiedene Datenverbindungsebenen implementieren und ein einzelner Knoten kann verschiedene Datenverbindungsebenenprotokolle unterstützen. Die Datenverbindungsebene verwendet die Dienste der physischen Ebene, um Verbindungs-PDUs (LPDUs) zu ihrer Teilnehmerdatenverbindungsebene in einem anderen Knoten des Netzes zu übertragen. Die „transparente Brücke“ arbeitet auf der Datenverbindungsebene.

[0006] Die Netzebene (Ebene 3) ermöglicht die Kommunikation innerhalb jedes beliebigen Knotenpaares in einem Netz. Ein „vollkommen verbundenes“ Netz ist ein Netz, bei dem jedes Knotenpaar durch eine Direktverbindung verbunden ist. Eine derartige Topologie geht aufgrund des exponentiellen Anstiegs der Zahl der Verbindungen jedoch nicht über mehr als ein paar wenige Knoten hinaus. Typischerweise muß in einem verteilten Netz mit mehreren Knoten die Netzebene einen Weg durch eine Reihe von miteinander verbundenen Knoten finden, von welchen jeder Datenpakete in der richtigen Richtung weiterbefördern muß. Die Netzebene beschäftigt sich mit Problemen wie der Berechnung des Pfades, der Paketfragmentierung und -wiederzusammensetzung (um eine Änderung der maximalen Paketgröße von einer Verbindung zur nächsten zu bewältigen) und der Überbelastungssteuerung. Die Netzebene verwendet die Dienste der Datenverbindungsebene, um Netz-PDUs (NPDUs) zu ihrer Teilnehmernetzebene in einem anderen Knoten des Netzes zu übertragen. Der Datenpaketschalter (Router) arbeitet auf der Netzebene.

[0007] Wenn Daten von einem Endknoten zu einem entfernten Knoten über das Netz gesendet werden sollen, müssen dem sendenden Endknoten (Quelle) die Adresse des Zielknotens und zumindest die erste Verbindung im Pfad (Route) zwischen Ursprung und Ziel bekannt sein. Im Stand der Technik sind viele Routingstrategien bekannt, jedoch ist nach allen Gütemaßstäben keine dieser Strategien besser als alle anderen. Im Stand der Technik ist das „Source routing“-Protokoll gut bekannt. Die grundlegende Idee hinter dem Ursprungs-Routing (source routing) besteht darin, daß jeder Paketheader eine Spezifizierung des Pfades enthält, die vom Ursprungsknoten selbst in das Paket eingefügt wurde. Damit der Ursprungsknoten einen Pfad zum Zielknoten in ein Paket einfügen kann, muß er zunächst mit einem bestimmten Mittel den Pfad auffinden. Der Ursprungs-routingstandard umfaßt zahlreiche Verfahren, die zur Errichtung und Aufrechterhaltung von Pfaden von einem Ursprungsknoten verwendet werden können. Bei einem strikten Ursprungsrouting wird eine Liste

aller dazwischen liegenden Knoten in einer Paketpfadliste spezifiziert. Bei einem lockeren Ursprungsrouting könnten durch die Paketpfadliste gegebenenfalls lediglich einige wenige dazwischen liegende Adressen längs des Pfades festgelegt sein, die das Paket in einer bestimmten Reihenfolge bei seiner Reise durch das Netz nicht versäumen darf. Die grundlegende Idee, die sich hinter dem strikten Ursprungsrouting verbirgt, ist, daß ein Ursprungsknoten einen Zwischenspeicher mit Pfaden zu Zielknoten enthält, mit welchen er momentan kommuniziert. Falls sich für ein bestimmtes Ziel kein Pfad im Zwischenspeicher befindet, kann vom Knoten ein „Pfaderkundungs“-Protokoll verwendet werden, um einen Pfad oder eine Gruppe von Pfaden zu ermitteln. Falls festgestellt wird, daß ein Pfad im Zwischenspeicher nicht länger praktikabel ist, kann der Ursprung entweder versuchen, einen anderen neuen Pfad zu ermitteln oder einen der alternativen Pfade zu verwenden, die er für das Ziel gespeichert hat.

[0008] In Netzen, in welchen Brücken verwendet werden, kann der Ursprungsknoten einen Pfad durch Übertragung einer bestimmten Anzahl von Datenpaketen (eines „Erkundungs“-Paketes) ermitteln, das sich selbst repliziert, wenn es auf Verzweigungen oder Pfadwahlmöglichkeiten trifft, wobei gegebenenfalls eine Kopie des Erkundungspaketes über jeden möglichen Pfad im Netz gesendet wird. Jede Kopie des Erkundungspaketes führt Buch über seine Fortbewegung, so daß ein Pfad aus der Vielzahl von Kopien des Erkundungspaketes, die den Bestimmungsknoten erreichen, ausgewählt und in einer Nachricht zum Ursprungsknoten zurückgegeben werden kann. Immer wenn ein Ursprungsknoten einen Pfad zu einem anderen Knoten auffindet, speichert er den Pfad, so daß er für nachfolgende Pakete mit demselben Ziel verwendet werden kann. Das Problem der exponentiellen Zunahme von Erkundungspaketproben kann durch Verwendung des im Stand der Technik bekannten Spanning-Tree-Erkundungspaketprozesses verhindert werden. Jedoch müssen alle Ursprungsroutingbrücken einen Spanning-Tree-Algorithmus ausführen, um den Spanning-Tree-Erkundungspaketprozeß zu unterstützen, was aufwendig sein kann. Wenn mehrere Erkundungspakete an einem Zielknoten ankommen, muß einer der mehreren verfügbaren Pfade gemäß einer bestimmten Strategie ausgewählt werden. Beispielhafte Strategien umfassen das Auswählen des ersten empfangenen Paketes (basierend auf der Theorie, daß es sich auf dem schnellsten Pfad bewegt hat); das Auswählen des Pfades, der die maximale Paketgröße angibt; das Auswählen des Pfades mit der geringsten Zahl von Sprüngen; das Auswählen des zuletzt empfangenen Pfades; oder das Auswählen einer bestimmten Kombination der vorhergehenden Möglichkeiten.

[0009] Im Stand der Technik bekannte Netzebenenroutingprotokolle basieren entweder auf den verteil-

ten „Distanzvektor“- oder den verteilten „Verbindungszustand“- Routingprozeduren. Das Distanzvektorrouting erfordert, daß jeder Knoten die Distanz (ein Maß für den Übertragungsaufwand) zwischen sich und jedem möglichen Ziel aufrecht erhält. Die einen lokalen Distanzvektor bestimmenden Distanzen werden im lokalen Knoten rekursiv durch Zusammensetzen und Verwenden der Informationen der Distanzvektoren, die bei benachbarten Knoten vorgefunden wurden, berechnet. Das Hauptproblem beim Distanzvektorrouting besteht in der langsamen Konvergenz der Distanzvektoren über das Netz. Wenn sich eine Routinginformation nur teilweise über das Netz ausgebreitet hat, kann die Routing-Leistung ernsthaft gestört sein. Da die Änderung einer einzigen Verbindung viele Pfade beeinflussen kann, ist es wichtig, nach einer topologischen Änderung im Netz das Routing so schnell wie möglich wiederherzustellen. Nach einer derartigen topologischen Änderung kann das Distanzvektorrouting eine sehr lange Zeit für eine Konvergenz benötigen. Von Praktikern wurden zahlreiche Lösungen für das Problem der langsamen Konvergenz beim Distanzvektorrouting vorgeschlagen, einschließlich des Diffusing-Update-Algorithmus (DUAL), der „Split Horizon“-Technik, der „Full Path Reporting“-Technik, der „Poison Reverse“-Technik, der „Triggered-Update“-Technik und verschiedenen „Hold-Down“-Techniken. Nachteiligerweise konnten die grundlegenden Nachteile der Distanzvektorroutingprozeduren mit keinem dieser Vorschläge beseitigt werden. Der primäre Vorteil besteht darin, daß weniger Knotenspeicher erforderlich sind als bei Verbindungszustandroutingprozeduren.

[0010] Die Verbindungszustandroutingprozedur beinhaltet die grundlegende Idee, daß jeder Router für das Zusammenfinden mit seinen Nachbarn und das Erfassen ihrer Namen verantwortlich ist. Jeder Router konstruiert ein spezielles Paket (ein Verbindungszustandspaket oder LSP), das eine Liste der Namen seiner Nachbarn und des Aufwands bzw. der Kosten (Distanz) zu jedem seiner sich nebenan befindenden Nachbarknoten enthält. Das LSP wird auf eine beliebige Weise zu allen anderen Knoten übertragen und jeder Knoten speichert das am kürzlichsten erzeugte LSP von jedem anderen Knoten im Netz. Jeder Knoten kann dann Pfade zu irgendeinem Ziel basierend auf der vollständigen Karte der aus der akkumulierten LSP-Information abgeleiteten Netztopologie berechnen. Das Verbindungszustandrouting unterliegt vielen gut bekannten bedeutenden Problemen, wie beispielsweise der „kanzerogenen“ LSP-Verteilung und der LSP-Inkompatibilität zwischen den Knoten; Zustände, die sich aus der ineffizienten Übertragung eines neuen LSP zu allen anderen Knoten im Netz ergeben, wenn sich die Zustände der lokalen Verbindungen ändern. Andere im Stand der Technik bekannte Nachteile umfassen drastische Schwierigkeiten, die aus dem Fehlschlagen der Zeitstempel-Synchronisation (time-stamp) und dem Herumkreisen

(wrap around) der Sequenznummer resultieren. Darüber hinaus können sowohl die Verbindungszustandsroutingprozedur als auch die Distanzvektorroutingprozedur vollkommen durch einen einzigen fehlerhaften Router gesperrt sein (dies wird als ein „byzantinischer“ Fehler bezeichnet), obwohl sich im Stand der Technik zumindest ein Verbindungszustandsroutingprotokoll als immun gegen byzantinische Fehler erwiesen hat (von Radia Perlman). Trotz des großen betriebstechnischen Aufwands wird im Stand der Technik das Verbindungszustandsrouting hauptsächlich aufgrund der schnelleren Netzkonzvergenz bei Topologieänderungen bevorzugt.

[0011] Im Stand der Technik gibt es eine große Zahl von Vorschlägen zur Verbesserung der Pfaderkennung und für Instandhaltungsprozeduren bei Multiknotennetzen. So schlägt beispielsweise Shin et al. [Kang G. Shin et al., „Distributed Route Selection for Establishing Real-Time Channels“, IEEE Trans. Parallel and Distributed Systems, Vol. 11, Nr. 2, S. 318 – 335, März 2000] eine verbesserte Verbindungszustandsroutingprozedur vor, mit der der zentralisierte Flaschenhals bei der Pfadauswahl entschärft wird, während die Effizienz durch schnelles Ausschließen von nicht ausführbaren Pfaden aus der parallelen Pfadsuche verbessert wird. Shin et al. beschäftigt sich in erster Linie mit der „Vollständigkeit“ (d. h. der Sicherstellung der Erkennung eines geeigneten Pfades, falls ein solcher existiert) und verwendet einen modifizierten Bellman-Ford-Algorithmus, der weniger effizient ist als der ursprüngliche, zieht jedoch weder Lösungen für das Problem eines adaptiven Erkennens eines Pfades zwischen Netzendknoten in einer dynamischen Netztopologie in Betracht noch schlägt solche vor. Ein weiterer Vorschlag zur Verbesserung der Effizienz des Verbindungszustandsrouting in auf dem Private Network to Network Interface (PNNI) basierenden Asynchronous Transfer Mode (ATM) – Netzen ist der modifizierte Dijkstra-Pfadoptimierungsalgorithmus, der von Rochberger et al. im US-Patent 6,147,971 vorgeschlagen wird. Bei der Dijkstra-Prozedur handelt es sich um ein Verbindungszustandsroutingprotokoll, bei dem eine intensive Knotenverarbeitung verwendet wird, um die „Kosten“ eines Pfades zu minimieren. Beim Vorschlag von Rochberger et al. wird die Konvergenzzeit des Dijkstra-Protokolls lediglich für die Hop-Count-Minimierung verbessert.

[0012] Im US-Patent 6,047,330 von Stracke, Jr. wird ein virtuelles Routererkundungssystem zum Aufbau eines virtuellen Multicastnetzes über eine bestehende Topologie und zur dynamischen Anpassung des Routingsystems in Reaktion auf unvorhergesagte Änderungen der zugrunde liegenden Netzkonnektivität vorgeschlagen. Stracke, Jr. verwendet virtuelle Router, die „Herzschläge“ über das Internetprotokoll (IP)-Netz aussenden, wobei jeder mit einem Time-To-Live (TTL)-Wert markiert ist. Jeder Router gibt

ein Antwortpaket auf den Empfang des Herzschlagpakets zurück und der Ursprungsrouter erhält eine Abschätzung für die Distanz (Kosten) zum antwortenden Router beim Empfang des Antwortpakets. Durch Auswählen von nähergelegenen Routern für die Verbindung, paßt sich das System automatisch und dynamisch an Netzänderungen an, indem ineffiziente Verbindungen gegenüber effizienteren fallen gelassen werden. Jedoch werden von Stracke, Jr. weder Lösungen für das Problem der Erkennung eines Pfades zwischen den Endknoten eines Netzes in einer dynamischen Netztopologie in Betracht gezogen noch vorgeschlagen.

[0013] Im US-Patent 6,023,733 offenbart Periasamy et al. ein wirkungsvolles Verfahren zur Darstellung einer Verbindungszustandstabelle in einem Knoten, womit die Speicherung einer Darstellung des gesamten Netzes an jedem Knoten mit einem geringen Speicheraufwand ermöglicht wird. Es werden jedoch weder Lösungen für das Problem der dynamischen Pfaderkennung in Betracht gezogen noch vorgeschlagen.

[0014] Im US-Patent 6,201,794 offenbart Stewart et al. eine dynamische Technik zur Pfaderkennung, die zur Bestimmung des effizientesten Pfades zur Übertragung einer Nachricht von einem Ursprungsknoten zu vielen anderen Zielknoten vorgeschlagen wird, wobei die Bedingungen des vorherrschenden Netzverkehrs berücksichtigt werden. Pilotnachrichten werden zwischen kommunizierenden Knoten entweder periodisch oder kontinuierlich übertragen, um die „Kosten“ jedes verfügbaren Pfades zu überwachen. Die verschiedenen von Pilotnachrichten durchlaufenen Pfade werden zum Ursprungsknoten zurückgegeben und zur Verwendung bei der Auswahl des effizientesten Pfades (mit den niedrigsten Kosten) gespeichert. Ein operierender Masterknoten kann die Sequenzierung von Pilotnachrichten in Reaktion auf Netzverkehrsbedingungen verändern, um die Pfadanalyse für verkehrsreiche Routen häufiger zu aktualisieren. Als ein Nachteil neigt diese Technik zu einem Anstieg des Netznachrichtenverkehrs auf den verkehrsreicheren Routen.

[0015] Es besteht der bekannte Bedarf für ein Pfadauswahlssystem weiter fort, das sich dynamisch an Änderungen der Netzkonnektivität und Verkehrsbedingungen anpassen kann, ohne daß eine bedeutende Netzverkehrsüberlastung und ein zusätzlicher Betriebsaufwand für den Knoten entsteht. Die damit verbundenen ungelösten Probleme und Nachteile sind im Stand der Technik deutlich spürbar und werden durch diese Erfindung in der im Nachfolgenden beschriebenen Weise gelöst.

Abriß der Erfindung

[0016] Durch diese Erfindung wird das Problem der

dynamischen Pfaderkennung durch Anwenden von „Kollisionen“ von sich zufällig vorwärts bewegendem „Fühler“-Paketen sowohl von den Ursprungsknoten als auch den Bestimmungsknoten zur Erkundung eines Wegs mit dem die Ursprungs- und Bestimmungsknoten in einem Mehrknotennetz verbunden sind, gelöst. Die erkannten Wege können im Ursprungsknoten gespeichert werden und in Reaktion auf Berichte über neue Kollisionen von Fühlerpaketen aktualisiert werden. Gemäß dieser Erfindung erkannte Wege können am Ursprungsknoten analysiert werden, um Schleifen zu beseitigen.

[0017] Eine Aufgabe dieser Erfindung besteht darin, einen gültigen Weg von einem Ursprungs- zu einem Bestimmungsknoten mit verringerten Betriebsverkehraufwandseffekten zu erkennen. Es ist ein Merkmal des erfindungsgemäßen Verfahrens, daß sich die Fühlerpakete zufällig durch die Netztopologie ausbreiten, wodurch im Netz relativ gleichförmige Verkehrseffekte bewirkt werden. Ein Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß das Erkennen eines Weges immer die momentane Netztopologie und die Verkehrsbedingungen zu dem Zeitpunkt, zu dem sie zum Ursprungsknoten zurückgegeben werden, reflektiert. Eine weitere Eigenschaft des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß die Generierungsrate der Fühlerpakete durch die kommunizierenden Knoten in Reaktion auf Nachfrageänderungen, Kosten oder andere Parameter angepaßt werden kann.

[0018] Gemäß einem Gesichtspunkt handelt es sich bei der Erfindung um einen maschinenimplementierten Prozeß zum Erkennen eines Weges zum Übertragen zumindest eines Datenpakets von einem Ursprungsknoten zu einem Bestimmungsknoten über eine Mehrzahl von Knoten, die zur Bildung eines Netzes miteinander verbunden sind, wobei das Verfahren die Schritte aufweist: Senden eines Fühlerpakets, das Fühlerdaten, die den Bestimmungsknoten identifizieren und Knotenübertragungsprotokolldaten umfaßt, die den Ursprungsknoten identifizieren, vom Ursprungsknoten zu zumindest einen ersten der Mehrzahl von Netzknoten, Senden eines Fühlerpakets, das Knotenübertragungsprotokolldaten umfaßt, die den Bestimmungsknoten identifizieren, vom Bestimmungsknoten zu zumindest einem zweiten der Mehrzahl von Netzknoten, in Antwort auf den Empfang eines ersten Fühlerpakets an einem ersten der Mehrzahl von Netzknoten, Erweitern des Knotenübertragungsprotokolls im ersten empfangenen Fühlerpaket mit Daten, die den ersten empfangenden Knoten identifizieren, um ein erstes erweitertes Fühlerpaket zu bilden, Identifizieren eines zweiten empfangenen Fühlerpakets mit Knotenübertragungsprotokolldaten, die den Bestimmungsknoten identifizieren, im ersten empfangenden Knoten, und wenn das zweite empfangene Fühlerpaket gefunden wurde, Kombinieren der Knotenübertragungsprotokolldaten

vom ersten und zweiten empfangenen Fühlerpaket zur Darstellung eines erkannten Weges zur Übertragung zumindest eines Datenpakets vom Ursprungsknoten zum Bestimmungsknoten über das Netz, ansonsten Senden einer Kopie des ersten erweiterten Fühlerpakets zu einem zweiten der Mehrzahl von Netzknoten.

[0019] Gemäß einem weiteren Gesichtspunkt handelt es sich bei der Erfindung um eine Netzvorrichtung zum Erkennen eines Weges zur Übertragung zumindest eines Datenpaketes von einem Ursprungsknoten zu einem Bestimmungsknoten über eine Mehrzahl von Knoten, die miteinander zur Bildung eines Netzes verbunden sind, wobei die Vorrichtung Mittel zum Senden eines Fühlerpakets, das Fühlerdaten, die den Bestimmungsknoten identifizieren und Knotenübertragungsprotokolldaten, die den Ursprungsknoten identifizieren, von einem Ursprungsknoten zu zumindest einer Mehrzahl von Netzknoten; Mittel zum Senden eines Fühlerpakets, das Knotenübertragungsprotokolldaten umfaßt, die den Bestimmungsknoten identifizieren, vom Bestimmungsknoten zu zumindest einem zweiten der Mehrzahl von Netzknoten; Mittel zum Erweitern des Knotenübertragungsprotokolls in einem ersten empfangenen Fühlerpaket mit Daten, die einen ersten empfangenden Knoten identifizieren, um ein erstes erweitertes Fühlerpaket zu bilden in Antwort auf den Empfang des ersten Fühlerpakets am ersten empfangenden Knoten; Mittel zum Senden einer Kopie des erweiterten Fühlerpakets vom ersten empfangenden Knoten zu einem zweiten der Mehrzahl von Netzknoten; Mittel zum Identifizieren im ersten empfangenden Knoten eines zweiten empfangenden Fühlerpakets mit Knotenübertragungsprotokolldaten, die den Zielknoten identifizieren und Mittel zum Kombinieren der Knotenübertragungsprotokolldaten vom ersten und zweiten empfangenen Fühlerpaket, in Reaktion auf ein Auffinden des zweiten empfangenen Fühlerpakets am ersten empfangenden Knoten umfaßt, um einen Weg wiederzugeben, der erkannt wurde, um zumindest ein Datenpaket vom Ursprungsknoten zum Bestimmungsknoten über das Netz zu übertragen.

[0020] Gemäß noch einem weiteren Aspekt handelt es sich bei der Erfindung um ein Computerprogrammprodukt zur Verwendung in einem Computersystem zum Erkennen eines Weges zum Übertragen eines oder mehrerer Datenpakete von einem Ursprungsknoten zu einem Bestimmungsknoten über eine Mehrzahl von Knoten, die zur Bildung eines Netzes miteinander verbunden sind, wobei das Computerprogrammprodukt ein Aufzeichnungsmedium, ein auf dem Aufzeichnungsmedium aufgezeichnetes Mittel zur Steuerung des Systems, um ein Fühlerpaket einschließlich von Fühlerdaten, welche den Bestimmungsknoten identifizieren, und von Knotenübertragungsprotokolldaten, die den Ursprungsknoten identifizieren, vom Ursprungsknoten zu zumindest einem

der Mehrzahl von Netzknoten zu senden, auf dem Aufzeichnungsmedium aufgezeichnete Mittel zur Steuerung des Systems, um ein Fühlerpaket einschließlich von Knotenübertragungsprotokolldaten, die den Bestimmungsknoten identifizieren, vom Bestimmungsknoten zu zumindest einem zweiten der Mehrzahl von Netzknoten zu senden, auf dem Aufzeichnungsmedium aufgezeichnete Mittel zur Steuerung des Systems, um in Antwort auf den Empfang eines ersten Fühlerpakets am ersten empfangenden Knoten das Knotenübertragungsprotokoll im ersten empfangenen Fühlerpaket mit Daten, die den ersten empfangenden Knoten identifizieren, zu erweitern, um ein erstes erweitertes Fühlerpaket zu bilden, auf dem Aufzeichnungsmedium aufgezeichnete Mittel zur Steuerung des Systems, um eine Kopie des erweiterten Fühlerpakets vom ersten empfangenden Knoten zu einem zweiten der Mehrzahl von Netzknoten zu senden, auf dem Aufzeichnungsmedium aufgezeichnete Mittel zum Steuern des Systems, um im ersten empfangenden Knoten ein zweites empfangenes Fühlerpaket mit Knotenübertragungsprotokolldaten, die den Bestimmungsknoten identifizieren, zu identifizieren, und auf dem Aufzeichnungsmittel aufgezeichnete Mittel zum Steuern des Systems, um in Antwort auf das Auffinden des zweiten empfangenen Fühlerpakets am ersten empfangenden Knoten, die Knotenübertragungsprotokolldaten von dem ersten und zweiten empfangenen Fühlerpaket zu kombinieren, so daß sie einen erkannten Weg zur Übertragung von zumindest einem Datenpaket vom Ursprungsknoten zum Bestimmungsknoten über das Netz wiedergeben.

[0021] Das zuvor Beschriebene wird zusammen mit weiteren Gegenständen, Merkmalen und Vorteilen dieser Erfindung mit Bezugnahme auf die folgende Beschreibung, Ansprüche und die begleitenden Zeichnungen besser verständlich.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0022] Für ein umfassenderes Verständnis dieser Erfindung wird im Folgenden auf die folgende detaillierte Beschreibung der in der begleitenden Zeichnung veranschaulichten Ausführungsformen Bezug genommen, in der gleiche Bezugszeichen gleiche Merkmale in den Ansichten wiedergeben und wobei:

[0023] [Fig. 1](#) ein schematisches Diagramm ist, das mehrere durch ein Netz mit mehreren Knoten verbundene Endknoten zeigt;

[0024] [Fig. 2](#) ein schematisches Diagramm ist, das ein beispielhaftes Internet zeigt, das eine Haupttrasse und mehrere Domänen verbindet, von welchen jede eines oder mehrere Lokalbereichsnetze aufweist, die eine Mehrzahl von Endknoten verbinden;

[0025] [Fig. 3](#) ein Blockdiagramm ist, das die funkti-

onelle Ausführungsform eines typischen Endknotens aus [Fig. 1](#) oder [Fig. 2](#) veranschaulicht;

[0026] [Fig. 4](#) ein Blockdiagramm ist, das die funktionelle Ausführungsform eines typischen Zwischenknotens (Router) aus [Fig. 2](#) zeigt;

[0027] [Fig. 5](#) eine schematische Darstellung eines beispielhaften Ursprungs-gerouteten Datenpakets ist, das für eine Verwendung auf der Verbindungsebene (Ebene 2) geeignet ist;

[0028] [Fig. 6](#) eine schematische Darstellung eines beispielhaften zufällig gerouteten Fühlerpakets gemäß dieser Erfindung ist;

[0029] [Fig. 7](#) eine schematische Darstellung eines beispielhaften Kollisions-gerouteten Wegdatenpakets gemäß dieser Erfindung ist;

[0030] [Fig. 8](#) ein Blockdiagramm eines Ablaufdiagramms ist, das die Pfaderkennungsprozedur dieser Erfindung an einem Ursprungsknoten veranschaulicht;

[0031] [Fig. 9](#) ein Blockdiagramm eines Ablaufdiagramms ist, das die Pfaderkennungsprozedur gemäß dieser Erfindung an einem Kollisionserfassungsknoten veranschaulicht; und

[0032] [Fig. 10](#) ein schematisches Diagramm ist, das eine beispielhafte Ausführungsform einer CDRM des Computerprogrammprodukts dieser Erfindung veranschaulicht.

Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform

[0033] [Fig. 2](#) ist ein Blockdiagramm einer beispielhaften Ausführungsform eines Netzes **34**, das das Pfaderkennungssystem dieser Erfindung implementiert. Das Netz **34** ist hierarchisch so organisiert, daß es eine Gruppe von Domänen umfaßt, die beispielhaft durch die Domänen **36 – 38** dargestellt sind, wovon jede eine Anzahl von lokalen Computernetzen (LCNs) enthält, die beispielhaft durch die LCNs **40, 42, 44** und **46** dargestellt sind, wovon jedes einen oder mehrere Endknoten umfaßt, die beispielhaft durch den Endknoten **48** dargestellt sind. In der hier verwendeten Form kann es sich bei den LCNs beispielhaft um Lokalbereichsnetze (LANs), Stadtbereichsnetze (MANs), weiträumige Netze (WANs) etc. handeln. Bei den Endknoten handelt es sich typischerweise um Computer (Work Stations und Server). Es kann sich dabei jedoch um jede beliebige Art von Vorrichtung handeln, die eine Netzschnittstellenkarte (NIC) beinhalten kann, wie beispielsweise ein Drucker oder ein Modem. Die LCNs **40 – 46** sind mit Zwischenknoten verbunden, wie beispielsweise den Intradomainroutern **50, 52** und **54** und den Interdomainroutern **56, 58, 60, 62** und **64**. Die Haupttrasse

(back bone) **66** stellt die höchste hierarchische Ebene im Netz **34** dar und besteht aus einer großen Anzahl von miteinander verbundenen Knoten (nicht gezeigt), einschließlich weiterer Zwischendomainrouter (nicht gezeigt), die viele redundante Wege zwischen den Domänen **36 – 38** und vielen anderen Domänen (nicht gezeigt) bereitstellen. Ein LCN ist in **Fig. 2** als eine Linie abgebildet, an die ein Endknoten angeschlossen sein kann, um anzuzeigen, daß dieser Datenpakete zu jedem anderen an dieselbe Leitung angeschlossen Endknoten übertragen kann und Datenpakete davon empfangen kann. Um eine Domäne mit der Haupttrasse zu verbinden, können mehr als ein Zwischendomainrouter verwendet werden, was für eine Wegredundanz häufig förderlich ist.

[0034] Die durch den Router **54** beispielhaft angegebenen Router umfassen typischerweise eine Zentralverarbeitungseinheit (CPU) **68**, eine Speichereinheit **70** und eine Datenspeichervorrichtung **72**, die durch einen Systembus **74** verbunden sind. Die Speichereinheit **70** kann Direktzugriffsspeicher (RAM)-Vorrichtungen (nicht gezeigt) umfassen, die durch die CPU **68** adressierbar sind und die sowohl Programmbefehle als auch Daten speichern können. Ein Betriebssystem, das Teile umfaßt, die sich typischerweise im Speicher befinden und von der CPU **68** ausgeführt werden, organisiert den Knoten funktional durch u. a. Abrufen von Netzoperationen unterstützt von in der CPU ablaufenden Prozessen.

[0035] Bisher waren Intradomainrouter **50** und **54** zur Verwaltung von Kommunikationen unter den LCNs **40** und **42** in der Domäne **38** erforderlich und diese kommunizieren miteinander unter Verwendung eines Intradomain-Routing-Protokolls, wie beispielsweise des Distanzvektorroutinginformationsprotokolls (RIP) oder des Verbindungszustandszwischen-systems für das Zwischensystemprotokoll (IS-IS), die im Stand der Technik bekannt sind. In ähnlicher Weise waren Zwischendomainrouter **56**, **58**, **60**, **62** und **64**, die die Domänen **36** und **38** mit der Haupttrasse **66** verbinden, zur Kommunikation miteinander unter Verwendung eines Interdomainroutingprotokolls erforderlich, wie beispielsweise des Interdomainroutingprotokolls (IDRP) für Konföderationen, des Exterior-Gateway-Protokolls (EGP) oder des Border-Gateway-Protokolls (BGP), die im Stand der Technik bekannt sind. Jedoch kann die Kommunikation im Netz **34** auch entsprechend der Pfaderkennung und den Ursprungsroutingverfahren dieser Erfindung verwaltet werden. Beispielsweise können Datenpakete von einem Ursprungsknoten **68** durch das Netz **34** zu einem Bestimmungsknoten **70** erfindungsgemäß durch zunächst Erkennen des Pfades **72**, der eine Mehrzahl von Zwischenknotenverbindungen aufweist, die beispielhaft durch die Verbindung **74** dargestellt sind, und dann einschließen der Daten des erkannten Weges in das Routing Information (RI)-Feld jedes Datenpakets (**Fig. 7**), das vom

Ursprungsknoten **68** zum Bestimmungsknoten **70** gesandt wurde, in der nachfolgend beschriebenen Weise geroutet werden.

[0036] In **Fig. 3** ist ein Blockdiagramm gezeigt, das eine beispielhafte Ausführungsform des Endknoten **48** aus **Fig. 2** zeigt, der eine Zentralverarbeitungseinheit (CPU) **76**, einen Direktzugriffsspeicher **78** und eine Datenspeichervorrichtung **80** umfaßt, die miteinander durch einen lokalen Datenbus **82** in der für einen Mehrzweckcomputer üblichen Weise verbunden sind. Der Endknoten **48** kommuniziert mit dem Netz **34** (**Fig. 2**) mit Hilfe der Verbindung **84** (**Fig. 2**, **Fig. 3**), die mit dem Lokaldatenbus **82** mit Hilfe der Eingangs-/Ausgangs (I/O)-Schaltung **86** verbunden ist. Der Endknoten **48** arbeitet im allgemeinen durch Ausführen einer Mehrzahl von im Speicher **78** und/oder im Speicher **80** gespeicherten Softwarebefehlen. Beispielsweise können die Verarbeitungsschritte der Wegerkennungsprozeduren gemäß dieser Erfindung für das Ursprungsknotenfühlerpaket im Speicher **78** als die binären Softwaremodule **88** und **90** gespeichert sein und ein für den Bestimmungsknoten erkannter Pfad kann im Speicher **78** und im Speicher **80** als die Datenstruktur **92** gespeichert sein.

[0037] In **Fig. 4** ist ein Blockdiagramm gezeigt, das eine beispielhafte Ausführungsform des Routerknotens **50** aus **Fig. 2** veranschaulicht, der eine Zentralverarbeitungseinheit (CPU) **94**, einen Direktzugriffsspeicher **96** und eine Datenspeichervorrichtung **98** umfaßt, die miteinander durch einen lokalen Datenbus **100** in der für einen Mehrzweckcomputer üblichen Weise verbunden sind. Der Routerknoten **50** kann auch eine separate Routingdatenbasis **102** umfassen, in der beispielsweise die Identität seiner unmittelbar benachbarten Knoten bestimmt ist. Der Routerknoten **50** kommuniziert mit dem Netz **34** (**Fig. 2**) mit Hilfe der Mehrzahl von Verbindungen, die durch die Verbindung **104** (**Fig. 2**, **Fig. 3**) beispielhaft veranschaulicht sind, die mit dem lokalen Datenbus **100** mit Hilfe des Eingangs-/Ausgangs (I/O)-Ports **106** verbunden ist. Der Betrieb des Routerknotens **50** erfolgt im allgemeinen durch eine Abarbeitung einer Mehrzahl von Softwarebefehlen in der CPU **94**, die im Speicher **96** und/oder im Speicher **98** oder in einer anderen einem Speichermittel ähnlichen Datenbasis **102** gespeichert sind. Beispielsweise können die Verarbeitungsschritte für die Fühlerpaketkollision der Pfaderkennungsprozeduren gemäß dieser Erfindung im Speicher **96** als die binären Softwaremodule **108** und **110** gespeichert sein und ein temporäres Fühlerpaket kann als die Datenstruktur **112** im Speicher **96** und im Speicher **98** gespeichert sein.

[0038] **Fig. 5** ist eine schematische Darstellung eines beispielhaften Ursprungs-gerouteten Datenpakets **114**, das für eine Verwendung zur Kommunikation zwischen beispielsweise den Knoten **68** und **70** in

der Verbindungsebene (Ebene 2) des Netzes **34** geeignet ist. Das Datenpaket **114** umfaßt eine Mehrzahl von Datenfeldern einschließlich eines Quell- (oder Ursprungs-) Feldes **116**, das Daten enthält, die die Identität/Adresse des Ursprungsknotens für das Datenpaket **114** enthält. Bei den Datenpaketen mit Ursprung am Knoten **68** umfaßt das Ursprungsfeld **116** die Identität/Adresse des Knotens **68**. Das Bestimmungsfeld **118** enthält Daten, die die Identität/Adresse des Knotens, zu dem der Knoten **68** das Datenpaket **114** schicken möchte, umfassen. Bei den Datenpaketen mit Ursprung am Knoten **68** und beabsichtigter Ankunft am Knoten **70** umfaßt das Bestimmungsfeld **118** die Identität/Adresse des Knotens **70**. Da es sich dabei um ein „Ursprungs-geroutetes“ Datenpaket handelt, umfaßt das Datenpaket **114** auch ein Routing-Information (RI)-Feld **120**, das eine komplette Bestimmung des Weges enthält, über den sich das Datenpaket **114** bewegen muß, bevor es am Bestimmungsknoten **70** ankommt. Dementsprechend muß die gesamte Wegbestimmung am Ursprungsknoten **68** erkannt und gespeichert werden, bevor das Datenpaket **114** generiert werden kann. Gemäß dieser Erfindung erhält der Ursprungsknoten **68** den Weg zum Bestimmungsknoten **70** durch Empfang eines Wegdatenpakets (PP) ([Fig. 7](#)) von einem „Kollisions“-Knoten im Netz **34**, nachdem eines oder mehrere Fühlerdatenpakete (FPs) ([Fig. 6](#)) abgeschickt wurden.

[0039] [Fig. 6](#) ist eine schematische Darstellung eines beispielhaften zufällig gerouteten Fühlerdatenpakets (FP) **122**, das in einem Ursprungsknoten gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren ([Fig. 8](#)) generiert wurde. Das FP **122** umfaßt ein FP-Datenfeld **124**, das das FP **122** als ein „Fühlerdatenpaket“ identifiziert, und ein Fühlerdatenfeld **126**, das alle zur Spezifizierung der Erkundung eines Weges benötigten Informationen enthält, wie beispielsweise die Identität/Adresse des gewünschten Bestimmungsknotens, einen Ursprungszeitstempel, Hop-count-Grenzen und beliebige andere notwendige, durch den Ursprungsknoten bestimmte, Daten. Schließlich umfaßt das FP **122** ein Knotenübertragungs (NT)-Protokollfeld **180**, das von einem Knoten zum nächsten durch Hinzufügen der Identität/Adresse jedes Knotens, der während der Übertragung vom Ursprungsknoten zu einer „Kollision“ mit einem anderen FP vom gewünschten Bestimmungsknoten angefahren wurde, inkrementell aktualisiert wird. Somit umfaßt das NT Protokoll **128**, wenn das FP **122** im Ursprungsknoten, beispielsweise im Ursprungsknoten **68** ([Fig. 2](#)), generiert wurde, nur einen einzigen Eintrag **130**, der die Identität/Adresse des Ursprungsknotens **68** festlegt. Das FP **122** wird dann zufällig zu einem benachbarten Knoten abgesandt, wo es empfangen und gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren ([Fig. 9](#)) verarbeitet wird.

[0040] [Fig. 7](#) ist eine schematische Darstellung ei-

nes beispielhaften Kollisions-gerouteten Weg-Datenpakets (PP) **132** gemäß dieser Erfindung. Wenn das FP **122** mit einem zweiten FP (nicht gezeigt) „kollidiert“, das entweder seinen Ursprung am gewünschten Bestimmungsknoten hat oder diesen durchlaufen hat, erzeugt der eine derartige Kollision erfassende Knoten (der Kollisionsknoten) das PP **132** und sendet dieses zum Ursprungsknoten zurück, wie in weiteren Einzelheiten in Verbindung mit [Fig. 8](#) – [Fig. 9](#) erläutert wird. Das PP **132** kann ein PP-Datenfeld (nicht gezeigt) umfassen (muß jedoch nicht), das das PP **122** als ein „Wegdatenpaket“ identifiziert, da das PP **122** lediglich unter Verwendung der Bestimmung, des Ursprungs, der Routing-Information und der Datenfelder des einfachen Ursprungs-gerouteten Datenpakets **114** ([Fig. 5](#)) konfiguriert sein kann. Das Bestimmsdatenfeld **134** spezifiziert die Identität/Adresse des „Ursprungs“-Knotens, an dem das FP **122** seinen Ursprung hat. Das Ursprungsdatenfeld **136** spezifiziert die Identität/Adresse des „Kollisions“-Knotens, in dem das FP **122** mit dem zweiten FP (nicht gezeigt) kollidierte, wobei es sich dabei ebenfalls um den Ursprungsknoten handelt, von dem das PP **132** abgesandt wurde. Das RI-Feld **138** spezifiziert den Weg von dem Kollisionsknoten zurück zum Ursprungsknoten, der durch Umkehren der Einträge im NT Protokoll **128** des FP **122** erhalten werden kann. Schließlich umfaßt das Datenfeld **140** die aus der Kollision des FP **122** mit dem zweiten FP (nicht gezeigt) in der durch das folgende Beispiel dargestellten Weise erhaltene Weginformation:

[0041] Wieder mit Bezugnahme auf den Weg **72** in [Fig. 2](#) werde ein erstes FP vom Ursprungsknoten **68** betrachtet, das mit einem zweiten FP vom Bestimmungsknoten **70** am Kollisionsknoten **62** kollidiert. Das erste FP wurde im Knoten **68** in Reaktion auf ein Begehren des Knotens **68** generiert, mit dem Knoten **70** zu kommunizieren, so daß der Inhalt der Felder im ersten FP ist (die Übertragung durch die Haupttrasse **66** ist gezeigt als „N1*2*3“):

FP-Feld ist das FP

Fühlerdatenfeld ist „gewünschte Bestimmung = NODE 70“

Knotenübertragungsprotokollfeld (Node Transit Log Field) ist „NODE 68“ „NODE 50“ „NODE 58“ „N1*2*3“

[0042] Das zweite FP kann durch den Knoten **70** in Reaktion auf einen Wunsch des Knotens **70** mit einem dritten Knoten, wie beispielsweise dem Knoten **48** zu kommunizieren, erzeugt worden sein, so daß der Inhalt der Felder im zweiten FP ist:

FP-Feld ist FP

Fühlerdatenfeld ist „gewünschte Bestimmung = NODE 48“

Knotenübertragungsprotokollfeld (Node Transit Log Field) ist „NODE 70“ „NODE 52“

[0043] Wenn das erste FP am Knoten **62** ankommt, wird im Knoten **62** nach anderen FPs gesucht und

das zweite FP wird erkannt. Wenn das zweite FP geprüft ist, wird eine Übereinstimmung der Einträge „NODE 70“ im RI-Feld und „NODE 70“ im Fühlerdatenfeld des ersten FP festgestellt. Dadurch erkennt der Knoten **62** eine „Kollision“ zwischen dem ersten und zweiten FP und erstellt ein PP zur Übertragung zum Knoten **70**. Die Inhalte der Felder dieses PP sind:

Das Ursprungsfeld ist „NODE 68“

Das Kollisionsfeld ist „NODE 62“

Das RI-Feld ist „N3*2*1“ „NODE 58“ „NODE 50“ „NODE 68“

Das Datenfeld (erkannter Weg) ist „NODE 68“ „NODE 50“ „NODE 58“ „N1*2*3“ „NODE 62“ „NODE 52“ „NODE 70“

[0044] Da für das erste FP eine Kollision erkannt wurde, wird das erste FP nicht weiter gesendet und erlischt im Knoten **62**. Im Gegensatz dazu wiesen bei diesem Beispiel die NT-Protokolle aller anderen am Knoten **62** vorhandenen FPs nicht die gewünschte Bestimmung „NODE 48“ auf, als das zweite FP zum ersten Mal am Knoten **62** ankam. Da eine Kollision für das zweite FP am Knoten **62** nicht erfaßt wurde, wird das zweite FP dann durch Hinzufügen von „NODE 62“ zum NP-Protokoll erweitert und auf zufällige Weise zu einem benachbarten Knoten, der nicht der Ursprungsknoten **52** ist, von dem es empfangen wurde, gesandt.

[0045] In [Fig. 8](#) ist ein Ablaufdiagramm dargestellt, das eine beispielhafte Ausführungsform eines Teils der erfindungsgemäßen Prozedur zeigt, die für eine Durchführung an einem Ursprungsknoten, wie beispielsweise dem Ursprungsknoten **68** ([Fig. 2](#)) geeignet ist. Diese Prozedur beginnt mit dem Schritt **142** in Reaktion auf eine Anfrage am Knoten **68**, (z. B.) mit dem Bestimmungsknoten **70** zu kommunizieren. Zunächst wird im Schritt **144** vom Knoten **68** bestimmt, ob ein Weg zum Knoten **70** lokal verfügbar ist. Falls dieser lokal gespeichert ist, wird er im Schritt **146** auf seine Aktualität überprüft und falls er nicht ungültig ist, fügt der Knoten **68** den Weg in das RI-Feld jedes für den Knoten **70** bestimmten Datenpakets im Schritt **148** ein und schickt die Pakete im Schritt **150** auf ihre Reise durch das Netz **34**. Falls der lokal gespeicherte Weg zum Knoten **70** nicht mehr gültig ist, oder auf andere Weise nicht mehr verfügbar ist, beginnt der Knoten **68** im Schritt **152** mit einer Wegerkennungsprozedur durch Generieren und Abschicken eines zur Erkundung eines Weges zum Knoten **70** bestimmten Fühlerpakets. In den Schritten **154** und **156** wird im Schritt **158** während des Abwartens der Rückkehr eines PP von einem bestimmten Kollisionsknoten im Netz **34** ein Zähler abwärts gezählt. Wenn der Zähler nicht mehr gültig ist, wird der Schritt **152** durch Abschicken eines weiteren zur Erkundung eines Weges zum Knoten **70** vorgesehenen Fühlerpakets wiederholt und die Schritte **154** und **156** werden während des Abwartens eines PP im Schritt **158** wieder durch-

schleift. Wenn im Schritt **158** ein PP ankommt, werden die Wegdaten im Schritt **160** lokal im Knoten **58** gespeichert und die Prozedur kehrt zu den oben beschriebenen Schritten **146**, **148** und **150** zurück. Es ist ohne Weiteres verständlich, daß der Schritt des Abschickens des FP **152** auch in Reaktion auf zahlreiche andere geeignete Bedingungen, wie z. B. den Grad der Datenaktualität, beispielsweise in Reaktion auf den Grad der Nachfrage am Knoten **68** nach einem Weg zum Knoten **70**, oder in Reaktion auf die Höhe der Kosten des durch die im Knoten **68** gespeicherten Wegdaten wiedergegebenen Weges, wiederholt werden kann.

[0046] In [Fig. 9](#) ist ein Ablaufdiagramm gezeigt, das eine beispielhafte Ausführungsform eines Teils der Wegerkennungsprozedur gemäß dieser Erfindung zeigt, die zur Durchführung an einem Kollisionserfassungsknoten, wie beispielsweise dem Knoten **62** ([Fig. 2](#)) geeignet ist. Diese Prozedur beginnt im Schritt **162** in Reaktion auf den Empfang eines ersten Fühlerpakets (FP1) am Knoten **62**. Im Schritt **164** wird das FP1 geparkt, um die gewünschte Bestimmung zu erhalten (DEST1), nach der dann im Knoten **62** durch Abarbeiten jedes anderen im Knoten **62** vorhandenen FP gesucht wird, was beispielsweise alle nicht ungültig gewordenen FPs umfassen kann, die vor dem FP1 erhalten wurden, und alle FPs, die während des Aufenthalts (vor dem Ungültigwerden) des FP1 am Knoten **62** ankommen. Im Schritt **166** wird die Existenz früherer Ankünfte des FP getestet und im Schritt **168** wird das NT-Protokoll für jedes ermittelte FP auf das Vorhandensein von DEST1 überprüft. Falls im Schritt **170** DEST1 im NT-Protokoll eines früher angekommenen FP gefunden wird, wird im nächsten Schritt **172** eine Detektion einer Kollision für FP1 erklärt. Das FP1 soll dann weiterhin im Knoten **62** bleiben, bis es ungültig wird, woraufhin es gelöscht wird, ohne weitergeschickt zu werden. Im Schritt **174** werden die Wegdaten aus den NT-Protokollen der kollidierenden FPs zusammengesetzt, so daß der vom Knoten **68** gesuchte Weg zum Knoten **70** gebildet wird. Im Schritt **176**, der statt dessen im Knoten **68** nach dem Empfang der Wegdaten vom Knoten **62** ausgeführt werden könnte, werden alle Schleifen aus den Wegdaten entfernt, was im Prinzip durch Löschen von Einträgen im NT-Protokoll zwischen zwei identischen Einträgen und Verbinden der identischen Einträge erreicht werden kann. Schließlich wird im Schritt **178** ein PP erzeugt und zum Knoten **68** gesandt, das die aus der FP-Kollision am Knoten **62** erhaltenen Wegdaten enthält. Bei einer alternativen Ausführungsform (nicht gezeigt) für vom Paketverkehr nicht betroffene Systeme kann das PP (das beispielsweise in zweckmäßiger Weise durch Umkehren der Wegdatenfeldsequenz modifiziert ist) ebenfalls zum Knoten **70** zur unmittelbaren Verwendung beim Abschicken von Paketen zurück zum Knoten **68** weitergeschickt werden. Selbstverständlich kann das Datenpaket RI-Feld für denselben Zweck

am Knoten **70** extrahiert werden (mit einem geringeren Netzpaketverkehr), sobald das erste Datenpaket (**Fig. 5**) am Knoten **70** vom Knoten **68** in Antwort auf die Ankunft des zum Knoten **68** gesendeten PP ankommt.

[0047] Wenn der Schritt **166** endet, ohne daß eine Kollision für das FP1 am Knoten **62** erfaßt wird, wird die Prozedur im Schritt **180** fortgesetzt, in dem ein „Verweildauer im Knoten“-Timer für FP1 dekrementiert wird. Im Schritt **182** wird der Timer auf seinen Ablauf geprüft und sofern er nicht ungültig geworden ist, wird im Schritt **184** der Knoten **62** auf ein neu angekommenes FP überprüft, wobei dessen NT-Protokoll im Schritt **168** auf einen DEST1-Eintrag überprüft wird. Falls ein DEST1 im Schritt **188** ermittelt wird, verzweigt sich die Prozedur zum oben erläuterten Schritt **172** und das FP1 kann im Knoten **62** ungültig werden. Falls der Schritt **188** fehlschlägt, wird der Schritt **184** noch einmal ausgeführt und falls der Schritt **184** fehlschlägt wird die Timer-Dekrementierungsschleife im Schritt **180** neu gestartet. Wenn die Zeit für das FP1 im Knoten **62** ohne eine Kollision abgelaufen ist, wird das FP1 im Schritt **190** durch Hinzufügen von „NODE **62**“ zum NT-Protokoll von FP1 erweitert. Schließlich wird im Schritt **192** eine willkürliche vom Knoten **62** ausgehende Verbindung ausgewählt und eine Kopie des erweiterten FP1 wird zum benachbarten Knoten auf der ausgewählten Verbindung ausgesandt, an dem die Prozedur in **Fig. 9** wiederholt werden kann.

[0048] In **Fig. 10** ist ein schematisches Diagramm eines CDROM **194** gezeigt, das eine beispielhafte Ausführungsform des Computerprogrammproduktes dieser Erfindung verkörpert. Der CDROM **194** umfaßt ein Aufzeichnungsmedium **196**, in dem eine Mehrzahl von durch die Softwareprogrammmodule **198**, **200**, **202** beispielhaft verkörpert Softwaremitteln gespeichert sind. Die Module **198**, **200** und **202** können beispielsweise Mittel zur Steuerung des Knotens **68**, um das FP1 entsprechend dem Schritt **190** (**Fig. 9**) zu erweitern, oder beispielsweise Mittel zur Steuerung des Knotens **68** zur Kombination der Inhalte des NT-Protokolls aus zwei kollidierenden FPs umfassen. Derartige Programmmodule können vom CDROM **194** zu den Speicherelementen jedes beliebigen Knotens oder von Knoten im Netz **34** übertragen werden, um das erfindungsgemäße Verfahren zu erfüllen.

[0049] Offensichtlich ergeben sich in Anbetracht dieser Lehre weitere Ausführungsformen und Abwandlungen dieser Erfindung für den Fachmann ohne weiteres. Daher ist die Erfindung lediglich durch die folgenden Ansprüche beschränkt, die alle in Verbindung mit der obigen Beschreibung und der begleitenden Zeichnung zu betrachtenden Ausführungsformen und Abwandlungen umfassen.

Patentansprüche

1. Maschinenimplementiertes Verfahren zum Erkennen eines Weges zum Übertragen zumindest eines Datenpakets von einem Ursprungsknoten zu einem Bestimmungsknoten über eine Mehrzahl von Knoten, die zur Bildung eines Netzes miteinander verbunden sind, wobei das Verfahren die nicht geordneten Schritte aufweist:

(a) Senden eines Fühlerpakets, das Fühlerdaten, die den Bestimmungsknoten identifizieren, und Knotenübertragungsprotokolldaten umfaßt, die den Ursprungsknoten identifizieren, vom Ursprungsknoten zu zumindest einem ersten der Mehrzahl von Netzknoten;

(b) Senden eines Fühlerpakets, das Knotenübertragungsprotokolldaten umfaßt, die den Bestimmungsknoten identifizieren, vom Bestimmungsknoten zu zumindest einem zweiten der Mehrzahl von Netzknoten; und

(c) in Antwort auf den Empfang eines ersten Fühlerpakets an einem ersten empfangenden Knoten

(c.1) Erweitern des Knotenübertragungsprotokolls im ersten empfangenen Fühlerpaket mit Daten, die den ersten empfangenden Knoten identifizieren, um ein erstes erweitertes Fühlerpaket zu bilden,

(c.2) Identifizieren eines zweiten empfangenen Fühlerpakets mit Knotenübertragungsprotokolldaten, die den Bestimmungsknoten identifizieren, im ersten empfangenden Knoten und

(c.2.1) wenn das zweite empfangene Fühlerpaket gefunden wurde, Kombinieren der Knotenübertragungsprotokolldaten vom ersten und zweiten empfangenen Fühlerpaket zur Darstellung eines Weges, der erkannt wurde, um zumindest ein Datenpaket vom Ursprungsknoten zum Bestimmungsknoten über das Netz zu übertragen, ansonsten

(c.2.2) Senden einer Kopie des ersten erweiterten Fühlerpakets zu einem zweiten der Mehrzahl von Netzknoten.

2. Prozeß nach Anspruch 1, der des weiteren den Schritt aufweist:

(d) Senden einer Kopie der kombinierten Knotenübertragungsprotokolldaten, die den erkannten Weg darstellen, zum Ursprungsknoten.

3. Verfahren nach Anspruch 2, das des weiteren die Schritte aufweist:

(e) Speichern von Daten, die den erkannten Weg darstellen; und

(f) Wiederholen des Schrittes (a) eines Sendens des Fühlerpakets in Antwort auf eines von: dem Alter der gespeicherten Wegdaten einem Ausmaß der Nachfrage nach einem Weg zum Bestimmungsknoten am Ursprungsknoten; und einem Ausmaß der Kosten des Weges, wiedergegeben durch die gespeicherten Wegdaten.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden

Schritte, wobei der Identifizierungsschritt (c.2) den Schritt umfasst:

Identifizieren eines zweiten empfangenen Fühlerpakets mit Knotenübertragungsprotokolldaten, die den Bestimmungsknoten als den Ursprungsknoten des Fühlerpakets identifizieren, im ersten empfangenden Knoten.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Kombinationsschritt (c.2.1) des weiteren den Schritt umfaßt:
(c.2.1.1) Ändern der Knotenübertragungsprotokolldaten vom ersten und zweiten empfangenen Fühlerpaket, um Schleifen aus dem erkannten Weg zu beseitigen.

6. Netzvorrichtung (34) zum Erkennen eines Weges zum Übertragen zumindest eines Datenpakets (114) von einem Ursprungsknoten (68) zu einem Bestimmungsknoten (70) über eine Mehrzahl von Knoten (50, 52, 58, 62), die zur Bildung eines Netzes miteinander verbunden sind, wobei die Vorrichtung (34) umfasst:

Mittel (76, 78, 80, 86) zum Senden eines Fühlerpakets (122), das Fühlerdaten (126), die den Bestimmungsknoten (70) identifizieren, und Knotenübertragungs-Protokoll-Daten, die den Ursprungsknoten (68) identifizieren, umfasst, vom Ursprungsknoten (68) zu zumindest einem ersten (50) der Mehrzahl von Netzknoten (128);

Mittel (76, 78, 80, 86) zum Senden eines Fühlerpakets (122), das Knotenübertragungsprotokolldaten (128) umfaßt, die den Bestimmungsknoten identifizieren, vom Bestimmungsknoten (70) zu zumindest einem zweiten (52) der Mehrzahl von Netzknoten;

Mittel (94, 96, 98) zum Erweitern des Knotenübertragungsprotokolls (128) im ersten empfangenen Fühlerpaket (122) mit Daten, die den ersten empfangenden Knoten (50) identifizieren, um ein erstes erweitertes Fühlerpaket (122) zu bilden, in Antwort auf den Empfang eines ersten Fühlerpakets (122) an einem ersten empfangenden Knoten (50);

Mittel (94, 96, 98, 102) zum Senden einer Kopie des erweiterten Fühlerpakets (122) vom ersten empfangenden Knoten (50) zu einem zweiten (58) einer Mehrzahl von Netzknoten;

Mittel (94, 96, 98) zum Suchen nach einem zweiten empfangenen Fühlerpaket (122) mit Knotenübertragungsprotokolldaten (130), die den Bestimmungsknoten identifizieren, im ersten empfangenden Knoten (50); und

Mittel (94, 96, 98) zum Kombinieren der Knotenübertragungsprotokolldaten vom ersten und zweiten empfangenen Fühlerpaket zur Darstellung eines Weges (72), der erkannt wurde, um zumindest ein Datenpaket (114) vom Ursprungsknoten (68) zum Bestimmungsknoten (70) über das Netz (34) zu übertragen, in Antwort auf ein Finden des zweiten empfangenen Fühlerpakets (112) am ersten empfangenden Knoten (150).

7. Vorrichtung (34) nach Anspruch 6, die des weiteren umfasst:

Mittel (94, 96, 98, 132) zum Senden einer Kopie der kombinierten Knotenübertragungsprotokolldaten (140), die den erkannten Weg darstellen, zum Ursprungsknoten (68).

8. Vorrichtung (34) nach Anspruch 7, die des weiteren umfasst:

Mittel (78, 80) zum Speichern von Daten (140) am Ursprungsknoten (68), die den erkannten Weg (72) darstellen; und

Mittel (76, 78, 80, 86) zum erneuten Senden des Fühlerpakets (122) vom Ursprungsknoten (68) in Antwort auf eines von:

dem Alter der gespeicherten Wegdaten (92);

einem Ausmaß der Nachfrage nach einem Weg zum Bestimmungsknoten (70), am Ursprungsknoten (68); und

einem Ausmaß der Kosten des Weges (72), wiedergegeben durch die gespeicherten Wegdaten (92).

9. Vorrichtung (34) nach einem der Ansprüche 6 bis 8, die des weiteren umfasst: Mittel (94, 96, 98) zum Suchen im ersten empfangenden Knoten (50) nach einem zweiten empfangenen Fühlerpaket (122) mit Knotenübertragungsprotokolldaten (140), die den Bestimmungsknoten (70) als den Ursprungsknoten des Fühlerpakets (130) identifizieren.

10. Vorrichtung (34) nach einem der Ansprüche 6 bis 9, die des weiteren umfasst: Mittel (94, 96, 98) zum Ändern der kombinierten Knotenübertragungsprotokolldaten (140) vom ersten und zweiten empfangenen Fühlerpaket, um Schleifen aus dem erkannten Weg (72) zu beseitigen.

11. Computerprogrammprodukt zur Verwendung in einem Computersystem zum Erkennen eines Weges zum Übertragen eines oder mehrerer Datenpakete von einem Ursprungsknoten zu einem Bestimmungsknoten über eine Mehrzahl von Knoten, die miteinander verbunden sind, um ein Netz zu bilden, wobei das Computerprogrammprodukt einen Code umfasst, der geeignet ist, das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 auszuführen, wenn es auf dem Computersystem läuft.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

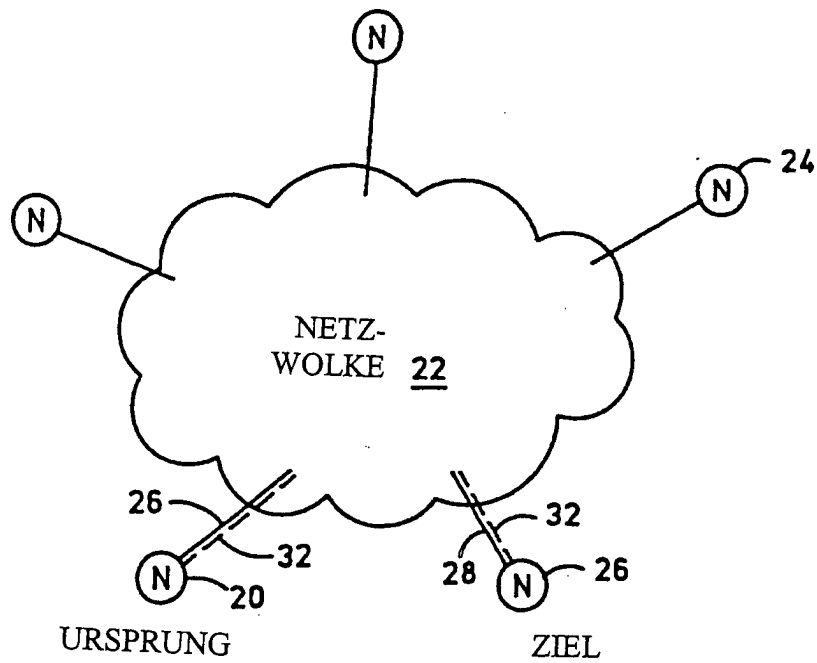


FIG. 1

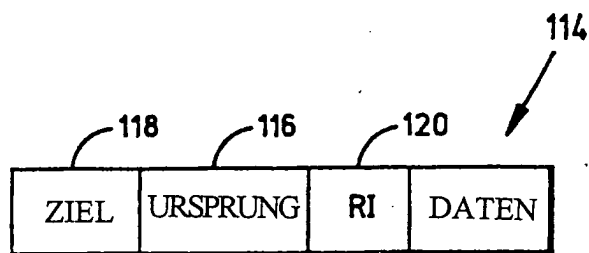


FIG. 5

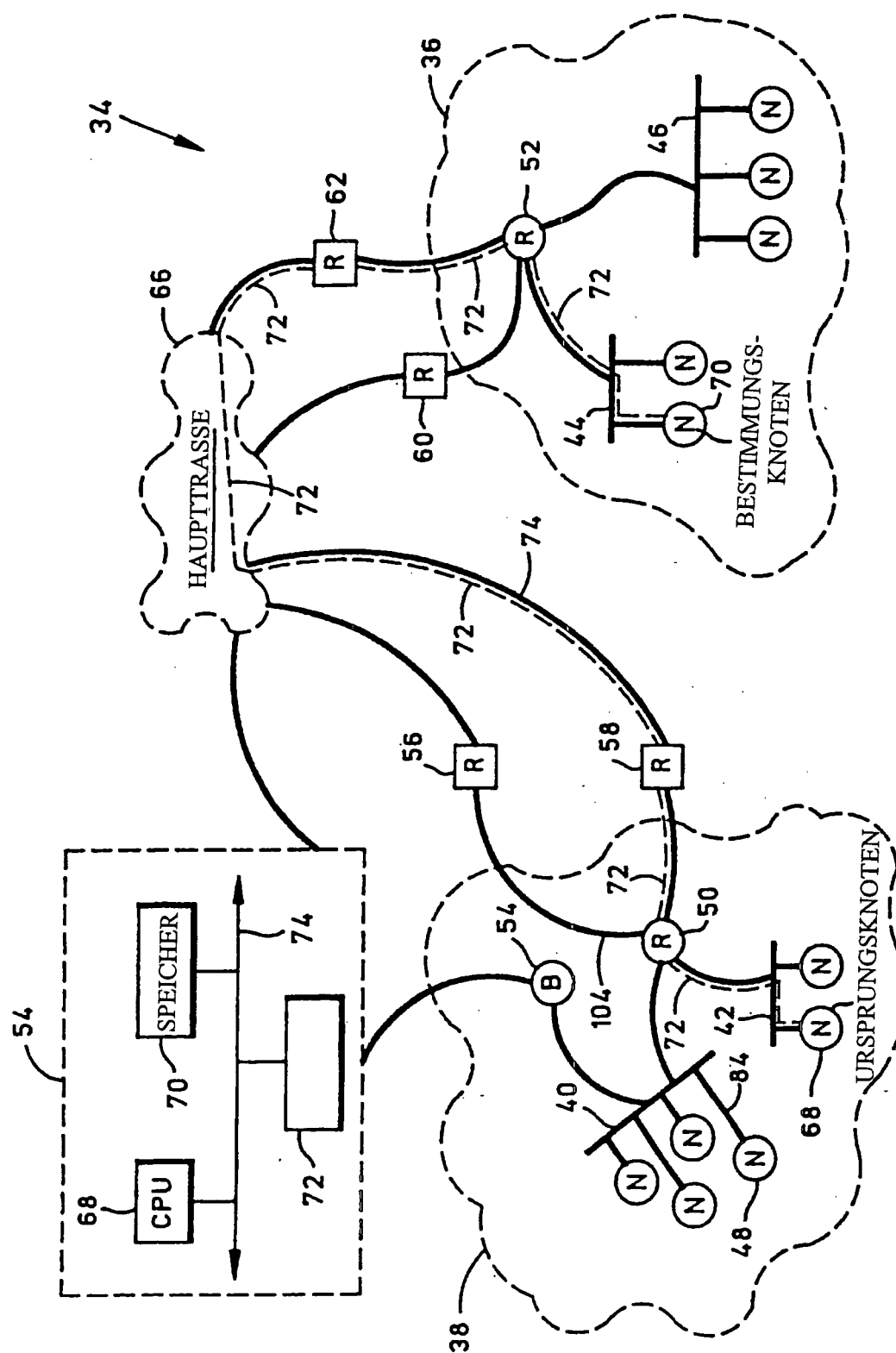
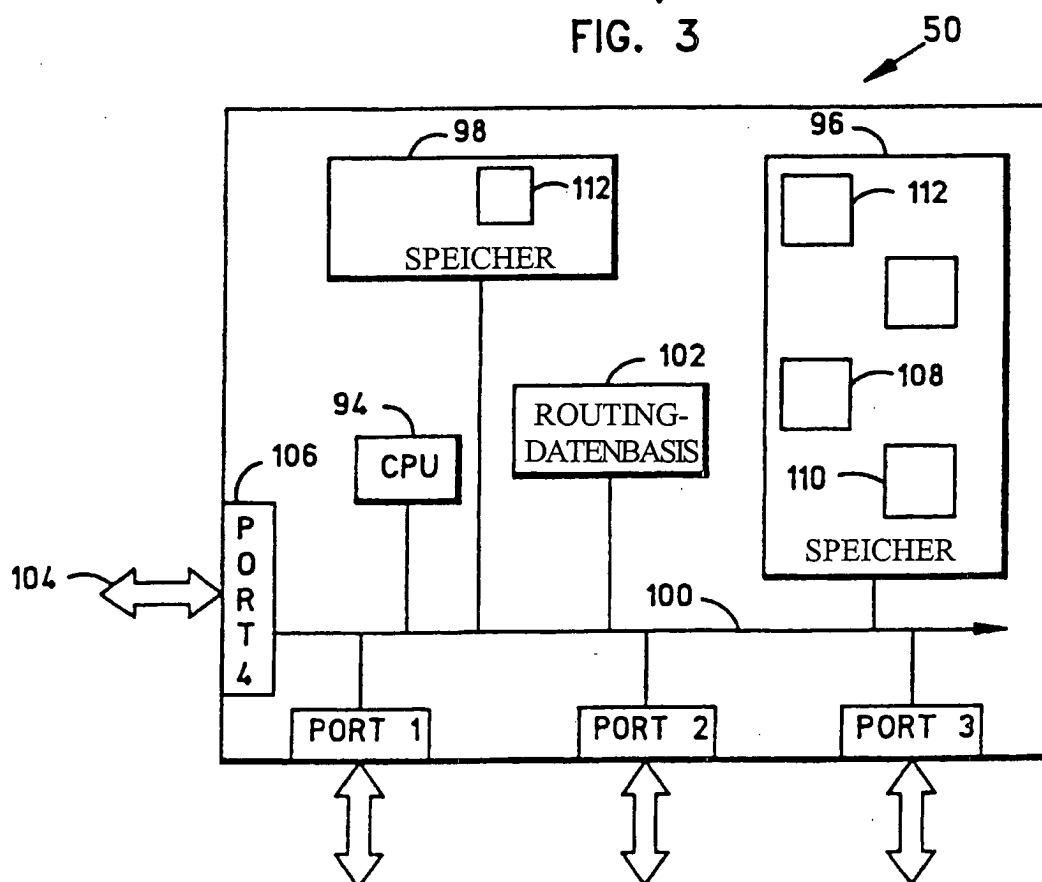
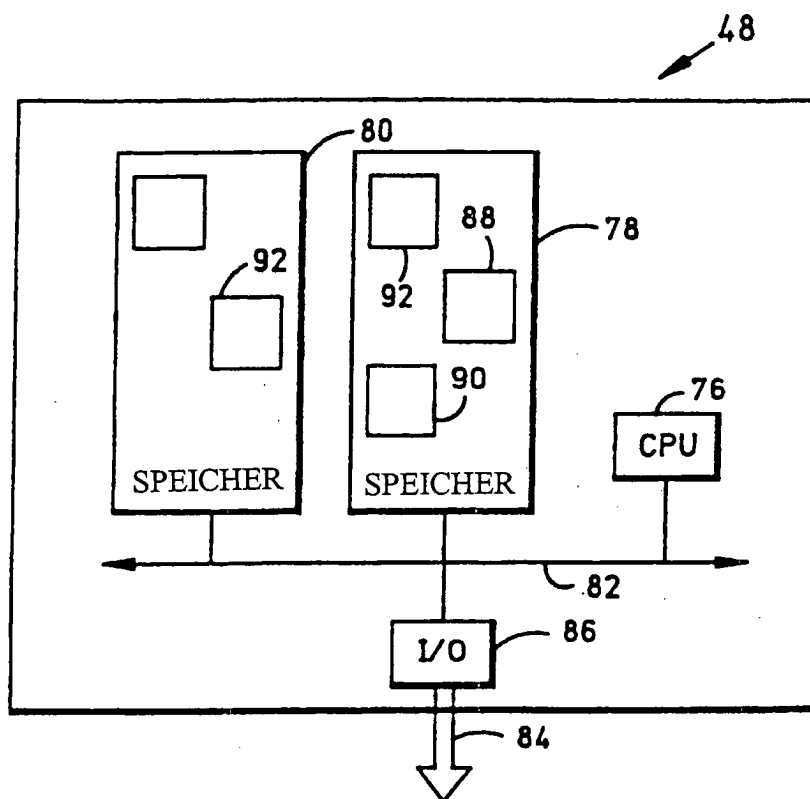


FIG. 2



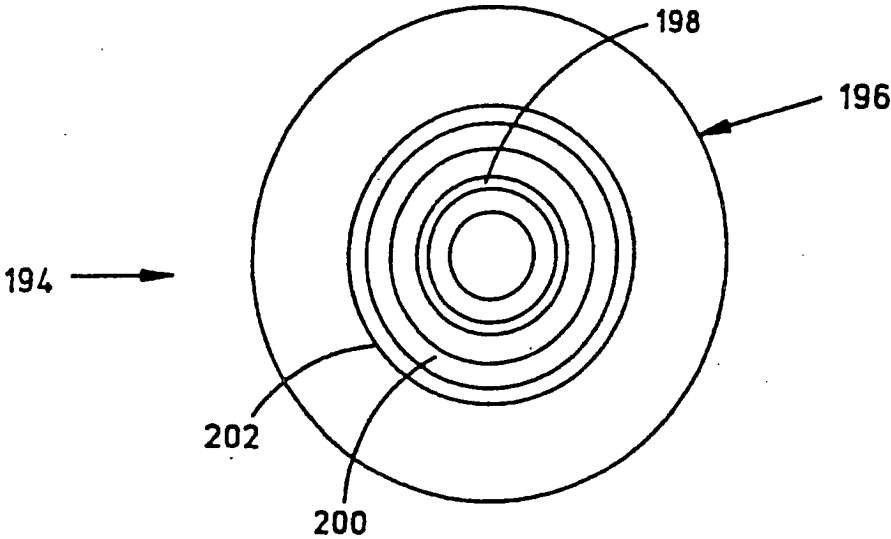


FIG. 10

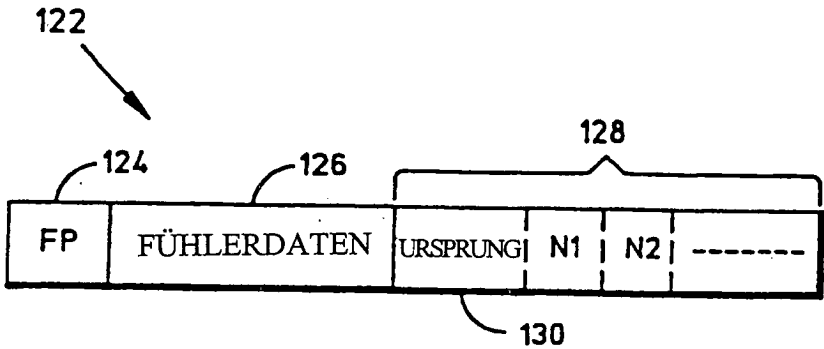


FIG. 6

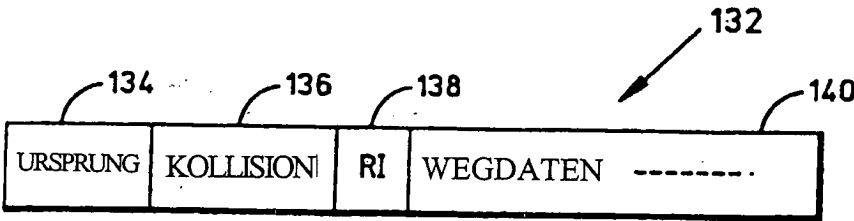


FIG. 7

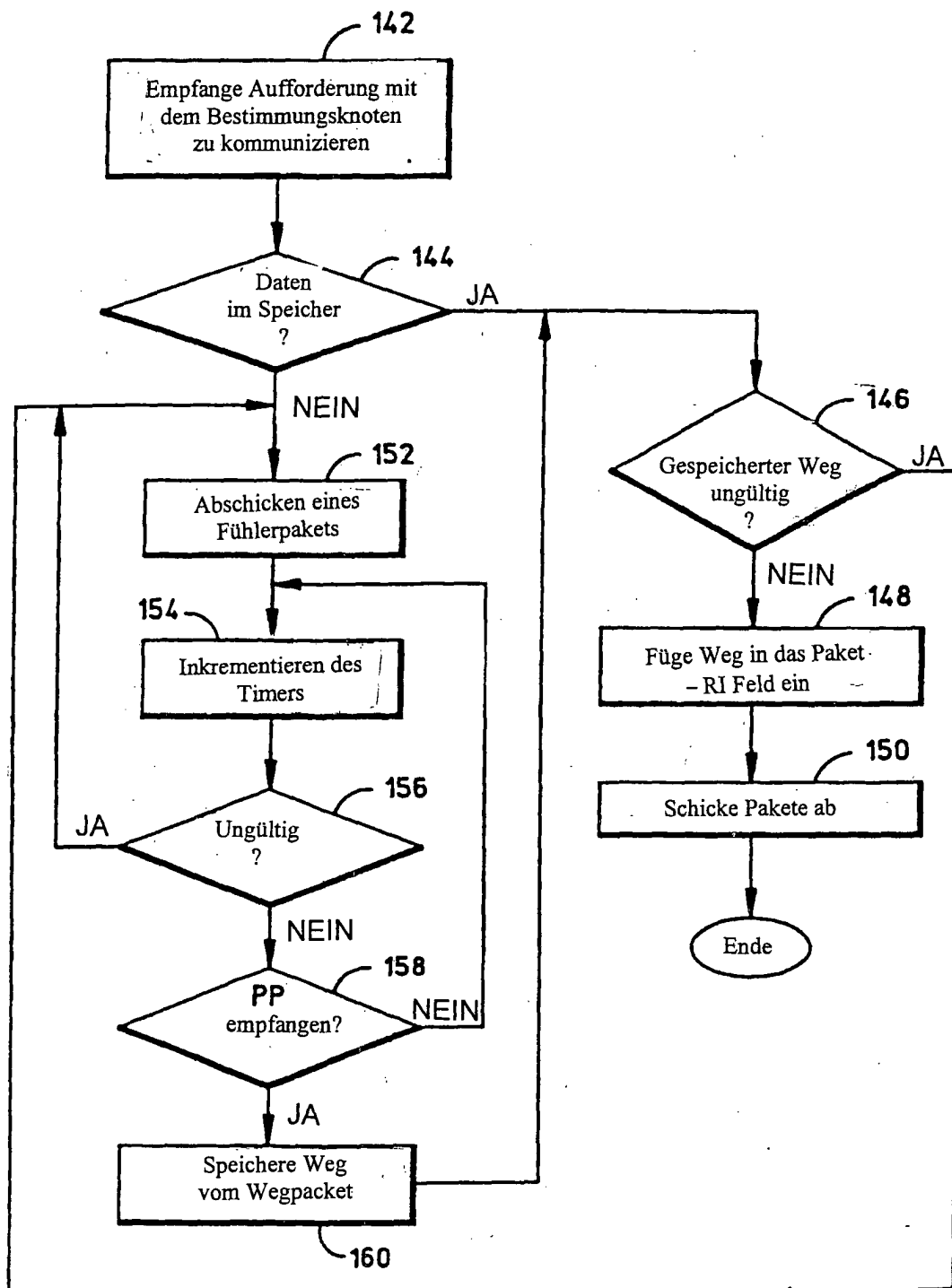


FIG. 8

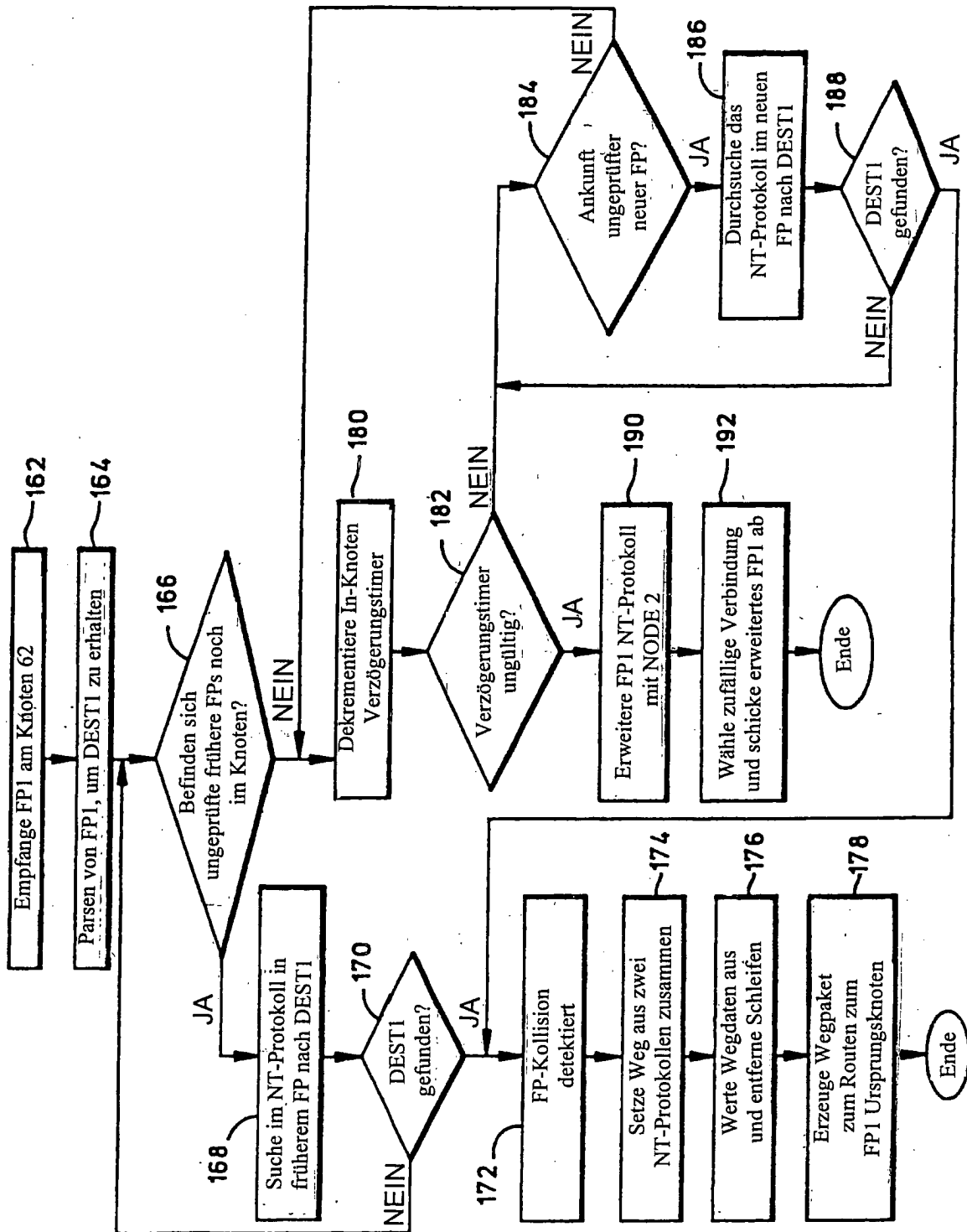


FIG. 9