



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 33 107 T2** 2005.09.29

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 823 164 B1**

(51) Int Cl.⁷: **H04L 12/56**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 33 107.5**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US97/02631**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 906 692.5**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 97/031458**

(86) PCT-Anmeldetag: **21.02.1997**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **28.08.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **11.02.1998**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **27.04.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **29.09.2005**

(30) Unionspriorität:

605676 22.02.1996 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:

Fujitsu Ltd., Kawasaki, Kanagawa, JP

(72) Erfinder:

**WICKI, Thomas M., Palo Alto, US; HELLAND, J.,
Patrick, Redmond, US; WEBER, Wolf-Dietrich, La
Honda, US; WILCKE, W., Winfried, San Jose, US**

(74) Vertreter:

W. Seeger und Kollegen, 81369 München

(54) Bezeichnung: **SYSTEM UND VERFAHREN ZUR DYNAMISCHEN NETZWERK-TOPOLOGIE ERFORSCHUNG**

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

Querverweise auf verwandte Anmeldungen

[0001] Der Gegenstand dieser Anmeldung ist mit dem Gegenstand der folgenden Anmeldungen verwandt:

Anmeldung Seriennummer 08/605,677, US-Patent 5 959 955, mit dem Titel "ASYNCHRONOUS PACKET SWITCHING", eingereicht am 22. Februar 1996 von Thomas M. Wicki, Patrick J. Helland, Takeshi Shimizu, Wolf-Dietrich Weber und Winfried W. Wilcke;

Anmeldung Seriennummer 08/603,926, US-Patent 5 838 684, mit dem Titel "LOW LATENCY, HIGH CLOCK FREQUENCY PLESIOASYNCHRONOUS PACKET-BASED CROSSBAR SWITCHING CHIP SYSTEM AND METHOD", eingereicht am 22. Februar 1996 von Thomas M. Wicki, Jeffrey D. Larson, Albert Mu und Raghu Sastry;

Anmeldung Seriennummer 08/603,880, US-Patent 5 892 766, mit dem Titel "METHOD AND APPARATUS FOR COORDINATION ACCESS TO AN OUTPUT OF A ROUTING DEVICE IN A PACKET SWITCHING NETWORK", eingereicht am 22. Februar 1996 von Jeffrey D. Larson, Albert Mu und Thomas M. Wicki;

Anmeldung Seriennummer 08/604,920, US-Patent 5 991 296, mit dem Titel "CROSSBAR SWITCH AND METHOD WITH REDUCED VOLTAGE SWING AND NO INTERNAL BLOCKING DATA PATH", eingereicht am 22. Februar 1996 von Albert Mu und Jeffrey D. Larson;

Anmeldung Seriennummer 08/603,913, US-Patent 6 003 064, mit dem Titel "A FLOW CONTROL PROTOCOL SYSTEM AND METHOD", eingereicht am 22. Februar 1996 von Thomas M. Wicki, Patrick J. Helland, Jeffrey D. Larson, Albert Mu und Raghu Sastry; und Richard L. Schober, Jr.;

Anmeldung Seriennummer 08/603,911, US-Patent 5 768 300, mit dem Titel "INTERCONNECT FAULT DETECTION AND LOCALIZATION METHOD AND APPARATUS", eingereicht am 22. Februar 1996 von Raghu Sastry, Jeffrey D. Larson, Albert Mu, John R. Slice, Richard L. Schober, Jr., und Thomas M. Wicki;

Anmeldung Seriennummer 08/603,923, US-Patent 5 931 967, mit dem Titel "METHOD AND APPARATUS FOR DETECTION OF ERRORS IN MULTIPLE-WORD COMMUNICATIONS", eingereicht am 22. Februar 1996 von Thomas M. Wicki, Patrick J. Helland und Takeshi Shimizu; und

Anmeldung Seriennummer 08/603,882, US-Patent 5 615 161, mit dem Titel "CLOCKED SENSE AMPLIFIER WITH POSITIVE SOURCE FEEDBACK", eingereicht am 22. Februar 1996 von Albert Mu.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG**1. Gebiet der Erfindung**

[0002] Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf das Gebiet der Netzanalyse, und insbeson-

dere auf ein System und ein Verfahren zum dynamischen Bestimmen einer Topologie eines Ursprungsknotenleitweg-Paketvermittlungsnetzes während eines Computer-Boot-Prozesses oder während eines Online-Betriebs.

2. Beschreibung der Hintergrundtechnik

[0003] Es gibt viele Techniken, die von Computernetzen verwendet werden, um Informationen zwischen Anschlüssen (Knoten) eines Netzes effizient und zuverlässig zu transferieren. Eine solche Technik ist die Paketvermittlung. Bei der Paketvermittlung sendet ein Senderknoten einen Rahmen zu einem Empfängerknoten. Die Nachricht wird in viele Abschnitte mit variabler Größe geteilt. Diese Abschnitte werden Pakete genannt. Jedes Paket schließt einen Datenabschnitt, einen Paketkopf und häufig Fehlerdetektierinformationen, z. B. Parität, ein. Der Datenabschnitt schließt die Informationen in der Nachricht ein, die zusammen mit anderen Protokollinformationen aus den höheren Schichten in dem Netz, z. B. der Anwendungsschicht, Datendarstellungsschicht, Kommunikationssteuerungsschicht, wie in einem OSI-Referenzmodell ausgeführt, zu senden sind. Der Paketkopf schließt Informationen ein, die sich, unter anderen Informationen, auf den Ort des Pakets in der Paketsequenz beziehen.

[0004] Um die Pakete zwischen Knoten des Netzes zu transportieren, sind zusätzliche Informationen erforderlich. Diese zusätzlichen Informationen werden in einem Rahmenkopf gespeichert. Ein Rahmenkopf wird zu den Paketen hinzugefügt, und die Kombination eines Pakets und eines Rahmenkopfs wird Rahmen genannt. Jedes Netz begrenzt die Größe eines Rahmens, wenn daher das Paket zu groß ist, um in einen Einzelrahmen zu passen, wird das Paket in zwei oder mehrere Rahmen getrennt. Die in dem Paket eingeschlossenen Informationen schließen Informationen ein, die den letzten Zielknoten für den Rahmen identifizieren.

[0005] Der Ursprungsknoten und der Zielknoten sind in einer Netzumgebung häufig nicht direkt verbunden. Jeder Knoten ist mit zumindest einem Router durch eine Verknüpfung oder Signalleitung verbunden. Das Netz kann viele Router einschließen. Um einen Rahmen von einem Ursprungsknoten zu einem Zielknoten zu senden, durchquert der Rahmen typischerweise eine Vielzahl von Verknüpfungen und Routern. Der Pfad des Rahmens durch das Netz wird Leitweg des Rahmens genannt. Es gibt viele Techniken, die verwendet werden können, um einen Rahmen durch das Netz zu lenken. Einige herkömmliche Leitwegtechniken schließen Flood Routing, zufälliges Routing, Directory Routing und adaptives Directory Routing ein. Die Leitwegtechnik durch Fluten sendet einen Rahmen über alle möglichen Pfade in dem Netz zwischen dem Ursprungsknoten und dem Ziel-

knoten. Die Technik des Flutens stellt sicher, dass ein Rahmen erfolgreich gesendet und empfangen wird, wenn irgendein gültiger Pfad existiert. Der Verkehr auf dem Netz wird jedoch signifikant erhöht, da jeder Rahmen mehrfache Male gesendet wird. Bei der zufälligen Routing-Technik wird ein Rahmen zufällig von einem Ursprungsknoten zu einem Router gesendet, und der Prozess wiederholt sich, bis das Ziel den Rahmen empfängt. Jeder Rahmen "durchwandert" das Netz und erreicht letztendlich den Zielknoten. Die Wahrscheinlichkeit der Auswahl einer bestimmten Signalleitung von einem Router kann auf der Basis des Verkehrs, der Leitungskapazität und anderer Netzbedingungen beeinflusst werden. Das Problem beim zufälligen Routing ist, dass die Latenz eines Systems signifikant höher ist, wenn das Netz eine große Anzahl von Routern aufweist, da der Rahmen einen nicht direkten Pfad von dem Ursprungsknoten zum Zielknoten nehmen kann.

[0006] Eine dritte Leitwegtechnik wird Directory Routing oder Ursprungsknoten-Leitweglenkung genannt. Beim Directory Routing schließt jeder Ursprungsknoten eine Leitwegtabelle ein, die den Pfad durch das Netz anzeigt, der für einen bestimmten Zielknoten ausgewählt wird. Die Leitwegtabelle wird "offline" entwickelt und ist nicht dynamisch modifizierbar. Wenn jedoch Speicherbeschränkungen erfordern, dass nur ein Pfad für jeden Zielknoten einzuschließen ist, und eine Verknüpfung auf dem Pfad unterbrochen ist, werden keine sich auf diesem unterbrochenen Pfad bewegendes Rahmen erfolgreich gesendet. Eine vierte Leitwegtechnik wird adaptives Directory Routing genannt. Beim adaptiven Directory Routing hat jeder Router eine Leitwegtabelle im Speicher, die den besten Leitweg durch das Netz für einen benachbarten Router oder Knoten anzeigt. Die Einträge in der Leitwegtabelle können in Echtzeit modifiziert werden. Ein Problem bei den herkömmlichen adaptiven Leitwegtechniken ist, dass der Router den effizientesten Leitweg für den Rahmen auf der Basis eines oder mehrerer Netzparameter, z. B. Rahmenverzögerung, bestimmt. Da die Router die Rahmen dynamisch lenken, ist die Latenz jedes Routers größer als die Latenz jedes Routers bei der Directory Routing-Technik. Da der Router des Rahmens vom Ursprungsknoten nicht vollständig bestimmt wird, wird die adaptive Directory Routing-Technik von Ursprungsknoten-Leitwegnetzen nicht genutzt.

[0007] Ein Vorteil von Ursprungsknoten-Leitwegnetzen ist, dass die Router keine Leitweginstruktionen schaffen müssen, d. h. der Ursprungsknoten weist die Router an, wohin der Rahmen zu lenken ist. Daher sind die Kosten solcher Router niedriger als die Kosten von Routern, die eine dynamische Leitweglenkung vornehmen. Ein zweiter Vorteil von Ursprungsknoten-Leitwegnetzen ist, dass die Latenz dieser Netze reduziert ist. Das heißt, die zur Lenkung eines Rahmens durch jeden Router erforderliche Zeit

wird verringert im Vergleich zu Netzen, die eine dynamische Leitweglenkung nutzen, z. B. bei einer Flood Routing- oder zufälligen Routing-Technik. Die Latenz in Ursprungsknoten-Leitwegnetzen sinkt, da der Router den Pfad des Rahmens durch das Netz nicht dynamisch bestimmen muss, stattdessen liest der Router nur den Rahmenkopf, um den nächsten Empfänger-Router zu bestimmen, dies ist eine raschere Operation als die dynamische Bestimmung der Leitweginformationen.

[0008] Da der Leitweg des Rahmens durch das Netz in einem Ursprungsknoten-Leitwegnetz bestimmt wird, wenn der Rahmen generiert wird, hat jeder Knoten eine Leitwegtabelle, die zumindest einen Pfad durch das Netz zu allen anderen Knoten identifiziert. Bei herkömmlichen Ursprungsknoten-Leitwegnetzen, wie oben beschrieben, sind solche Leitwegtabellen vorherbestimmt und statisch. Das heißt, die Leitwegtabelle wird konstruiert, wenn das System offline ist. Zusätzlich treten auch Modifikationen der Leitwegtabelle auf, wenn der Knoten offline ist. Bei einigen Ursprungsknoten-Leitwegnetzen wird eine Leitwegtabelle in einem beliebigen Knoten nur modifiziert, wenn das gesamte Netz nicht in Betrieb ist.

[0009] Eine Modifikation der Leitwegtabelle kann während einer System-Boot-Zeit auftreten, wenn eine Verknüpfung inoperativ ist, eine andere Verknüpfung, ein anderer Router oder ein anderer Knoten hinzugefügt oder gelöscht wird, oder in verkehrstarken Situationen, um den Fluss des Rahmenverkehrs an einem bestimmten Abschnitt des Netzes zu reduzieren. Gelegentlich wird eine Netzverknüpfung zwischen einem Knoten und einem Router oder zwischen zwei Routern inoperativ (fällt aus), und daher wird der Rahmenverkehr quer über diese ausgefallene Verknüpfung gestört. Da der Rahmenpfad durch das Netz vorherbestimmt und statisch ist, werden alle Rahmen, die durch diese ausgefallene Verknüpfung gelenkt werden, ihr Ziel nicht erreichen und werden als verloren betrachtet. Wenn ein Knoten A eine Leitwegtabelle hat, wo der in der Leitwegtabelle gespeicherte einzige Leitweg vom Knoten A zum Knoten B erfordert, dass der Rahmen durch die unterbrochene Verknüpfung weitergeleitet wird, dann werden keine Rahmen erfolgreich vom Knoten A gesendet und am Knoten B empfangen, obwohl andere Leitwege in dem Netz verfügbar sein können. Wenn ein Knoten, ein Router oder eine Verknüpfung zum Netz hinzugefügt wird, sollte die Leitwegtabelle ähnlich modifiziert werden, um diese zusätzlichen Netzelemente zu berücksichtigen. Wenn ein Router betriebsunfähig wird, dann geht der gesamte Verkehr verloren, der durch diesen Router gelenkt wird. In den obigen Situationen muss die Leitwegtabelle beispielsweise modifiziert werden, um die Änderung in der Netztopologie zu reflektieren, z. B. ein zusätzlicher Router, ein zusätzlicher Knoten oder eine zusätzliche Verknüpfung, ein betriebsunfähiger Router, ein betriebsunfähiger Kno-

ten oder eine betriebsunfähige Verknüpfung. Bei einigen herkömmlichen Ursprungsknoten-Leitwegnetzzen, wie oben beschrieben, kann jedoch die Leitwegtabelle nur modifiziert werden, wenn der Knoten, in dem die Leitwegtabelle vorliegt, oder das gesamte Netz nicht in Betrieb ist.

[0010] Hinsichtlich der Netzleistung und Knotenleistung ist es teuer, den Knoten für den Zweck der Modifikation der Leitwegtabelle außer Betrieb zu setzen. Wenn der Knoten ein hohes Volumen an Rahmenverkehr bearbeitet, ist es möglich, dass nur ein kleiner Prozentsatz an Rahmen von einer inoperativen Verknüpfung beeinträchtigt wird, und durch das Ausschalten des Knotens wird der gesamte Verkehr gestoppt, der zu dem und von dem Knoten fließt. Zusätzlich müssen auch alle Knoten, die durch die inoperative Verknüpfung lenken können, den Betrieb stoppen, um ihre Leitwegtabellen zu modifizieren.

[0011] Auch bei der adaptiven Directory Routing-Technik geht die Fähigkeit, die Leitwegtabellen in Ursprungsknoten zu modifizieren, auf Kosten einer verringerten Netzleistung und erhöhten Netzlatenz.

[0012] Was benötigt wird, ist ein System und ein Verfahren zum effizienten und dynamischen Bestimmen der Topologie eines Ursprungsknoten-Leitwegnetzzen, ohne dass es erforderlich ist, den Betrieb des Netzes zu stoppen, oder die Leistung des Netzes signifikant zu reduzieren. Das Verfahren sollte einen minimalen Effekt auf die Netzleistung haben, ohne dass teure Hardware erforderlich ist.

[0013] Die US-5 485 578-A bezieht sich auf ein System zur Topologieentdeckung in einem mehrfachen Ringnetz, wobei jeder Ring einen Brückenknoten und beispielsweise eine Anzahl von Blattknoten hat. In dem System gibt ein Ursprungsknoten PING-Symbole aus, die an spezifische, potentiell existierende Zielknoten adressiert sind. Ein Echosymbol wird immer zurückgeführt. Der Typ des Echosymbols identifiziert, ob der adressierte Knoten ein Blattknoten, ein nicht existierender Knoten, ein operierender Brückenknoten oder ein nicht operierender Brückenknoten ist. PING auf Echotransformationen wird von den Brückenknoten bearbeitet.

[0014] Die DE-195 26 001-A bezieht sich auf ein Verfahren zur Netztopologieentdeckung in einem ATM-Netz, das eine Vielzahl von ATM-Schaltern und ATM-Anschlüssen miteinander verbindet, wobei die Schalter und Anschlüsse Ports aufweisen, die direkt mit benachbarten Schaltern und Ports verbunden sind. U. a. wird für jeden Port bestimmt, ob eine Netzknotenschnittstelle zur Verbindung von zwei benachbarten Schaltern vorliegt, oder ob eine Benutzernetzschnittstelle zur Verbindung eines Schalters und eines Anschlusses vorliegt, auf welcher Basis das geeignete Datenkommunikationsprotokollformat ent-

sprechend der bestimmten Schnittstelle eingestellt wird.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0015] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und ein System zum dynamischen Bestimmen von Netztopologieinformationen eines Netzes gemäß den Ansprüchen 1 und 9.

[0016] Die vorliegende Erfindung ist ein System und ein Verfahren zum dynamischen Bestimmen der Topologie eines Ursprungsknoten-Leitwegnetzzen, wobei es einen minimalen Effekt auf die Netzleistung ausübt, und ohne dass teure Hardware zur Implementation erforderlich ist. In der vorliegenden Erfindung generiert ein Ursprungsknoten einen PING-Rahmen. Der PING-Rahmen schließt einen speziellen Code in dem PING-Rahmenkopf ein, um einen PING-Rahmen von einem Datenrahmen zu unterscheiden. Der Ursprungsknoten sendet den PING-Rahmen zu einem ersten Router, der mit dem Ursprungsknoten gekoppelt ist. Der erste Router identifiziert transparent den Rahmen als PING-Rahmen und lenkt den PING-Rahmen zu einem internen Stellerrahmen-Handler. Der Stellerrahmen-Handler schafft einen Echorahmen, der zum Ursprungsknoten zurück gesendet wird. Der erste Router identifiziert den Port, von dem der PING-Rahmen empfangen wird, und setzt diese Informationen in den Kopf des Echorahmens zusammen mit einem Echorahmendifikator. Der Körper des Echorahmens schließt einen ersten Routeridentifikationscode, die Identifikation des Ports, von dem der PING-Rahmen empfangen wird, und Anschlussmöglichkeiteninformationen ein, d. h. Informationen, die sich darauf beziehen, ob ein Netzelement mit jedem Port des ersten Routers verbunden ist.

[0017] Der Ursprungsknoten empfängt den Echorahmen und identifiziert Router und Knoten, zu denen kein PING-Rahmen gesendet wurde, auf der Basis der Anschlussmöglichkeiteninformationen in dem empfangenen Echorahmen. Nach der Auswahl eines anderen Knotens oder Routers, z. B. eines zweiten Routers, generiert der Ursprungsknoten einen zweiten PING-Rahmen. Der zweite PING-Rahmen wird generiert und operiert auf dieselbe Weise wie der erste PING-Rahmen. Der zweite PING-Rahmen hat jedoch ein anderes Ziel, daher schließt der zweite PING-Rahmen andere Informationen ein als der erste PING-Rahmen. Dieser PING-Rahmen schließt Leitweginformationen im Rahmenkopf ein, und schließt Rückweg-Leitweginformationen im Rahmenkörper ein, um die Leitwegentscheidungen zu minimieren, die von dem Router getroffen werden müssen. Der zweite PING-Rahmen wird über den ersten Router zum zweiten Router gesendet. Der zweite Router bestimmt transparent, dass der Rahmen ein PING-Rahmen ist, und sendet den Rahmen

zu seinem Stellerrahmen-Handler. Der Stellerrahmen-Handler zieht den PING-Rahmenkopf ab und schafft einen Echorahmenkopf aus den Leitweginformationen in dem Körper des PING-Rahmens. Der zweite Router identifiziert den Port, von dem der PING-Rahmen empfangen wird, und setzt diese Informationen in den Kopf des Echorahmens zusammen mit dem Echorahmenidentifikator. Der Körper des Echorahmens schließt einen zweiten Routeridentifikationscode, die Portnummer dieses Routers, der den PING-Rahmen empfangen hat, und Anschlussmöglichkeiteninformationen ein. Dann sendet der zweite Router den Echorahmen zum Ursprungsknoten zurück.

[0018] Der Ursprungsknoten generiert und sendet weiterhin PING-Rahmen zu allen Knoten und Routern im Netz. Der Ursprungsknoten identifiziert Schleifen in der Topologie, um eine repetitive Prüfung zu vermeiden, und identifiziert Verknüpfungs- und Routerausfälle. Die Topologieexplorationstechnik ist für die Router transparent. Die Topologieexplorationstechnik kann während verkehrsschwachen Perioden ohne Erhöhung der Netzlatenz implementiert werden, oder die Technik kann während verkehrsstarken Perioden implementiert werden und führt nur zu einer minimalen Erhöhung der Systemlatenz, da PING-Rahmen klein sind und transparent zum Stellerrahmen-Handler des Zielrouters oder -knotens gesendet werden.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0019] [Fig. 1](#) ist ein Beispiel einer Darstellung einer Ursprungsknoten-Leitwegnetztopologie, die Knoten und Router einschließt, gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0020] [Fig. 2](#) ist eine detailliertere Darstellung eines Routers in einem Ursprungsknoten-Leitwegnetz gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0021] [Fig. 3](#) ist eine detailliertere Darstellung der Koppelpunktmatrix gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0022] [Fig. 4](#) ist eine detailliertere Darstellung des Stellerrahmen-Handlers gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0023] [Fig. 5](#) ist ein Flussdiagramm der Topologieexplorationstechnik gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0024] [Fig. 6](#) ist ein Flussdiagramm einer PING-Rahmengeneriertechnik gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0025] [Fig. 7](#) ist ein Flussdiagramm einer Echorah-

mengeneriertechnik gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0026] [Fig. 8](#) ist ein Flussdiagramm einer Topologieinformationsaktualisierungstechnik gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0027] [Fig. 9\(a\)](#) bis [Fig. 9\(g\)](#) sind Beispiele der Topologieexplorationstechnik gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0028] [Fig. 10](#) ist eine detailliertere Darstellung eines Knotens in einem Ursprungsknoten-Leitwegnetz gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0029] Nun wird eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit Bezugnahme auf die Figuren beschrieben, in denen ähnliche Bezugszahlen identische oder funktionell ähnliche Elemente anzeigen. In den Figuren entspricht/entsprechen auch die linkeste/n Ziffer/n jeder Bezugszahl der Figur, in der die Bezugszahl zum ersten Mal verwendet wird.

[0030] [Fig. 1](#) ist ein Beispiel einer Darstellung einer Ursprungsknoten-Leitwegnetztopologie, die Knoten und Router einschließt, gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Das Netz in [Fig. 1](#) schließt acht Knoten **102**, d. h. Knoten A–H **102A–H**, und sieben Router **104A–F** ein. Jeder Knoten **102** und jeder Router **104** hat einen einzigartigen Identifikationscode, der von dem Ursprungsknoten verwendet wird, um Router und Topologieschleifen in der Topologieexplorationstechnik zu identifizieren. Der Identifikationscode für den ersten Router **104A** ist beispielsweise 20. Die Knoten und Router, zusammen mit den Netzelementen, sind durch Verknüpfungen **106** verbunden. Jede Verknüpfung **106** ist eine Vollduplex-Kommunikationssignalleitung. Das heißt, jede Verknüpfung kann gleichzeitig zwei unabhängige Signale in entgegengesetzte Richtungen tragen, d. h. ein Signal wird durch den Router **104A** von dem Ursprungsknoten **102A** empfangen, und ein Signal wird gleichzeitig durch den Router **104A** zum Ursprungsknoten **102A** gesendet. Demgemäß kann jede Verknüpfung **106** als zwei Halbduplex-Kommunikationssignalleitungen repräsentiert werden, wie im Nachstehenden mit Bezugnahme auf [Fig. 2](#) und [Fig. 10](#) gezeigt und beschrieben. Die vorliegende Erfindung ist, wie im Nachstehenden beschrieben, ein System und ein Verfahren, das es jedem Knoten **102** ermöglicht, die Topologie eines Netzes dynamisch zu bestimmen.

[0031] [Fig. 2](#) ist eine detailliertere Darstellung eines Routers in einem Ursprungsknoten-Leitwegnetz ge-

maß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. [Fig. 2](#) schließt sechs Ports **202A-F** ein. In alternativen Ausführungsformen schließt der Router eine andere Anzahl von Ports ein, z. B. zwei Ports oder dreißig Ports. Jeder Port, z. B. Port 1 **202A**, ist mit der Duplex-Kommunikationssignalleitung **106** gekoppelt. Jeder Port **202** ist auch mit den Entscheidungseinheiten **204** verbunden. Die Entscheidungseinheiten **204** werden im Nachstehenden detaillierter beschrieben und mit Bezugnahme auf eine gleichzeitig anhängige Patentanmeldung mit dem Titel "METHOD AND APPARATUS FOR COORDINATING ACCESS TO AN OUTPUT OF A ROUTING DEVICE IN A PACKET SWITCHING NETWORK", eingereicht am 22. Februar 1996 von Jeffrey D. Larson, Albert Mu und Thomas M. Wicki, die oben als Querverweis angegeben wurde. Jeder Port ist mit einem Kreuzschienenschalter **206** über Puffersignalleitungen **210** verbunden. Der Betrieb des Kreuzschienenschalters **206** wird im Nachstehenden mit Bezugnahme auf [Fig. 3](#) detaillierter beschrieben und ist beschrieben, in einer geringfügig modifizierten Form, in der gleichzeitig anhängigen Patentanmeldung mit dem Titel "CROSSBAR SWITCH AND METHOD WITH REDUCED VOLTAGE SWING AND NO INTERNAL BLOCKING DATA PATH", eingereicht am 22. Februar 1996 von Albert Mu und Jeffrey D. Larson, die oben als Querverweis angegeben wurde. In der bevorzugten Ausführungsform schließt jede Puffersignalleitung **210A** sechs Verbindungssignalleitungen zum Verbinden jedes Puffers, im Nachstehenden beschrieben, mit dem Kreuzschienenschalter **206** ein. Der Betrieb des Routers **104** wird im Nachstehenden mit Bezugnahme auf die [Fig. 3](#) bis 9 detaillierter beschrieben.

[0032] [Fig. 10](#) ist eine detailliertere Darstellung eines Knotens, z. B. Knoten A **102A**, in einem Ursprungsknoten-Leitwegnetz gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. [Fig. 10](#) enthält die Abschnitte des Knotens A **102A**, die in den Topologieexplorationsprozess involviert sind. Der Knoten ist mit einer oben beschriebenen Duplex-Kommunikationssignalleitung **106A** gekoppelt. Ein Rahmen wird vom Port 1 **1006** empfangen. Der Betrieb des Ports 1 **1006** ist ähnlich dem Betrieb der im Nachstehenden beschriebenen Ports **202**. Der Port 1 **1006** bestimmt, ob ein empfangener Rahmen ein Datenrahmen, ein PING-Rahmen oder ein Echorahmen ist, wie im Nachstehenden beschrieben. Wenn der Rahmen ein PING-Rahmen ist, wird der Rahmen zum Steuerrahmen-Handler **310** gesendet. Der Steuerrahmen-Handler **310** wird im Nachstehenden detaillierter beschrieben. Wenn der Rahmen ein Datenrahmen ist, wird der Rahmen zu einer Dateneinheit **1002** gesendet. Wenn der Rahmen ein Echorahmen ist, wird der Rahmen zur PING-Einheit **1004** gesendet. Die PING-Einheit **1004** liest die in dem Echorahmen eingeschlossenen Informationen und aktualisiert die Leitwegtabelle auf der Basis die-

ser Informationen. Zusätzlich generiert die PING-Einheit **1004** den PING-Rahmen. Der Steuerrahmen-Handler **310** und die PING-Einheit **1004** können entweder in Hardware oder Software implementiert werden. Der Betrieb der PING-Einheit **1004** wird im Nachstehenden detaillierter beschrieben.

[0033] [Fig. 3](#) ist eine detailliertere Darstellung des Routers **104** und der Koppelpunktmatrix **206** gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Jeder Port **202** des Routers **104** schließt einen Porteingang **302**, z. B. Port 1-Eingang **302A**, ein. Jeder Porteingang **302** schließt beispielsweise sechs Puffer (nicht gezeigt) ein, die an dem Porteingang **302** empfangene Rahmen speichern. Jeder Puffer ist mit dem Kreuzschienenschalter **206** gekoppelt. Um die [Fig. 3](#) zu vereinfachen, ist nur die Puffersignalleitung **210** gezeigt, die jeden Port **302** mit dem Kreuzschienenschalter **206** koppelt. Jeder Port hat, wie oben beschrieben, sechs Puffer, und jeder Puffer ist mit dem Kreuzschienenschalter **206** über eine Puffersignalleitung **210** verbunden. Demgemäß schließt jeder der sechs Ports **202** sechs Verbindungen für insgesamt 36 Puffersignalleitungen **210** ein. Ähnlich ist jede der 36 Puffersignalleitungen **210** mit sieben Koppelpunktschaltungen **306** verbunden. Um die [Fig. 3](#) zu vereinfachen, sind nur sieben der Koppelpunktschaltungen **306** für jeden Port **202** gezeigt.

[0034] Der Router **104** schließt sieben Entscheidungseinheiten **304** ein. Sechs dieser Entscheidungseinheiten **304A-F** sind mit Ausgangssignalleitungen **212A-F** über Kreuzschienenschalter-Ausgangssignalleitungen **312A-F** gekoppelt. Die siebente Entscheidungseinheit ist mit einem Steuerrahmen-Handler **310** über eine Kreuzschienenschalter-Ausgangssignalleitung **312G** gekoppelt. Zusätzlich ist die siebente Entscheidungseinheit **304G** direkt mit dem Steuerrahmen-Handler **310** über eine Steuerleitung **308** gekoppelt. Die Kreuzschienenschalter-Ausgangssignalleitungen **312A-G** sind mit jeder Ausgangssignalleitung **212** über eine Koppelpunktschaltung **306** verbunden.

[0035] Nun wird ein allgemeiner Überblick des Betriebs des Routers **108** gegeben. Ein Rahmen wird in einem Port **202** eines Routers **104** empfangen, z. B. Port 1 **202A**. Der Rahmen wird von einem Datensynchronisierer (nicht gezeigt) empfangen, der auf der Basis von Informationen in dem Rahmenkopf bestimmt, ob der empfangene Rahmen ein Datenrahmen oder ein PING-Rahmen ist. Wenn der empfangene Rahmen ein Datenrahmen ist, wird der Datenrahmen in einem Puffer in dem Port 1-Eingang **302A** gespeichert. Die Entscheidungseinheiten **304** bestimmen, ob die Daten in jedem Puffer zu einem anderen Knoten oder Puffer durch einen Port **202** gesendet werden können. Wenn ein Datenrahmen am Port 1 **202A** empfangen wird, wird der Ausgangsport, zu dem der Datenrahmen zu senden ist, von der Ent-

scheidungseinheit **304** bestimmt. Wenn die Entscheidungseinheit **304** anzeigt, dass ein Datenrahmen am Ausgangsport gesendet werden kann, koppelt die Entscheidungseinheit den Puffer, der den Datenrahmen aufweist, mit dem geeigneten Ausgangsport unter Verwendung des Kreuzschienenschalters **206**. Eine detailliertere Beschreibung des Betriebs des Kreuzschienenschalters **206** ist vorgesehen in der oben angegebenen Patentanmeldung mit dem Titel "CROSSBAR SWITCH AND METHOD WITH REDUCED VOLTAGE SWING AND NO INTERNAL BLOCKING DATA PATH", eingereicht am 22. Februar 1996 von Albert Mu und Jeffrey D. Larson. Eine detailliertere Beschreibung des Betriebs der Entscheidungseinheiten **304** ist vorgesehen in der oben angegebenen Patentanmeldung mit dem Titel "METHOD AND APPARATUS FOR COORDINATION ACCESS TO AN OUTPUT OF A ROUTING DEVICE IN A PACKET SWITCHING NETWORK"; eingereicht am 22. Februar 1996 von Jeffrey D. Larson, Albert Mu und Thomas M. Wicki.

[0036] Wenn der empfangene Rahmen ein PING-Rahmen ist, wird der PING-Rahmen in einem Puffer gespeichert, und die siebente Entscheidungseinheit **304G** verbindet den PING-Rahmen mit dem Steuerrahmen-Handler **310** über eine Koppelpunktschaltung **306**. Demgemäß bearbeitet der Kreuzschienenschalter **208** einen PING-Rahmen transparent, da er auf die gleiche Weise wie Datenrahmen geschaltet wird. Anstatt zu einem Ausgangsport geschaltet zu werden, wird der PING-Rahmen jedoch zu einem Steuerrahmen-Handler **310** geschaltet, und der Kreuzschienenschalter **208** kann gleichzeitig andere Rahmen, die in anderen Puffern gespeichert sind, zur geeigneten Ausgangssignalleitung **212** schalten. Der PING-Rahmen wird von dem Steuerrahmen-Handler **310** empfangen. Der Steuerrahmen-Handler **310** schafft einen Echorahmen, der Routerinformationen, Empfängerportinformationen und Verbindungsinformationen einschließt. Dann sendet der Steuerrahmen-Handler **310** den Echorahmen zum Ursprungsknoten zurück. Der Betrieb des Steuerrahmen-Handlers **310** und der Betrieb des Routers beim Empfang eines PING-Rahmens und beim Senden eines Echorahmens werden im Nachstehenden mit Bezugnahme auf die [Fig. 4](#) bis 9 beschrieben.

[0037] [Fig. 4](#) ist eine detailliertere Darstellung des Steuerrahmen-Handlers **310** gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Der Steuerrahmen-Handler **310** schließt ein Routerinformationsmodul **402**, ein Anschlussmöglichkeitsmodul **404**, ein Echorahmenkopfregeister **406** und einen Echorahmengenerator **408** ein. Das Anschlussmöglichkeitsmodul **404** schließt den Routeridentifikationscode ein. Das Anschlussmöglichkeitsmodul **404** schließt Informationen ein, die detailliert darlegen, wie jeder Port **202** angeschlossen ist, d. h. ob ein Port **202** mit einem anderen Port oder Knoten verbunden

ist, oder ob der Port nicht verbunden (offen) ist. Das Echorahmenkopfregeister **406** speichert Echorahmenkopfinformationen. Das Echorahmenkopfregeister **406**, wie im Nachstehenden beschrieben, schließt die ersten 8,5 Bytes an Informationen in dem PING-Rahmenkörper ein, d. h. die ersten 8,5 Bytes nach dem PING-Rahmenkopf. Der Echorahmengenerator **408** generiert den Echorahmen ansprechend auf einen PING-Rahmen. Das Echorahmenkopfregeister **406** empfängt den PING-Rahmen über die Kreuzschienenschalter-Signalleitung **312G**, und empfängt Informationen von dem Routerinformationsmodul **402**, dem Anschlussmöglichkeitsmodul **404** und dem Echorahmenkopfregeister **406**. Zusätzlich empfängt der Echorahmengenerator **408** ein Steuersignal **308** von der siebenten Entscheidungseinheit **304G**, das einen Empfängerportidentifikator einschließt. Der Empfängerportidentifikator identifiziert den Port, von dem der PING-Rahmen empfangen wird. Die siebente Entscheidungseinheit **304G** sendet den Empfängerportidentifikator zum Echorahmengenerator **408**, der diese Informationen in den Echorahmenkopf setzt, so wird der Rahmen unter Verwendung desselben Leitwegs wie der PING-Rahmen zum Ursprungsknoten zurück gesendet. Zusätzlich wird der Empfängerportidentifikator in dem Echorahmen gespeichert, der Empfängerportidentifikator wird von dem Ursprungsknoten bei der Bestimmung zukünftiger Leitweginformationen für Echoknoten genutzt, wie in dem PING-Rahmenkörper gespeichert. Der Betrieb des Echorahmengenerators wird im Nachstehenden mit Bezugnahme auf die [Fig. 5](#) bis 9 detaillierter beschrieben.

[0038] [Fig. 5](#) ist ein Flussdiagramm der Topologieexplorationstechnik der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die Technik wird mit Bezugnahme auf [Fig. 1](#) und die [Fig. 9\(a\)](#) bis [Fig. 9\(g\)](#) beschrieben. Die [Fig. 9\(a\)](#) bis [Fig. 9\(g\)](#) sind Beispiele der Topologieexplorationstechnik gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die vorliegende Erfindung kann in Situationen verwendet werden, wo eine Leitwegtabelle in einem Ursprungsknoten, z. B. einem Ursprungsknoten **102A**, zur Boot-Zeit des Systems initialisiert werden muss oder nicht genau ist und modifiziert werden sollte. Eine Modifikation der Leitwegtabelle kann beispielsweise auftreten, wie oben beschrieben, wenn eine Verknüpfung inoperativ ist, eine weitere Verknüpfung, ein weiterer Router oder ein weiterer Knoten zum Netz hinzugefügt wird oder daraus gelöscht wird, oder wenn eine oder mehrere Verknüpfungen eine Transmissionsverzögerung aufgrund eines starken Verkehrsflusses verursachen. Gelegentlich wird, wie oben beschrieben, eine Netzverknüpfung zwischen einem Knoten und einem Router oder zwischen zwei Routern inoperativ, und daher wird der Rahmenverkehr quer über diese ausgefallene Verknüpfung gestört. Da der Rahmenpfad durch ein Ursprungsknoten-Leitwegnetz vorherbestimmt und sta-

tisch ist, werden alle Rahmen, die durch diese ausgefallene Verknüpfung gelenkt werden, ihr Ziel nicht erreichen und als verloren betrachtet. Wenn der Ursprungsknoten **102A** eine Leitwegtabelle hat, wo nur ein Leitweg von dem Ursprungsknoten **102A** zu einem Zielknoten, z. B. Knoten **102F**, in der Leitwegtabelle gespeichert ist, und eine Verknüpfung auf diesem Leitweg ausfällt, dann wird kein Verkehr erfolgreich von dem Ursprungsknoten **102A** zum Zielknoten **102F** gesendet. Es kann jedoch alternative Leitwege geben, die verwendet werden können, und die zu einer erfolgreichen Transmission führen würden. In dieser Situation muss die Leitwegtabelle modifiziert werden, um einen alternativen Leitweg durch das Ursprungsknoten-Leitwegnetz zu identifizieren. Wenn ein Knoten, ein Router oder eine Verknüpfung zum Netz hinzugefügt wird, sollte ähnlich die Leitwegtabelle modifiziert werden, um diese zusätzlichen Netzelemente zu berücksichtigen. Wenn ein Router inoperativ wird, dann geht der gesamte durch diesen Router gelenkte Verkehr verloren. In den obigen Situationen sollte die Leitwegtabelle modifiziert werden, um die Änderung in der Netztopologie zu reflektieren.

[0039] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung werden das Topologieexplorationssystem und Verfahren in einem Ursprungsknoten-Leitwegnetz in einem System verwendet, das eine Architektur physisch verteilter, jedoch logisch gemeinsam genutzter Speicher aufweist. Demgemäß kann ein Knoten, z. B. ein Verarbeitungsknoten, einen Zugriff auf einen Speicherort anfordern, der physisch an einem anderen Ort lokalisiert ist und mit einem anderen Knoten gekoppelt ist. Der anfordernde Knoten oder Ursprungsknoten identifiziert den Ort des Speichers, und das Netz fragt rasch die Daten ab. Wenn eine Verknüpfung inoperativ ist, wird die Datenanforderung nicht erfolgreich sein. In einem solchen System ist es teuer, das gesamte System auszuschalten, um die Leitwegtabellen in einem oder mehreren Knoten zu modifizieren, wie es in herkömmlichen Systemen erforderlich ist, oder die Leitwegtabellen unter Verwendung einer Technik zu modifizieren, die die Latenz des Netzes erhöht, z. B. in einem System, wo die Router **104** Leitwegentscheidungen treffen. Die vorliegende Erfindung ist ein System und ein Verfahren zum dynamischen Bestimmen der Topologie des Netzes und Aktualisieren der Leitwegtabellen, ohne in die Ausführung und Latenz des Systems signifikant einzugreifen.

[0040] Die Topologieexplorationsprozedur der vorliegenden Erfindung kann auf vielen Wegen gelöst werden, einschließlich zur System-Boot-Zeit, wobei eine vorherbestimmte Anzahl konsekutiv gesendeter Rahmen "verloren" gehen, und der Vornahme der Prozedur nach einer vorherbestimmten Zeitperiode. Mit Bezugnahme auf [Fig. 9\(a\)](#) ist die Netztopologie gezeigt, die dem Ursprungsknoten **102A** vor dem Senden des ersten PING-Rahmens bekannt ist. Das

heißt, der Ursprungsknoten **102A** weiß, dass er mit einem Schaltungselement, z. B. einem Knoten oder einem Router, verbunden ist, er hat jedoch keinerlei spezifische Informationen, die dieses Element beschreiben. Der Ursprungsknoten beginnt den Topologieexplorationsprozess durch das Generieren **502** eines PING-Rahmens. Die PING-Rahmengeneriertechnik wird im Nachstehenden mit Bezugnahme auf [Fig. 6](#) und [Fig. 9\(b\)](#) detaillierter beschrieben.

[0041] [Fig. 6](#) ist ein Flussdiagramm einer PING-Rahmengeneriertechnik gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Der Ursprungsknoten **102A** bestimmt **602** das Zielelement. Bei der Generierung eines ersten PING-Rahmens **902A**, wie in [Fig. 9\(b\)](#) gezeigt, wählt ein Ursprungsknoten **102A**, der nur eine einzige Verbindung mit den übrigen Netzelementen aufweist, das einzige damit verbundene Element aus. Der Ursprungsknoten **102A** generiert **604** einen PING-Rahmenkopf **904A**. Der PING-Rahmenkopf **904A** schließt Leitweginformationen und einen PING-Rahmenidentifikationscode ein. In der bevorzugten Ausführungsform ist der PING-Rahmenidentifikationscode eine Dreibit-Binärdarstellung des Werts 7, d. h. 111, und er ist in den drei höchstwertigen Bits des Rahmenkopfs lokalisiert, obwohl der genaue Ort dieser Bits in alternativen Ausführungsformen verschieden sein kann. In der bevorzugten Ausführungsform identifizieren die ersten drei Bits den Ausgangsport, dem ein Empfängerrouter den Rahmen senden wird. Diese drei Bits identifizieren die Entscheidungseinheit **304**, um den Rahmen mit dem geeigneten Ausgangsport zu verbinden. Wenn beispielsweise die drei Bits eine Binärdarstellung von 1 repräsentieren, dann wird der ersten Entscheidungseinheit **304A** gemeldet, dass Daten in einem bestimmten Puffer gespeichert werden, die unter Verwendung des Ausgangsports 1 ("O1" in [Fig. 3](#)) auszugeben sind.

[0042] Wenn die Leitweginformationen eine Binärdarstellung von 7 sind, identifizieren diese drei Bits die siebente Entscheidungseinheit **304G**. Die siebente Entscheidungseinheit **304G** veranlasst den Kreuzschienenschalter **206**, den Puffer mit dem Stellerrahmen-Handler **310** zu verbinden, durch die Aktivierung einer geeigneten Koppelpunktschaltung **306**, wie im Nachstehenden beschrieben. Eine Dreibit-Binärdarstellung von Null meldet dem Empfängerselement, dass der empfangene Rahmen sein Ziel erreicht hat, wenn das Empfängerselement ein Knoten ist, oder dass eine Fehlerbedingung aufgetreten ist, z. B. ein Transmissionsfehler oder ein fehlerhafter Eintrag in der Leitwegtabelle, wenn das Element ein Router ist. Demgemäß ist der erste PING-Rahmenkopf **904A** in [Fig. 9\(b\)](#) gezeigt und hat die drei höchstwertigen Bits gleich 111, und die nächsten drei höchstwertigen Bits gleich 000. Der Ursprungsknoten **102A** generiert **606** einen Rahmenkörper **906A**, der Leitweginformationen für den Echorahmen einschließt, wie im Nachste-

henden beschrieben. Es sind jedoch keine solchen Leitweginformationen für den ersten PING-Rahmen erforderlich, da der erste Echorahmen direkt zum Ursprungsknoten über denselben Port gesendet wird, über den er empfangen wird. Daher schließt der erste PING-Rahmenkörper **906A** keinerlei Leitweginformationen ein. Nach dem Generieren **502** des ersten PING-Rahmens sendet **504** der Ursprungsknoten den PING-Rahmen.

[0043] Der PING-Rahmen wird vom Zielelement, z. B. dem Router **104A**, empfangen **506**. Der PING-Rahmenkopf **904A** wird, wie oben beschrieben, von dem Porteingang, z. B. dem Port 3-Eingang des Routers **104A**, gelesen, der der siebenten Entscheidungseinheit **304G** meldet, dass ein PING-Rahmen empfangen wird. Der Port 3-Eingang identifiziert den Rahmen als PING-Rahmen durch den Wert von drei höchstwertigen Bits in dem Rahmenkopf **904A**, d. h. 111. Die siebente Entscheidungseinheit **304G** weist die Koppelpunktschaltung **306C** an, die siebenten Kreuzschienenschalter-Ausgangssignalleitungen **312G** und den Eingangsport **302C** zu verbinden, um den PING-Rahmen **902A** zu senden. Als Ergebnis wird der PING-Rahmen **902A** von dem Stellerrahmen-Handler **310** empfangen. Der Stellerrahmen-Handler **310** generiert **510** einen ersten Echorahmen ansprechend auf den ersten PING-Rahmen. Die Echorahmengeneriertechnik wird im Nachstehenden mit Bezugnahme auf [Fig. 7](#) und die [Fig. 9\(b\)](#)–(c) beschrieben.

[0044] [Fig. 7](#) ist ein Flussdiagramm einer Echorahmengeneriertechnik gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Der Stellerrahmen-Handler **310** empfängt von der Entscheidungseinheit **304G** über die Stellersignalleitung **308** den Eingangsport **302**, von dem der PING-Rahmen empfangen wurde. Das Routerinformationsmodul **402** schließt den einzigartigen Identifikationscode des Routers ein, z. B. ist der Routeridentifikationscode für den ersten Router **104A** 20. Der Stellerrahmen-Handler **310** zieht **702** den PING-Rahmenkopf von dem PING-Rahmen ab und speichert die erste Zeile des ersten PING-Rahmenkörpers **906A** in dem Echorahmenkopfreister **406**. In der bevorzugten Ausführungsform hat der Echorahmenkopf 8,5 Bytes. Der Stellerrahmen-Handler **310** fragt die Anschlussmöglichkeiteninformationen des Routers aus dem Anschlussmöglichkeitenmodul **404** ab. Die Anschlussmöglichkeiteninformationen identifizieren den Status jedes Ports, d. h. ob ein Netzelement damit verbunden ist. Für den ersten Router **104A** sind beispielsweise die Ports 1, 2, 3 und 5 mit einem Netzelement verbunden, und die Ports 4 und 6 sind nicht verbunden. Der Stellerrahmen-Handler **310** empfängt auch ein Stellersignal von der siebenten Entscheidungseinheit **304G** auf der Stellersignalleitung **308**.

[0045] Nach dem Empfang des Stellersignals

schafft **704** der Echorahmengenerator **408** den Echorahmen **908A**. Die drei höchstwertigen Bits des Echorahmenkopfs **910A** sind gleich dem Port, von dem der erste PING-Rahmen empfangen wurde, d. h. Port 3 oder binär 011. Da der ersten Router **104A** direkt mit dem Ursprungsknoten **102A** über den dritten Port verbunden ist, sind die nächsten drei höchstwertigen Bits 000 und repräsentieren, dass der Echorahmen sein Ziel erreicht hat. Der Echorahmenkopf **910** schließt auch einen Flaggenidentifikator ein, der z. B. in dem niedrigstwertigen Bit des Echorahmenkopfs lokalisiert ist, und der den Rahmen als Echorahmen im Gegensatz zu einem Datenrahmen identifiziert. Dann schafft **706** der Echorahmengenerator den Echorahmenkörper **912A**. Der Echorahmenkörper schließt den Routeridentifikationscode, z. B. 20, den Empfängerportidentifikator, z. B. Port 3, und die Anschlussmöglichkeiteninformationen ein. Der Echorahmengenerator **408** sendet **512** den ersten Echorahmen **908A** zum Ursprungsknoten über den Port 3, wie in dem Echorahmenkopf **910A** identifiziert. Der erste Echorahmen wird vom Ursprungsknoten **102A** empfangen **514**, und der Ursprungsknoten **102A** aktualisiert **516** seine Netztopologieinformationen.

[0046] [Fig. 8](#) ist ein Flussdiagramm der Topologieinformationsaktualisierungstechnik gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Der Ursprungsknoten **102A** identifiziert **802** beliebige Topologieschleifen. Diese Identifikation wird durch das Vergleichen von Netzelementidentifikationscodes erzielt. Dann modifiziert **804** der Ursprungsknoten die Netztopologieinformationen unter Verwendung des Routeridentifikationscodes und der Anschlussmöglichkeiteninformationen. [Fig. 9\(d\)](#) veranschaulicht die Netztopologie, die dem Ursprungsknoten **102A** nach dem Empfang des ersten Echorahmens bekannt ist. Der Knoten A weiß, dass er mit einem ersten Router **104A**, der einen Identifikationscode 20 aufweist, über den Port 3 des ersten Routers **104A** verbunden ist. Die Ports 1, 2 und 5 des ersten Routers **104A** sind mit anderen Netzelementen verbunden, die Ports 4 und 6 des ersten Routers **104A** sind nicht verbunden, und der Port 3 ist mit dem Ursprungsknoten **102A** verbunden. Der Ursprungsknoten **102A** untersucht die Topologieinformationen und bestimmt **518**, ob alle Netzelemente des Netzes exploriert wurden. In dem vorliegenden Beispiel wurden die mit den Ports 1, 2 und 5 des ersten Routers **104A** verbundenen Elemente nicht exploriert. Daher wird eines dieser nicht explorierten Elemente ausgewählt, d. h. das Netzelement, das mit dem Port 1 des ersten Routers **104A** verbunden ist, und die Schritte **502**–**518** werden wiederholt, wie im Nachstehenden beschrieben.

[0047] Da nicht alle Netzelemente exploriert wurden, generiert **502** der Ursprungsknoten **102A** einen zweiten PING-Rahmen. Die Technik zum Generieren

eines zweiten PING-Rahmens ist dieselbe wie die Technik zum Generieren des ersten PING-Rahmens, wie oben angegeben. Die Unterschiede zwischen dem ersten PING-Rahmen und dem zweiten PING-Rahmen schließen die PING-Rahmen-Leitweginformationen in dem PING-Rahmenkopf und die Echorahmen-Leitweginformationen in dem PING-Rahmenkörper ein. Die Technik zum Generieren des zweiten PING-Rahmens wird im Nachstehenden mit Bezugnahme auf [Fig. 6](#) und [Fig. 9\(e\)](#) beschrieben. Der Ursprungsknoten **102A** bestimmt die Leitweginformationen auf der Basis der aktualisierten Anschlussmöglichkeitstopologieinformationen. Der Leitweg des PING-Rahmens vom Ursprungsknoten **102A** zum Zielelement ist vom Ursprungsknoten zum ersten Router **104A**, dann durch den Port 1 des ersten Routers **104A** zum Zielelement, das mit dem ersten Router **104A** verbunden ist. Der Ursprungsknoten **102A** generiert **604** den zweiten PING-Rahmenkopf **904B** auf der Basis dieser Leitweginformationen. Spezifisch entsprechen die drei höchstwertigen Bits des zweiten PING-Rahmenkopfs **904B** dem Port in dem ersten Router **104A**, durch den der zweite PING-Rahmen **902B** gesendet wird, d. h. Port 1. Demgemäß sind diese drei Bits eine Binärdarstellung von 1, d. h. 001. Die nächsten drei höchstwertigen Bits, d. h. die drei höchstwertigen Bits, die in dem zweiten PING-Rahmenkopf **904B** zurückbleiben, nachdem die vorhergehenden drei Bits vom ersten Router **104A** abgezogen werden, sind eine Binärdarstellung von 7, d. h. 111, da das zweite Netzelement diese Bits lesen wird, und bestimmt wird, dass der empfangene Rahmen ein PING-Rahmen ist, wie oben beschrieben. Der Ursprungsknoten **102A** generiert **606** auch einen zweiten PING-Rahmenkörper **906B**. Die erste Zeile des zweiten PING-Rahmenkörpers **906B** schließt Leitweginformationen für den Echorahmen ein, wie oben beschrieben. Die Echorahmen-Leitweginformationen werden von dem Ursprungsknoten **102A** anstelle des Zielknotens bestimmt, um die in dem Zielknoten notwendige Logik zu minimieren. Die ersten drei Bits dieser Zeile sind der Port, durch den der zweite PING-Rahmen **902B** in dem zweiten Element empfangen wird. Dieser Port sendet auch den zweiten Echorahmen von dem zweiten Element zum ersten Router **104A**. Der Ursprungsknoten **102A** hat diese Portinformationen noch nicht, diese drei Bits sind daher "irrelevante" Bits, und werden durch ein "X" repräsentiert. Die nächsten drei höchstwertigen Bits repräsentieren jedoch den Leitweg, den der Echorahmen nehmen wird, wenn er von dem ersten Router **104A** empfangen wird. Der Echorahmen wird von dem ersten Port des ersten Routers **104A** empfangen und wird zum Ursprungsknoten **102A** durch den dritten Port gesendet. Demgemäß repräsentieren die nächsten drei Bits eine Binärdarstellung von 3, d. h. 011. Nachdem der erste Router **104A** den zweiten Echorahmen durch den Port 3 lenkt, wird der Echorahmen von dem Ursprungsknoten **102A** empfangen. Der Ur-

sprungsknoten interpretiert, dass eine Dreibit-Darstellung von Null, d. h. 000, bedeutet, dass der Rahmen sein Ziel erreicht hat, wie oben beschrieben. Daher ist der zweite PING-Rahmen **902B** gleich dem in [Fig. 9\(e\)](#) gezeigten Wert. Nach dem Generieren des zweiten PING-Rahmens **902B** sendet **504** der Ursprungsknoten **102A** diesen zweiten PING-Rahmen **902B** zum ersten Router **104A**.

[0048] Der erste Router **104A** empfängt den zweiten PING-Rahmen **902B** und liest den zweiten PING-Rahmenkopf **904B**. Die ersten drei Bits des zweiten PING-Rahmenkopfs **904B** identifizieren den Port, durch den der zweite PING-Rahmen **902B** gesendet werden soll. Diese drei Bits sind gleich 001, wie oben beschrieben. Demgemäß zieht der erste Router **104A** diese drei Bits von dem PING-Rahmenkopf **904B** ab, nimmt Dreibit-Schiebeoperationen an den verbleibenden Leitwegbits vor, und lenkt den modifizierten zweiten PING-Rahmen **902B** zu dem Netzelement, das mit dem Port 1 des ersten Routers **104A** verbunden ist. Dieses Netzelement ist ein zweiter Router **104D**. Der zweite Router **104D** empfängt **506** den modifizierten zweiten PING-Rahmen **902B** und liest den zweiten PING-Rahmenkopf **904B**. Die ersten drei Bits sind nun gleich 111. Da diese Bits gleich 111 sind, wie oben beschrieben, wird der zweite PING-Rahmen zu einem Stellerrahmen-Handler **310** in dem zweiten Router **104D** gelenkt. Der zweite Router **104D** generiert einen zweiten Echorahmen **908B** unter Verwendung der oben beschriebenen Technik. Nach dem Empfang eines Stellersignals von der siebenten Entscheidungseinheit **304G** in dem zweiten Router **104D** zieht **702** der Echorahmengenerator **408** spezifisch den zweiten PING-Rahmenkopf **904B** ab, und schafft einen zweiten Echorahmenkopf **910B**. Die drei höchstwertigen Bits des zweiten Echorahmenkopfs repräsentieren den Port, durch den der zweite Echorahmen **908B** anfänglich gesendet wird, d. h. den Port 5 oder binär 101. Die nächsten zwei Sätze von Dreibit-Feldern sind gleich 011 und 000, wie von dem Ursprungsknoten **102A** eingestellt, wie oben beschrieben. Der zweite Echorahmenkopf **910B** schließt auch eine Flagge ein, die dem Ursprungsknoten **102A** anzeigt, dass der empfangene Rahmen ein Echorahmen im Gegensatz zu einem Datenrahmen ist. Der zweite Router **104D** schafft **706** auch einen zweiten Echorahmenkörper **912B**. Der zweite Echorahmenkörper **912B** schließt einen Identifikationscode des zweiten Routers **104D**, z. B. 23, und den Eingangsportidentifikator, d. h. Port 5, ein. Der zweite Echorahmenkörper **912B** schließt auch die Anschlussmöglichkeiteninformationen für den zweiten Router **104D** ein. Spezifisch zeigen die Anschlussmöglichkeiteninformationen an, dass alle sechs Ports des zweiten Routers **104D** in Verwendung stehen.

[0049] Der zweite Router **104D** sendet **512** den zweiten Echorahmen **908B** zum ersten Router **104A**

durch den Port 5 des zweiten Routers **104D**. Der erste Router **104A** empfängt den zweiten Echorahmen **908B**, liest den Echorahmenkopf **910B**, um den nächsten Port zu identifizieren, zu dem der zweite Echorahmen **908B** zu lenken ist, zieht die ersten drei Bits des zweiten Echorahmenkopfs **908B** ab, und verschiebt die übrigen Routerbits, wie oben beschrieben. Der zweite Router **104D** identifiziert den zweiten Echorahmen **908B** nicht als Echorahmen. Stattdessen wird der zweite Echorahmen **908B** von dem ersten Router **104A** behandelt, als wäre er ein Datenrahmen. Demgemäß muss der erste Router **104A** den zweiten PING-Rahmen **902B** oder zweiten Echorahmen **908B** nicht anders behandeln als Datenrahmen. Dieses Merkmal reduziert die Hardware-Komplexität und reduziert die Netzlatenz verglichen mit Netzen, die zusätzliche Logik für die Vornahme dieser Funktionen erfordern. Der erste Router **104A** sendet den zweiten Echorahmen **908B** zum Ursprungsknoten **102A** über den Port 3 des ersten Routers **104A**, wie in dem zweiten Echorahmenkopf **910B** angezeigt. Der Ursprungsknoten **102A** empfängt **514** den zweiten Echorahmen **908B** und aktualisiert **516** die Topologieinformationen. Der Schritt der Aktualisierung **516** der Topologieinformationen ist detaillierter in [Fig. 8](#) beschrieben, wie oben beschrieben. Der Ursprungsknoten identifiziert **802** beliebige Topologieschleifen. In diesem Beispiel wurden keine Topologieschleifen identifiziert. Wenn eine Topologieschleife existiert, identifiziert der Ursprungsknoten diese Schleife durch das Vergleichen der Netzelementidentifikationscodes. Wenn zwei Identifikationscodes übereinstimmen, dann setzt der Ursprungsknoten **102A** diese beiden Elemente gleich, wie im Nachstehenden beschrieben.

[0050] Dann modifiziert der Ursprungsknoten **102A** die Netztopologieinformationen unter Verwendung des Routeridentifikationscodes und der Anschlussmöglichkeiteninformationen. [Fig. 9\(g\)](#) veranschaulicht die Netztopologieinformationen, die dem Ursprungsknoten **102A** nach dem Empfang des zweiten Echorahmen **908B** bekannt sind. Der Ursprungsknoten **102A** ist mit dem ersten Router **104A** verbunden, der einen Identifikationscode gleich 20 aufweist. Der erste Router **104A** ist mit unbekannten Netzelementen über die Ports 2 und 5 verbunden, ist an den Ports 4 und 6 nicht verbunden, ist mit dem Ursprungsknoten **102A** über den Port 3 verbunden, und ist mit dem zweiten Router **104D** über den Port 5 verbunden. Der zweite Router **104D** hat einen Identifikationscode gleich 23, und ist mit fünf unbekannten Netzelementen an den Ports 1, 2, 3, 4 und 6 verbunden, und ist mit dem ersten Router **104A** über den Port 5 verbunden. Der Ursprungsknoten **102A** realisiert nicht, dass das unbekannte Netzelement **914A** gleich ist wie das unbekannte Netzelement **914B**. Der Ursprungsknoten bestimmt, dass diese beiden Elemente gleich sind, nach der Exploration des Pfads von Port 2 des ersten Routers **104A** und des Pfads von Port 4 des

zweiten Routers **104D** und nach der Bestimmung, dass die Identifikationscodes dieser beiden unbekannten Elemente **914A**, **914B** gleich sind. Nach dem Empfang des zweiten Echorahmens **908B** weiß ähnlich der Ursprungsknoten nicht, dass unbekannte Elemente **9140** und **914D** gleich sind. Diese Bestimmung tritt auf, wenn der Ursprungsknoten **102A** Schleifen identifiziert, wie oben beschrieben.

[0051] Der Prozess wird fortgesetzt, bis alle Ports untersucht wurden. Wenn eine Verknüpfung oder ein Element inoperativ ist, wird diese Verknüpfung oder dieses Element identifiziert, da ein Echorahmen nicht ansprechend auf einen PING-Rahmen empfangen wird. Eine solche Verknüpfung oder ein solches Element wird nicht in die aktualisierte Topologie eingeschlossen. Dann generiert **520** der Ursprungsknoten **102A** Leitwegtabellen auf der Basis der aktualisierten Netztopologie. Die aktualisierten Leitwegtabellen können alternative Pfade zwischen Netzelementen liefern, beispielsweise um inoperative Verknüpfungen zu vermeiden, oder die Leitwegtabelle kann erschöpfend berechnet werden, um eine optimale Lösung zu erzielen, die alle potentiellen Schleifen vermeidet, und die Möglichkeit einer Überlastung einer Verknüpfung oder eines Routers mit Rahmenverkehr minimiert, und eine Netzblockierung vermeidet. Einige Beispiele von Techniken zur Aktualisierung von Leitwegtabellen sind angegeben in R. D. Rosner, Packet Switching, Tomorrow's Communications Today (1982).

[0052] Das obige Beispiel beschreibt, wenn von einem Router ein PING-Rahmen empfangen wird und ein Echorahmen generiert wird. Die Technik zum Empfangen eines PING-Rahmens und Generieren und Senden eines Echorahmens ist gleich, wenn das Zielelement ein anderer Knoten ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum dynamischen Bestimmen von Netztopologieinformationen eines Netzes, wobei das Netz eine Vielzahl von Netzelementen einschließt, die einen ersten Knoten und ein erstes Element, das mit einem Zielelement gekoppelt ist, einschließen, welches die Schritte umfasst:

- (a) Generieren eines PING-Rahmens, der erste Leitweginformationen, die einen ersten Leitweg von dem ersten Knoten zu dem Zielelement durch das erste Netzelement identifizieren, und zweite Leitweginformationen einschließt, die einen zweiten Leitweg von dem ersten Element der Netzelemente zu dem ersten Knoten identifizieren;
- (b) Senden des ersten PING-Rahmens zu dem Zielelement über den ersten Leitweg;
- (c) Empfangen eines PING-Rahmens an dem Zielelement durch einen ersten Port des Zielelements;
- (d) Generieren eines Echorahmens ansprechend auf den PING-Rahmen, welcher Echorahmen erste

Anschlussmöglichkeiteninformationen, dritte Leitweginformationen, die einen dritten Leitweg von dem Zielelement zu dem ersten Knoten identifizieren, und einen Zielelementidentifikator einschließt, wobei die ersten Anschlussmöglichkeiteninformationen Netzelemente identifizieren, die dem Zielelement benachbart sind, und die dritten Leitweginformationen die zweiten Leitweginformationen und einen Identifikator des ersten Ports einschließen;

(e) Senden des Echorahmens von dem Zielelement zu dem ersten Knoten über den dritten Leitweg;

(f) Empfangen des Echorahmens an dem ersten Knoten; und

(g) Aktualisieren der Netztopologieinformationen durch das Einschließen des Zielelementidentifikators und der ersten Anschlussmöglichkeiteninformationen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem das Zielelement eines von einem zweiten Knoten und einem Router ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1, welches ferner den Schritt umfasst:

(h) Wiederholen der Schritte (a) bis (g) für alle der Netzelemente in dem Netz.

4. Verfahren nach Anspruch 3, welches ferner den Schritt umfasst:

Identifizieren von Netzelementen mit demselben Zielelementidentifikator, um Schleifen in der Netztopologie zu identifizieren.

5. Verfahren nach Anspruch 1, welches ferner den Schritt umfasst:

(i) Bestimmen einer Routertabelle mit einer Vielzahl von Leitwegen durch das Netz, wobei jeder Leitweg von dem ersten Knoten zu einem der Netzelemente auf den Netztopologieinformationen basiert.

6. Verfahren nach Anspruch 5, bei welchem die Schritte (a) bis (i) vorgenommen werden, während das Netz in Betrieb ist.

7. Verfahren nach Anspruch 5, bei welchem die Schritte (a) bis (i) während der Netzinitialisierung vorgenommen werden.

8. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem der Schritt (g) ungeeignet funktionierende Netzelemente und ungeeignet funktionierende Netzverknüpfungen identifiziert, welche Netzverknüpfungen das Netzelement koppeln.

9. System zum Bestimmen von Netztopologieinformationen eines Netzes, wobei das Netz eine Vielzahl von Netzelementen einschließt, die einen ersten Knoten und ein erstes Element, das mit einem Zielelement gekoppelt ist, einschließen, welches System umfasst:

einen PING-Rahmengenerator, der in dem ersten

Knoten lokalisiert ist, zum Generieren eines PING-Rahmens, welcher PING-Rahmen erste Leitweginformationen, die einen ersten Leitweg von dem ersten Knoten zu dem Zielelement durch das erste Netzelement identifizieren, und zweite Leitweginformationen einschließt, die einen zweiten Leitweg von dem ersten Element der Netzelemente zu dem ersten Knoten identifizieren;

einen ersten Knotensender, der mit dem PING-Rahmengenerator gekoppelt ist, zum Senden des ersten PING-Rahmens zu dem Zielelement über den ersten Leitweg;

einen Echorahmengenerator, der in dem Zielelement lokalisiert ist, zum Generieren eines Echorahmens ansprechend auf den PING-Rahmen, welcher Echorahmen erste Anschlussmöglichkeiteninformationen, dritte Leitweginformationen, die einen dritten Leitweg von dem Zielelement zu dem ersten Knoten identifizieren, und einen Zielelementidentifikator einschließt, wobei die ersten Anschlussmöglichkeiteninformationen Netzelemente identifizieren, die dem Zielelement benachbart sind, und die dritten Leitweginformationen die zweiten Leitweginformationen und einen Identifikator des ersten Ports einschließen;

einen PING-Rahmenempfänger, der in dem Zielelement lokalisiert ist, eingerichtet ist, den ersten PING-Rahmen zu empfangen, und mit dem Echorahmengenerator gekoppelt ist, zum Empfangen eines PING-Rahmens durch einen ersten Port des Zielelements und zum transparenten Weiterleiten des PING-Rahmens zu dem Echorahmengenerator; einen Echorahmensender, der mit dem Echorahmengenerator gekoppelt ist, zum Senden des Echorahmens von dem Zielelement zu dem ersten Knoten über den dritten Leitweg; und

eine Topologieaktualisierungseinheit, die mit dem PING-Rahmenidentifikator gekoppelt ist und eingerichtet ist, den Echorahmen zu empfangen, zum Aktualisieren der Netztopologieinformationen durch das Einschließen des Zielelementidentifikators und der ersten Anschlussmöglichkeiteninformationen.

10. System nach Anspruch 9, welches ferner umfasst:

einen Topologieschleifenidentifikator, der mit dem Echorahmenempfänger gekoppelt ist, zum Identifizieren von Netzelementen mit demselben Identifikator, um Schleifen in der Netztopologie zu identifizieren.

11. System nach Anspruch 9, welches ferner umfasst:

einen Leitwegtabellengenerator, der mit der Topologieaktualisierungseinheit gekoppelt ist, zum Generieren einer Leitwegtabelle, die einen Leitweg durch das Netz von dem ersten Knoten zu jedem der Netzelemente auf der Basis der aktualisierten Netztopologieinformationen einschließt.

12. System nach Anspruch 9, bei welchem das

Zielelement eines von einem zweiten Knoten und einem Router ist.

13. Verfahren nach Anspruch 1, welches ferner den Schritt umfasst:

(h) Wiederholen der Schritte (a) bis (g) für ein zweites der Netzelemente in dem Netz, wobei das zweite Netzelement in den ersten Anschlussmöglichkeiteninformationen identifiziert wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, bei welchem die ersten Leitweginformationen von vorher empfangenen Anschlussmöglichkeiteninformationen abgeleitet werden.

15. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem das Senden des ersten PING-Rahmens zu dem Zielelement über den ersten Leitweg umfasst, dass das erste Netzelement transparent durch den ersten PING-Rahmen von dem ersten Knoten zu dem Zielelement weitergeleitet wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15, bei welchem der erste PING-Rahmen einen Kopfabschnitt, der die ersten Leitweginformationen einschließt, und einen Körperabschnitt aufweist, und die dritten Leitweginformationen in dem Körperabschnitt einschließt.

17. Verfahren nach Anspruch 16, bei welchem das erste Netzelement transparent durch den ersten PING-Rahmen weitergeleitet wird, indem der erste PING-Rahmen als Datenrahmen verarbeitet wird.

18. System nach Anspruch 9, bei welchem der PING-Rahmengenerator einen zweiten PING-Rahmen generiert, der an einen in den ersten Anschlussmöglichkeiteninformationen identifizierten zweiten Zielknoten adressiert ist.

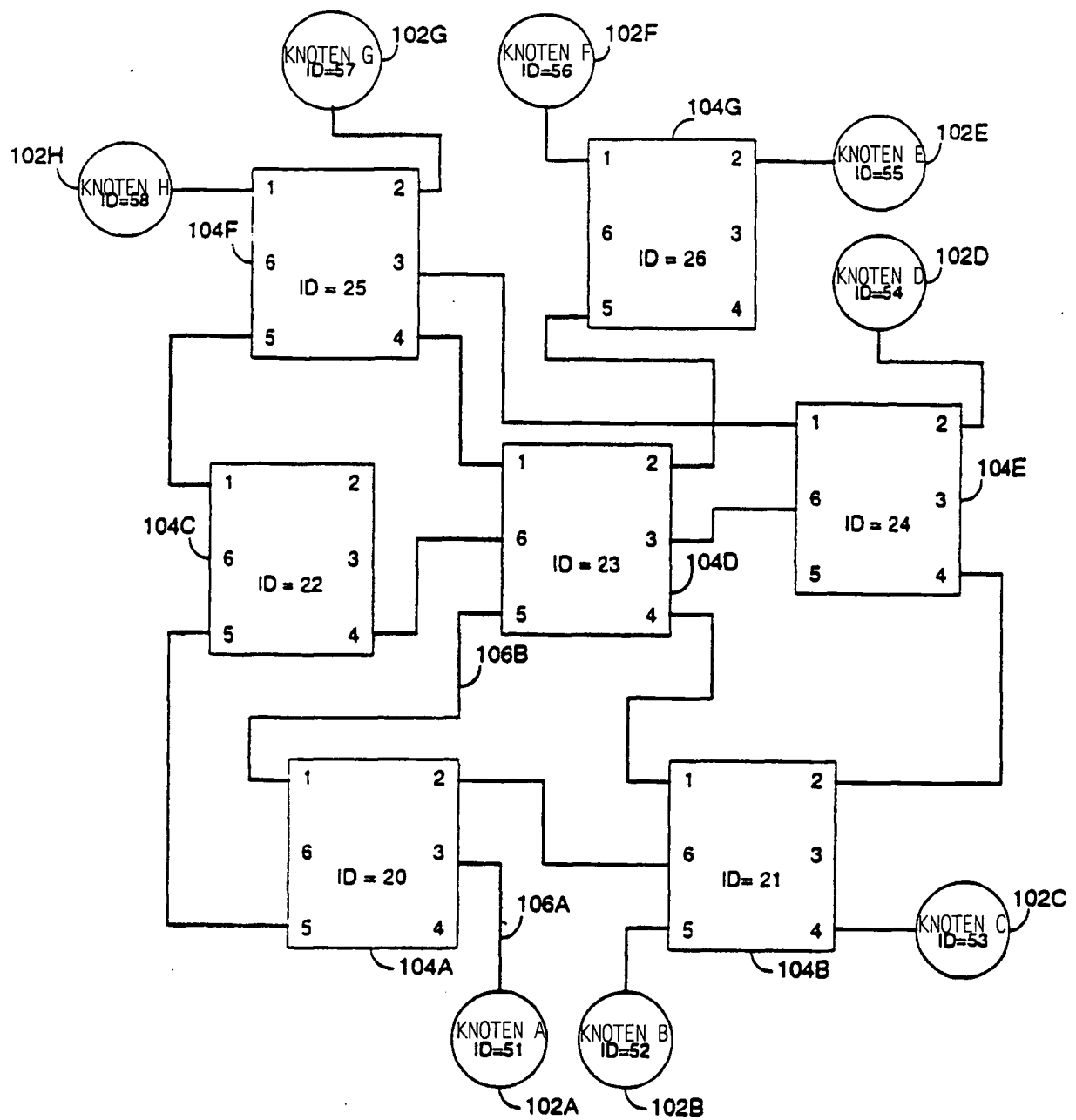
19. System nach Anspruch 9, bei welchem der erste Knotensender, der den ersten PING-Rahmen an das Zielelement über den ersten Leitweg sendet, umfasst, dass das erste Netzelement transparent durch den ersten PING-Rahmen von dem ersten Knoten zu dem Zielelement weitergeleitet wird.

20. System nach Anspruch 19, bei welchem der erste PING-Rahmen einen Kopfabschnitt, der die ersten Leitweginformationen einschließt, und einen Körperabschnitt aufweist, und die dritten Leitweginformationen in dem Körperabschnitt einschließt.

21. System nach Anspruch 20, bei welchem das erste Netzelement transparent durch den ersten PING-Rahmen weitergeleitet wird, indem der erste PING-Rahmen als Datenrahmen verarbeitet wird.

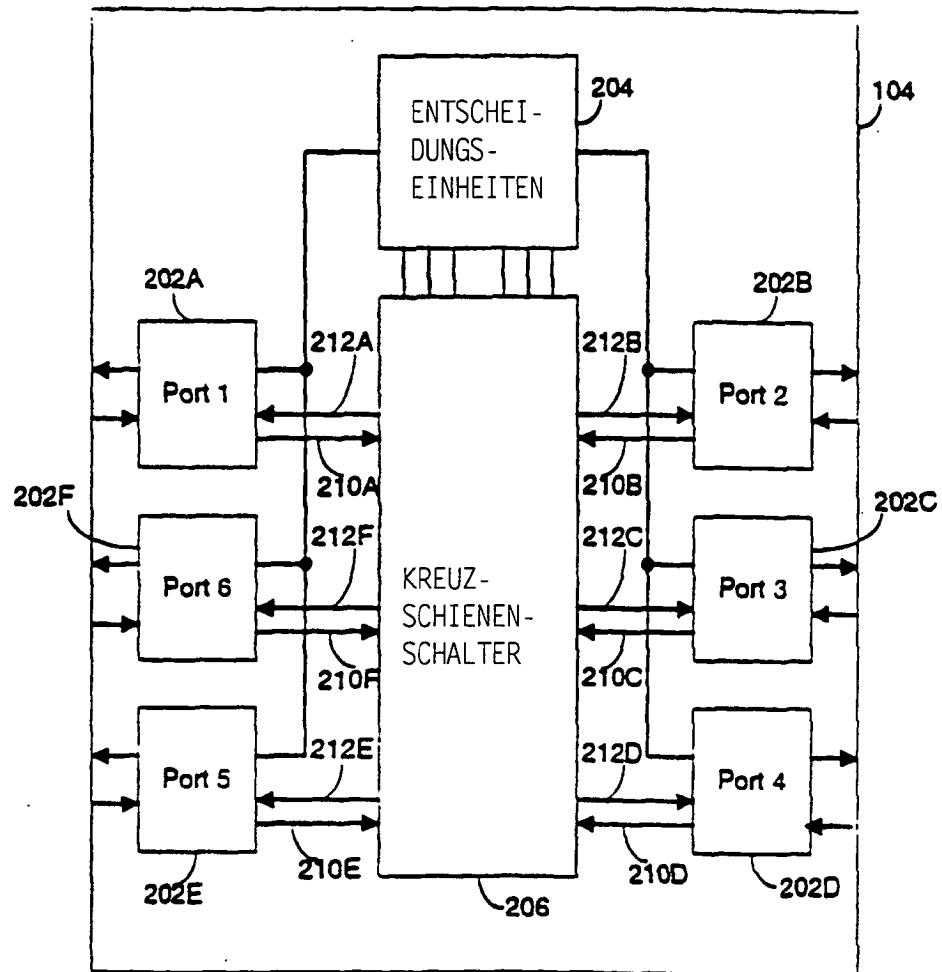
Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

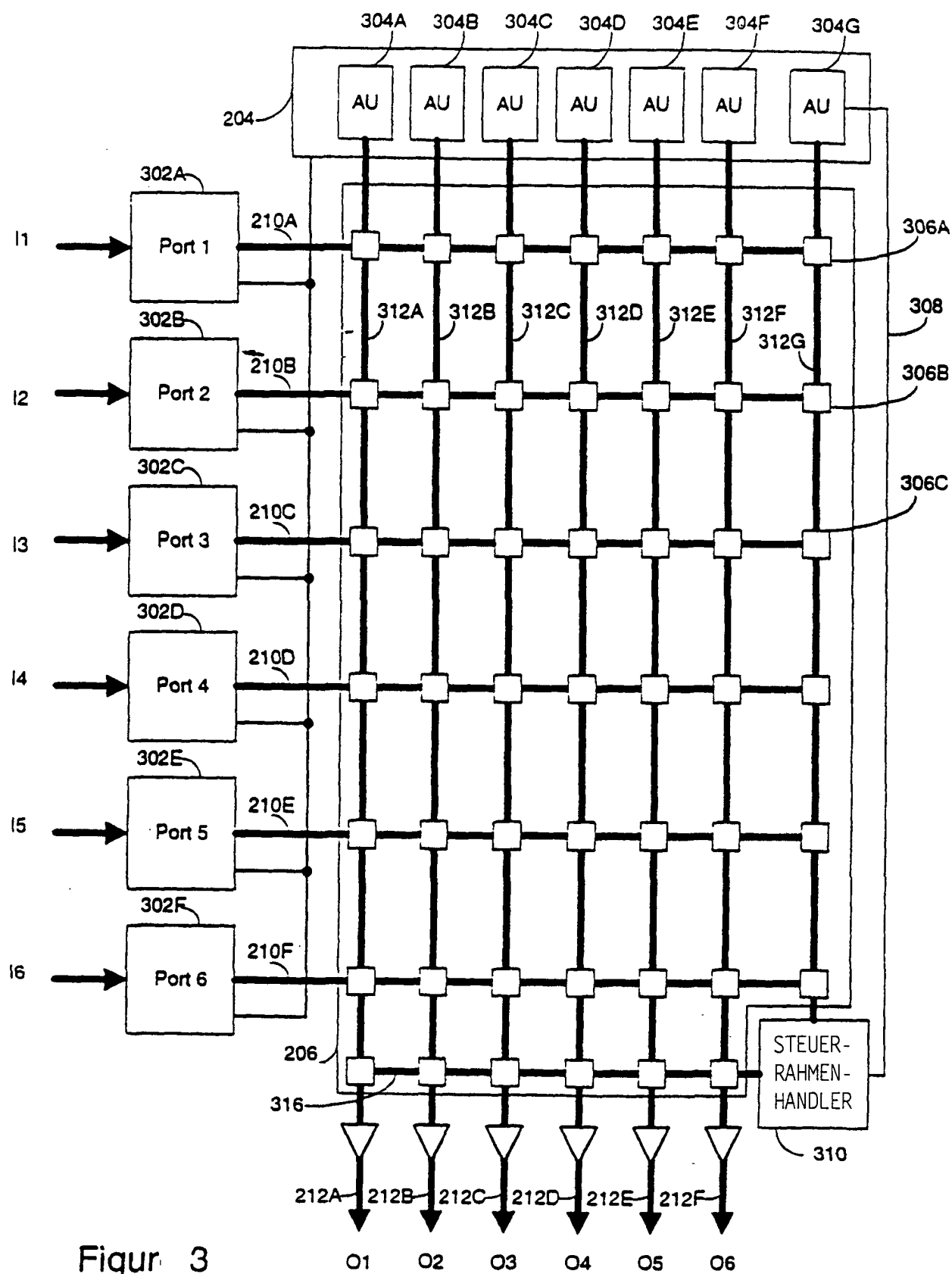


100

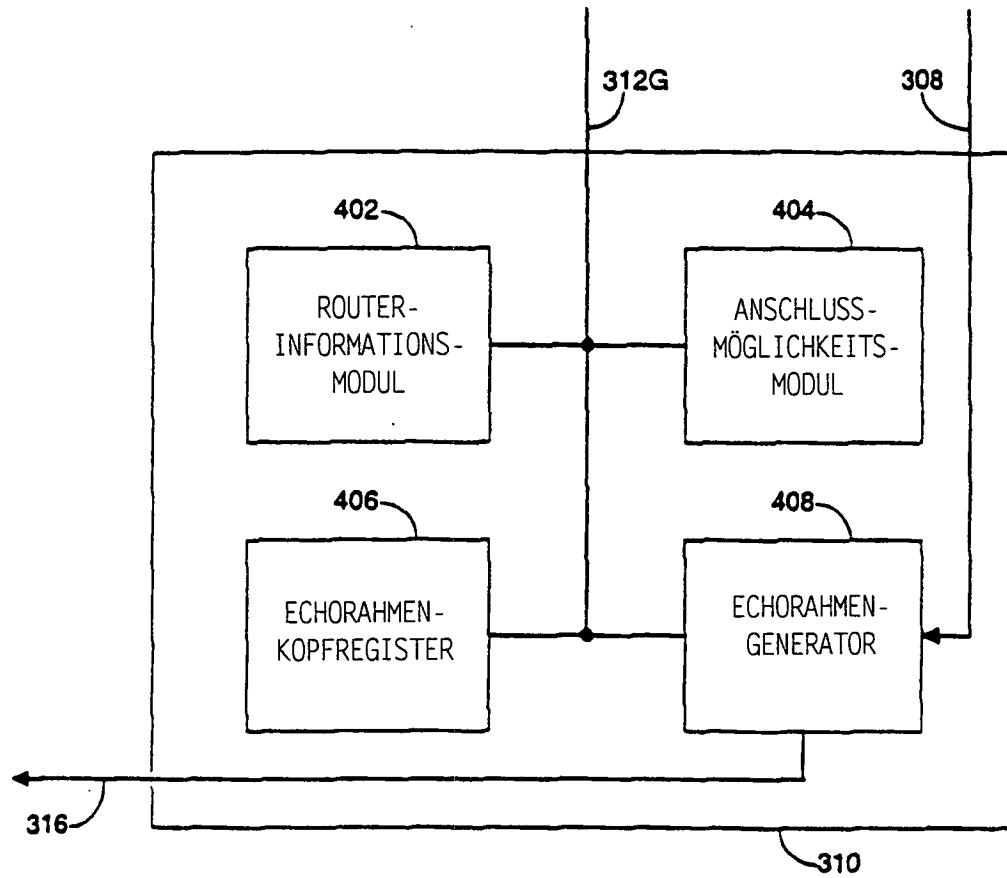
Figur 1



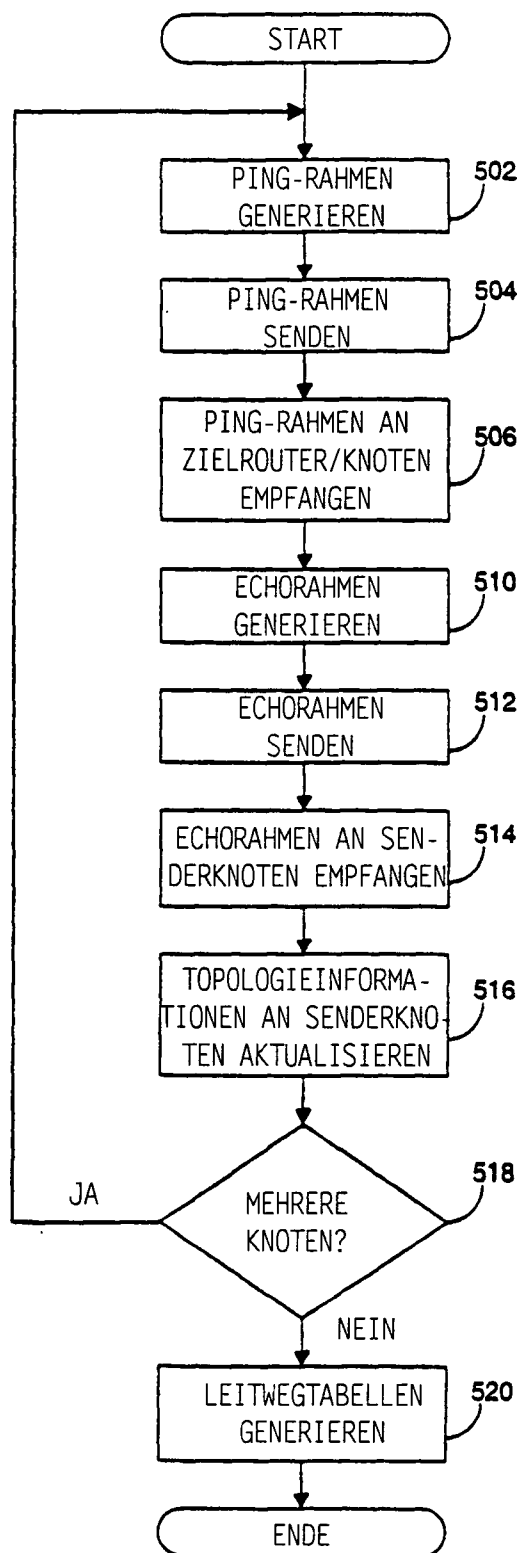
Figur 2



Figur 3

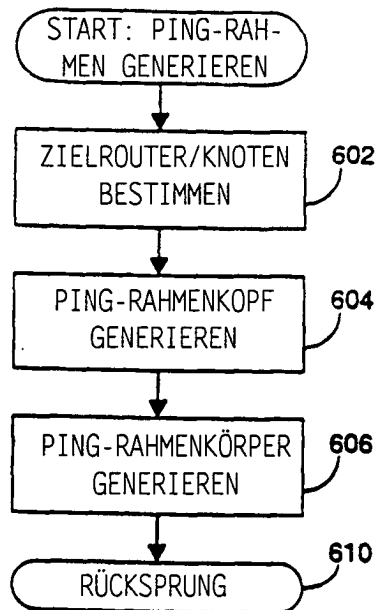


Figur 4

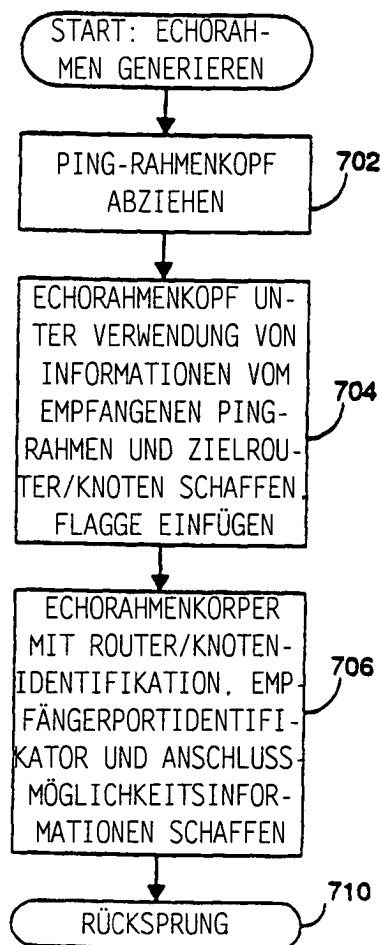


Figur 5

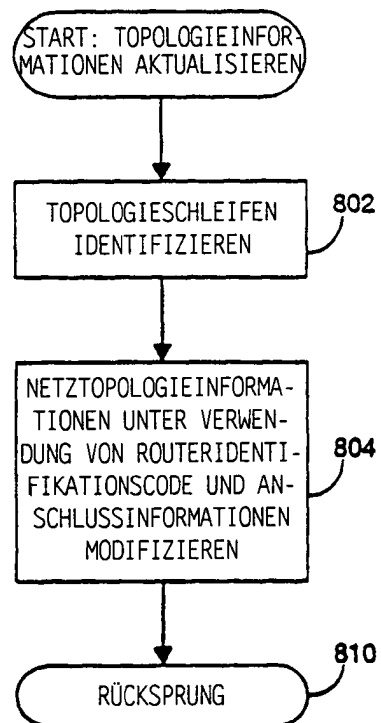
Figur 6

502

Figur 7

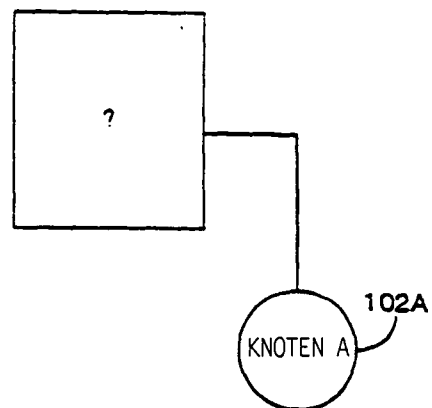
510

Figur 8

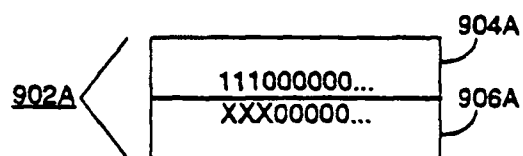


516

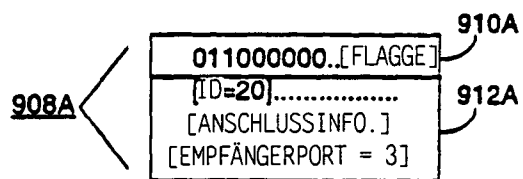
Figur 9(a)



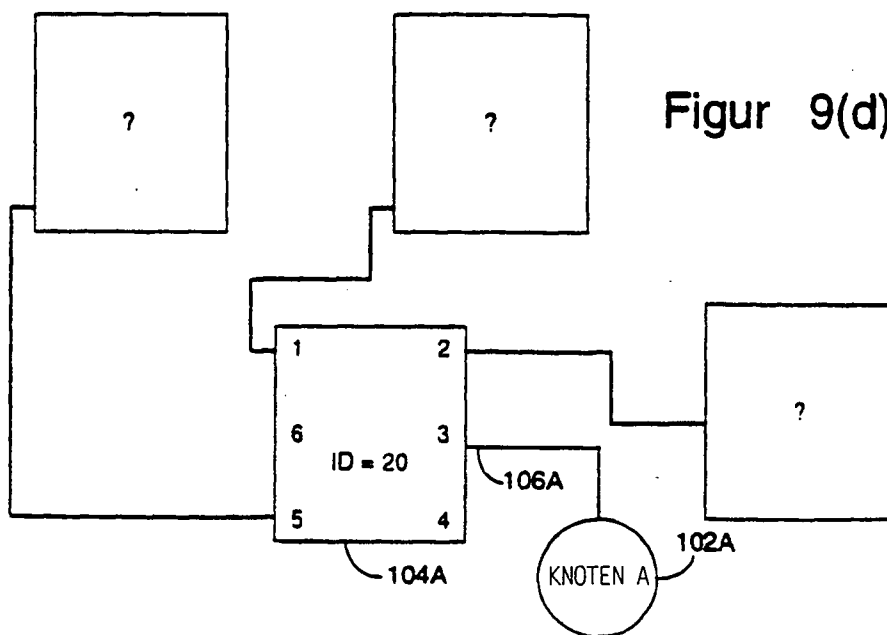
Figur 9(b)

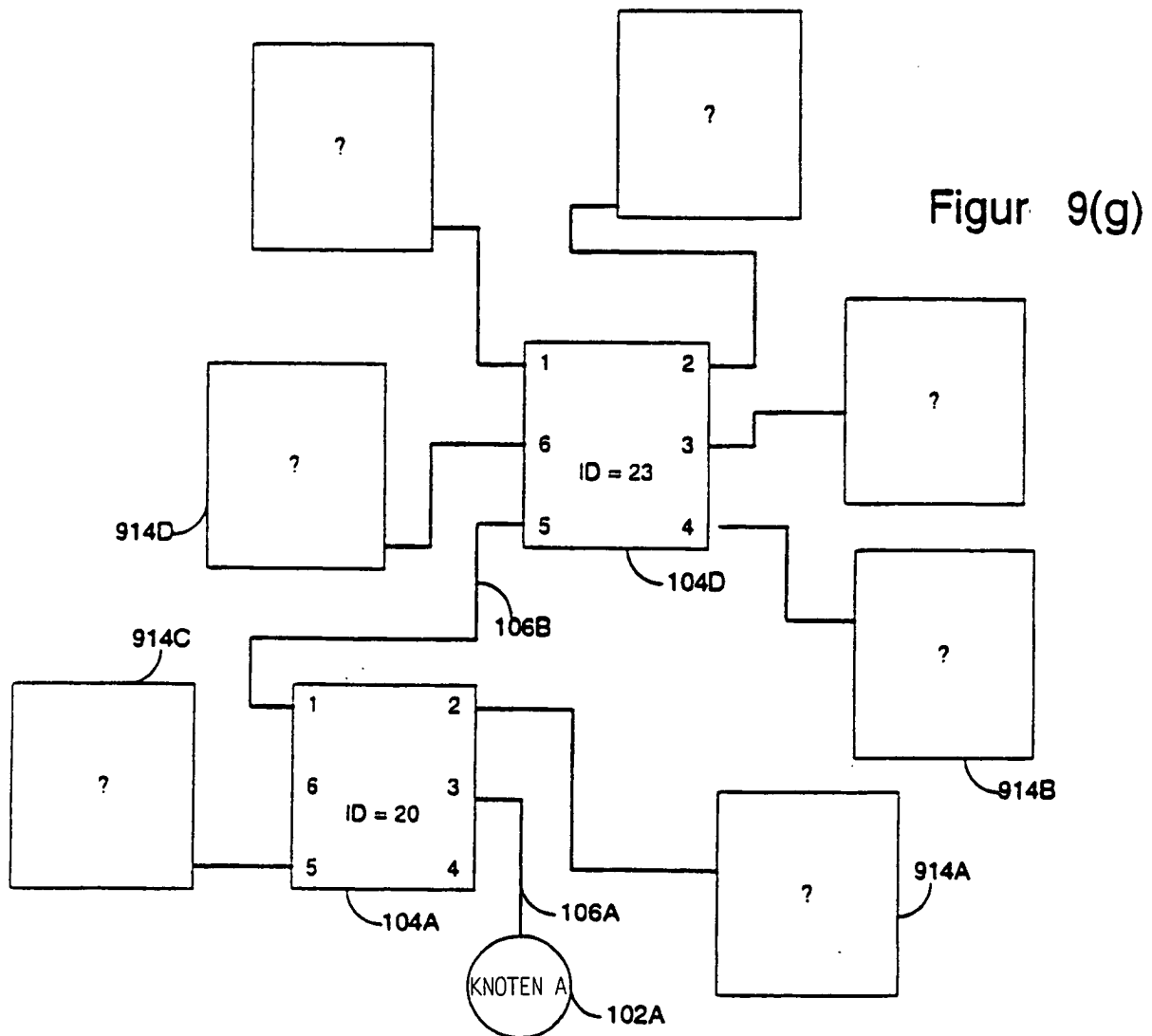
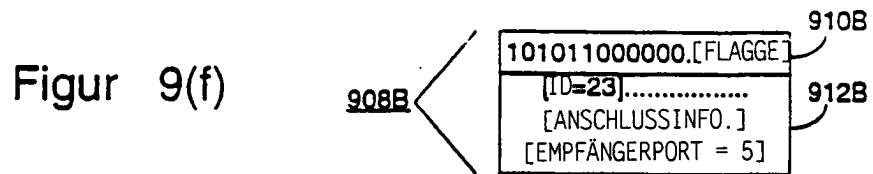
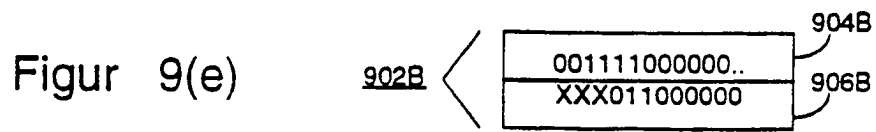


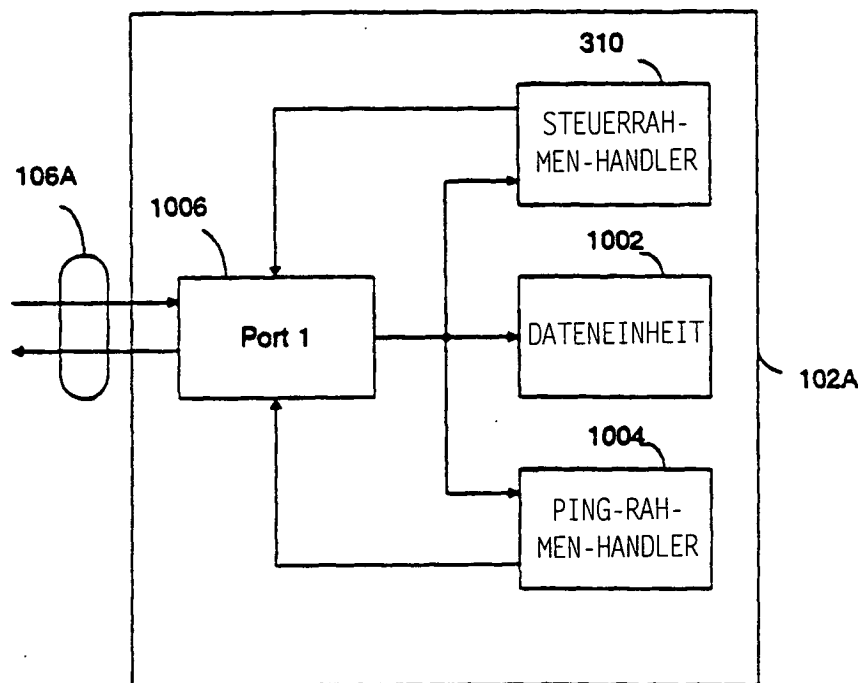
Figur 9(c)



Figur 9(d)







Figur 10