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

(10) **DE 697 34 258 T2** 2006.06.29

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 800 329 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 34 258.1**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 302 050.6**
(96) Europäischer Anmeldetag: **25.03.1997**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **08.10.1997**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **28.09.2005**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **29.06.2006**

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

(30) Unionspriorität:
627637 **04.04.1996** **US**

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

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

(74) Vertreter:
derzeit kein Vertreter bestellt

(72) Erfinder:
Chen, Xiaoqiang, Eatontown, New Jersey 07724, US; Raghavendra, Cauligi Srinivasa, Pullman, Washington 99163, US; Kumar, Vijay Pochampalli, Freehold, New Jersey 07728, US; Venkateswaran, Ramanathan, Pullman, Washington 99163, US

(54) Bezeichnung: **Anordnung und Verfahren zur hierarchischen Mehrfachsende-Leitweglenkung in einem ATM-Netz**

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

Erfindungsgebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein Mehrfachsendeoperationen in Kommunikationsnetzen und insbesondere ein hierarchisches Mehrfachsende-Leitweglenkungsverfahren in einer ATM-Netzarchitektur.

Stand der Technik

[0002] Mehrfachsendung (bzw. Punkt-zu-Mehrpunkt-Leitweglenkung) in ATM-Netzen (Asynchronous Transfer Mode) ist ein Mechanismus zum Senden von ATM-Zellen von einer Quelle zu mehreren Zielen unter Verwendung einer einzigen Verbindung. Bei einem einfachen Ansatz für Mehrfachsendung würden Punkt-zu-Punkt-Verbindungen von einer Quelle zu jedem der Ziele hergestellt werden, und die ATM-Zellen würden unter Verwendung dieser Verbindungen zu den jeweiligen Zielen gesendet werden. Dieser Ansatz funktioniert jedoch nicht gut für Anwendungen wie Videokonferenzen, da diese Anwendungen eine sehr hohe Bandbreite erfordern. Weiterhin läßt sich dieser Ansatz mit zunehmender Anzahl von Mehrfachsendeanwendungen und der Anzahl von Zielen pro Verbindung nicht gut skalieren. Es ist eine bedeutende Herausforderung, ein hochskalierbares Verfahren für Mehrfachsendung zu entwickeln, das auch hinsichtlich einer Kombination von Faktoren wie Bandbreitenverbrauch und Laufzeit wirkungsvoll ist. Eine weitere Herausforderung ist es, für jede der Verbindungen irgendeine Dienstgüte (QoS – Quality of Service) zu garantieren.

[0003] Ein erster Schritt zum Finden von wirkungsvollen Verfahren für Mehrfachsendung besteht in der Definition eines Modells für das Problem. Netze werden allgemein als gewichtete ungerichtete Graphen moduliert. Die Knoten der Graphen stellen die Vermittlungssysteme und die Hosts dar. Kanten stellen andererseits die physikalischen Verbindungsstrecken dar. Durch das mit einer Kante verbundene Gewicht werden auf irgendeine Weise die Kosten der Benutzung der Verbindungsstrecke (bezüglich Laufzeit, Bandbreitenverbrauch oder Entfernung) widergespiegelt. Das Problem, ein Verfahren für Mehrfachsendung zu finden, läßt sich auf das Finden eines Untergraphen des Netzgraphen reduzieren, der gewisse Eigenschaften erfüllt. Der Untergraph muß ein Baum mit der Quelle als Wurzel und den Zielen als entweder internen Knoten oder den Ästen sein. Ein Fachmann würde erkennen, daß dieser Baum der Steiner-Baum des Graphen für die gegebenen Quellen- und Zielknoten genannt wird. Minimieren der Kosten des Steiner-Baums bei gleichzeitiger Erfüllung der QoS-Bedingungen ergibt wirkungsvolles Mehrfachsenden. Es ist zu bemerken, daß die Kosten des Steiner-Baums die Summe der Kosten der einzelnen Verbindungsstrecken sind, die Teil des Baums sind. Es hat sich herausgestellt, daß das Finden des optimalen Steiner-Baums ein ziemlich aufwendiges Problem ist. Aber es gibt gute Heuristiken, deren Lösungen durch einen Faktor von dem Zweifachen der Kosten der optimalen Lösung umgrenzt sein können. Das Problem des Findens des wirkungsvollen Baums wird das Leitweglenkungsproblem für Mehrfachsendung genannt. Bei verbindungsorientierten Netzen muß eine Verbindung hergestellt werden, ehe die ATM-Zellen übertragen werden können. Dies wird unter Verwendung von Zeichengabe erreicht. Das Problem einer wirkungsvollen Verbindungsherstellung wird als das Zeichengabeproblem in ATM-Netzen bezeichnet.

[0004] Mehrfachsendungsanwendungen können selbst auf verschiedene Weisen modelliert werden, in Abhängigkeit von ihrem Komplexitätsgrad. Bei dem hier als Modell 1 bezeichneten einfachsten Modell sendet eine einzige Quelle ATM-Zellen zu einer festen Menge von Zielen. In diesem Fall kann der Steiner-Baum statisch berechnet werden, ehe die Verbindung aufgebaut wird, und ATM-Zellen können entlang den Verbindungsstrecken entsprechend Kanten des Steiner-Baums übertragen werden.

[0005] Ein als Modell 2 bezeichnetes etwas komplexeres Modell kann dynamische Änderungen an der Menge von Zielen im Verlauf der Mehrfachsendung handhaben. Die Ziele werden gemeinsam durch eine Mehrfachsendegruppenadresse adressiert. Der Gruppenadresse zugewiesene ATM-Zellen werden zu allen Zielen weitergeleitet, die Mitgliedschaft an der Gruppenadresse angemeldet haben. Änderungen der Zielmenge bewirken die Neuberechnung des Steiner-Baums.

[0006] Bei den obigen Modellen sendet nur ein einziger Benutzer Daten zu der Mehrfachsendegruppe. Die Komplexität der Mehrfachsendung nimmt zu, wenn es mehrere Sender pro Mehrfachsendegruppe gibt (auch als Mehrpunkt-zu-Mehrpunkt-Verbindung bekannt). In diesem Fall kann es einen getrennten Steiner-Baum für jeden Sender geben. Dieser würde jedoch aufgrund des gesteigerten Aufwandes zur Unterhaltung von Informationen über jeden Steiner-Baum nicht skalierbar sein. Ein Weg, dieses Problem zu überwinden, besteht in der Zuordnung eines Baums zur Mehrfachsendegruppe. Es wird ein, der Kernknoten genannter Knoten im Baum gewählt, die ATM-Zellen von allen Sendern zu empfangen. Der Kernknoten ist dann dafür verantwortlich die Zellen zu allen Zielen im Baum zu senden. Obwohl dieses Verfahren skalierbar ist, besteht das Hauptproblem dabei in der Überlastung des Kernknotens, was zu Leistungsminderung führt.

Mehrfachsende-Leitweglenkung im Internet

[0007] In verbindungslosen Netzen wie dem Internet ist das Mehrfachsendungsproblem etwas vereinfacht, da es keinen Zusatzaufwand von Verbindungsaufbau und -management gibt. QoS-Erfordernisse sind jedoch schwer zu garantieren, da verbindungslose Netze nur Dienste nach besten Bemühungen bereitstellen. Durch Protokolle wie RSVP (Resource reSerVation Protocol) werden die Mittel zum Reservieren von Ressourcen bereitgestellt, aber Implementierung eines solchen Verfahrens ist noch nicht praktisch.

[0008] In verbindungslosen Umgebungen wie dem Internet sind im Stand der Technik mehrere Ansätze für Mehrfachsendung vorgeschlagen worden. Der einfachste Ansatz wird als Flooding bzw. gekürzte Rundsendung bezeichnet. Hier werden Pakete zu allen Routern im Netz gefloodet, und die Router haben die Verantwortung für die Mehrfachsendung der Pakete in ihren örtlichen Teilnetzen. Paketduplikate werden durch jeden Router verworfen. Wenn ein Kriterium des „kürzesten Weges" dazu benutzt wird, zu entscheiden, welche Pakete gefloodet werden und welche Pakete verworfen werden sollen, wird das resultierende Verfahren RPF-Flooding (Reverse Path Flooding) genannt. Der Flooding-Mechanismus beruht eigentlich auf dem abschnittsweisen Leitweglenkungsverfahren im verbindungslosen Internet. Der Hauptnachteil bei Flooding besteht darin, daß mehrere redundante Pakete auf den Verbindungsstrecken übertragen werden. Für Videoanwendungen mit hoher Bandbreite kann dies zur Blockierung im Netz führen, besonders wenn Router einen getrennten Baum für jeden Sender einer Mehrfachsendegruppe unterhalten müssen.

[0009] Die Idee eines beispielsweise in XP000594794 beschriebenen CBT-Baums (Core-Based Tree) erfordert die Unterhaltung nur eines Baums pro Mehrfachsendegruppe. Jeder Mehrfachsendegruppe ist ein Kernknoten zugeordnet. Dieser Knoten ist stets ein Teil des Mehrfachsendebaums für diese Gruppe. Ein Knoten, der zu dieser Gruppe gesendete Pakete zu empfangen wünscht, muß sich beim Kernknoten anmelden. Der Kernknoten bildet einen Mehrfachsendebaum mit allen Zielknoten. Wenn eine Quelle Pakete zur Gruppe zu senden wünscht, sendet sie zuerst ein Paket zum Kernknoten. Wenn sich irgendeiner der Zwischenknoten bereits auf dem Mehrfachsendebaum befindet, leitet er dann das Paket auf den Verbindungsstrecken des Mehrfachsendebaums weiter. Der Hauptvorteil dabei besteht darin, daß je Mehrfachsendegruppe nur ein Baum unterhalten wird, wodurch diese sehr skalierbar wird. Wenn es andererseits viele Sender gibt und alle davon die Pakete zum Kernknoten senden, dann kann der Kernknoten zu einem Engpaß werden. Der Kernknoten ist auch der einzige Ausfall, weshalb dieser Algorithmus nicht fehlertolerant ist.

[0010] Viele der Anordnungen im Stand der Technik für Mehrfachsendung sind für das verbindungslose Modell des Internets ausgelegt. In der Zukunft wird das Internet auf den verbindungsorientierten ATM-spezifischen Netzen beruhen. So müssen Verfahren zum Mehrfachsenden in den ATM-Netzen entwickelt werden. Es sind mehrere Mehrfachsendungsanwendungen auf höheren Schichten mit ATM-Netzen als Basis in Betracht gezogen worden. Bei einer derartigen Anwendung durch die IETF-Arbeitsgruppe IP-over-ATM (IPATM) wird der verbindungslose IP-Mehrfachsendungsdienst über ATM-spezifische Netze abgebildet. Das Verfahren benutzt das Konzept eines MARS-Servers (Multicast Address Resolution Server). Alle Knoten, die Mitglieder einer bestimmten Gruppe zu sein wünschen, melden sich bei MARS an. Um Daten zu der Mehrfachsendegruppe zu senden, sind zwei Verfahren vorgeschlagen worden. Bei dem Mehrfachsendungsserververfahren ist mit jeder Mehrfachsendegruppe ein Mehrfachsendungsserver verbunden, und es kann mehr als einen Server geben, um sich um Lastenausgleich und Fehlertoleranz zu kümmern. Die Mehrfachsendungsserver melden sich ebenfalls bei einem MARS an. Der Sender tritt mit dem MARS in Verbindung und erlangt die Identität des Servers, wo der MARS dann Verbindung mit dem Server herstellt. Der Server besitzt eine Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindung mit allen Zielknoten und ist für die Übertragung der Daten zu allen Zielen verantwortlich. Neue Ziele treten ebenfalls mit dem MARS in Verbindung und nehmen dann an der Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindung des Servers teil. In Abwesenheit eines Mehrfachsendungsservers sendet der MARS die Liste aller Ziele zum Sender zurück. Der Sender baut dann eine Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindung mit allen Zielen auf. Bei diesem Verfahren wird das Bestehen eines zugrundeliegenden Punkt-zu-Mehrpunkt-Protokolls für ATM-spezifische Netze angenommen.

[0011] Andere Anwendungen wie Videokonferenz erfordern die Unterstützung von Mehrfachsendung durch das zugrundeliegende System bei gleichzeitiger Garantie einer gewissen Dienstgüte wie beständige Bandbreite, umgrenzte Laufzeiten und umgrenzter Laufzeit-Jitter. Es ist nicht leicht, Ende-zu-Ende-Garantien und Dienstgüte bereitzustellen, wenn ein abschnittsweiser Leitweglenkungsmechanismus benutzt wird. Dies ist der Hauptmotivationsfaktor für die Entwicklung von Protokollen für Mehrfachsendung in ATM-Netzen.

Leitweglenkung und Zeichengabe in ATM-Netzen

[0012] Leitweglenkung und Zeichengabe sind die zwei Hauptkomponenten in der Auslegung eines verbindungsorientierten Protokolls. Leitweglenkungsprotokolle helfen bei der Berechnung eines wirkungs-

vollen Weges für die bestimmte Verbindung. Zeichengabeprotokolle sind bei der wirkungsvollen Herstellung und Verwaltung der Verbindung behilflich.

[0013] Ein Zeichengabemechanismus bearbeitet Aufbau, Unterhaltung und Abbruch von Verbindungen zwischen einer Quelle und möglicherweise mehr als einem Ziel. Während des Verbindungsaufbaus sind auch die Ressourcen auf den Verbindungsstrecken reserviert, so daß Dienstgüte (QoS – Quality of Service) für die Verbindung garantiert werden kann. Vom ATM-Forum sind ATM-UNI-Zeichengabemechanismen an der Teilnehmer-Netz-Schnittstelle vorgeschlagen worden.

[0014] Das grundlegende Punkt-zu-Punkt-Zeichengabeprotokoll ist ein Zweiweg-Handshake-Mechanismus. Einige Zeichengabenachrichten sind globaler Beschaffenheit, das heißt, sie werden vom Ursprungsende bis zum Zielende ausgebreitet. Zur Bestätigung des Empfangs globaler Nachrichten bei ihrem Durchlaufen von einem Knoten zum anderen im Netz werden lokale Bestätigungsnachrichten benutzt. Die Quelle (die ein ATM-Endsystem ist) sendet eine Nachricht SETUP zum Vermittlungssystem über die Teilnehmer-Netz-Schnittstelle (UNI – User Network Interface). Diese Nachricht enthält Informationen wie Zieladresse und die QoS-Erfordernisse. Vom Netz wird die SETUP-Nachricht zu dem Vermittlungssystem weitergeleitet, an das das Ziel-Endsystem angeschlossen ist. Auf dem Weg werden Ressourcen reserviert, um QoS-Erfordernisse zu garantieren.

[0015] Wenn die SETUP-Nachricht das Ziel erreicht, kann das Ziel entweder die Verbindung annehmen oder sie aus irgendeinem von verschiedenen Gründen abweisen. Beispielsweise könnte ein wichtiger Grund sein, daß QoS-Garantien nicht erfüllt werden können. Wenn die Verbindung abgewiesen wird, wird eine Nachricht RELEASE vom Ziel gesendet, die sich zur Quelle zurück fortpflanzt, wo alle vorher reservierten Ressourcen freigegeben werden. Wenn die Verbindung angenommen wird, wird eine Nachricht CONNECT vom Ziel gesendet, die sich durch das Netz zur Quelle fortpflanzt. Damit endet die Verbindungsherstellungsphase des Zeichengabemechanismus. Es sind dann zusätzliche Zeichengabenachrichten erforderlich, um diese Verbindung aufrechtzuerhalten. Das gesamte Zeichengabeprotokoll kann durch ein Zustandsdiagramm für jeden Teilnehmer des Protokolls dargestellt werden. Jedes Mal, wenn ein Knoten eine Nachricht sendet oder empfängt, findet ein Übergang von einem Zustand zu einem anderen statt.

[0016] Die Grund-Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindung ist ein auf einem Baum basierendes Modell mit einer Wurzel und mehreren Ästen. Die Verbindung wird mit der Herstellung einer Punkt-zu-Punkt-Verbindung von der Wurzel zu einem der Äste eingeleitet. Die Adresse des Wurzelknotens bildet einen Teil der Verbindungsidentifikation. Zusätzliche Verbindungen zu anderen Ästen werden durch Senden einer Zeichengabenachricht ADD-PARTY zu jedem der Äste hergestellt. Dynamische Mitgliedschaft wird auf zwei Weisen unterstützt. Bei dem von der Wurzel eingeleiteten Teilnahmemechanismus sendet die Wurzel die Nachricht ADD-PARTY zu einem Ast, der an der Teilnahme an der Mehrfachsendungsverbindung interessiert ist. Der Ast reagiert mit einer CONNECT-Nachricht, um den Erfolg der Verbindung anzuzeigen.

[0017] Bei dem vom Ast eingeleiteten Teilnahmemechanismus (LIJ – Leaf-Initiated Join) leitet die Wurzel eine Verbindung mit LIJ-Optionen ein. Der Ast zeigt seine Bereitwilligkeit zur Teilnahme an der Mehrfachsendungsverbindung an, indem er eine Nachricht LEAF-SETUP-REQUEST zum Netz sendet. Da das Netz über die LIJ-Verbindung Bescheid weiß, sendet es eine SETUP-Nachricht zum Ast. Erfolgreiche Verbindungsherstellung wird angezeigt, wenn der Ast eine CONNECT-Nachricht zum Netz sendet. Je nach Protokoll kann das Netz die Wurzel über die Identität des teilnehmenden Asts benachrichtigen oder nicht. Es sind ähnliche Mechanismen verfügbar, um einen Astknoten von einer bestimmten Verbindung abzutrennen.

[0018] Die gegenwärtigen UNI-Zeichengabemechanismen befassen sich jedoch nicht mit der Frage der Herstellung einer Mehrpunkt-zu-Mehrpunkt-Verbindung. Eine Weise zur Implementierung dieser Verbindungsart besteht in der Verwendung eines Partner-zu-Partner-Modells. In diesem Modell gibt es keinen Wurzelknoten und alle teilnehmenden Knoten weisen ähnliche Funktionen auf. Einige Teilnehmer sind nur Sender oder Empfänger, während andere beides sind. Die Gruppe wird dann logisch durch eine Mehrfachsendegruppenadresse identifiziert.

Privatknoten-Netzschnittstelle (PNNI – Private Node Network Interface)

[0019] Die Leitweglenkung der Zeichengabenachrichten zwischen ATM-Vermittlungen bedient sich des NNI-Protokolls (Node Network Interface). Der Hauptunterschied zwischen UNI- und NNI-Protokollen besteht darin, daß NNI-Protokolle zusätzlich zur Zeichengabeleitweglenkung umfassen müssen. Die Zeichengabekomponente des NNI-Protokolls wird zur Weiterleitung von Verbindungsanforderungen durch das ATM-Netz benutzt. Die Leitweglenkungskomponente des NNI-Protokolls bestimmt den von den Zeichengabenachrichten zur Ausbreitung durch das ATM-Netz benutzten Weg. Die Verbindung wird ebenfalls auf diesem Weg hergestellt und danach fließen auch die Daten über diesen Weg. Die Leitweglenkung von Zeichengabenachrichten ähnelt einem verbindungslosen Leitweglenkungsprotokoll, da vor dem Verbindungsaufbau keine Verbindung be-

steht.

[0020] Um Interoperabilität zwischen von unterschiedlichen Herstellern entwickelten ATM-Vermittlungen sicherzustellen, hat das ATM-Forum ein als PNNI-Protokoll (Private Node Network Interface) bezeichnetes NNI-Protokoll vorgeschlagen. PNNI-Protokolle basieren auf Verbindungszustands-Leitweglenkungsprotokollen wie den OSPF-Protokollen. Das Protokollmodell liefert eine hierarchische Sicht des ATM-Netzes. In diesem Modell besteht der hierarchische Graph aus Knoten und Verbindungsabschnitten. In der Fig. 1 ist eine beispielhafte PNNI-Architektur **10** dargestellt. Auf der untersten Stufe **104** der Hierarchie stellen die Knoten **12** des Graphen die physikalischen Vermittlungssysteme dar. Die Verbindungsstrecken **14** auf der untersten Stufe **104** stellen physikalische Verbindungsstrecken dar, die die verschiedenen Vermittlungssysteme verbinden. Auf höheren Stufen **80**, **64** sind die Knoten **16**, **18** logische Knoten, wo jeder logische Knoten **16**, **18** eine Sammlung von Knoten auf der unteren Hierarchiestufe darstellt. Auf ähnliche Weise ist eine Verbindungsstrecke **20** zwischen zwei logischen Knoten eine logische Verbindungsstrecke, die Konnektivität zwischen den durch die logischen Knoten dargestellten Mengen von Knoten darstellt. Knoten auf jeder Stufe sind zusammengruppiert, um (durch Ellipsen in der Fig. 1 dargestellte) Partnergruppen **22**, **24**, **26** (Peer Groups) zu bilden. Jede Partnergruppe weist einen Partnergruppenführer auf (PGL – Peer Group Leader). In der Fig. 1 sind die PGL für Partnergruppen **22**, **24**, **26** durch dunkle Knoten **32**, **34**, **36** dargestellt. Ein PGL besitzt die zusätzliche Funktionalität der Darstellung der Partnergruppe als einen logischen Knoten auf der höheren Stufe der Hierarchie. Auf der untersten Stufe **104** werden die verschiedenen Partnergruppen zugehörigen, knotenverbindenden Verbindungsstrecken **28** Grenzverbindungsstrecken genannt. Die Knoten beidseitig einer Grenzverbindungsstrecke werden Grenzknoten genannt. Beispielsweise sind in der Fig. 1 Knoten A.2.4 und A.3.2 Grenzknoten.

[0021] Ähnlich dem OSPF können wirkungsvolle Leitwege nur durch Einsammeln von Informationen über Zustände der Knoten und der Verbindungsstrecken im Netz berechnet werden. Diese Informationen bilden die Topologieinformationen des Netzes. Der Verbindungszustand enthält Informationen wie verfügbare Bandbreite, mittlere Laufzeit auf der Verbindungsstrecke und die Spitzenzellenrate, die von der Verbindungsstrecke unterstützt werden kann. Der Knotenzustand enthält Summeninformationen über die Partnergruppe und die an das Vermittlungssystem angeschlossenen Endsysteme. Von jedem Knoten werden die Topologiezustandsinformationen in seiner Partnergruppe periodisch gefloodet. Mit diesen Informationen aktualisieren andere Knoten, die zur Partnergruppe gehören, ihre Datenbanken. So besitzt jeder Knoten in der Partnergruppe genaue Informationen über den Knoten und die Verbindungszustände aller Topologieelemente in der Partnergruppe. Der PGL sammelt die Informationen der Partnergruppe zusammen und floodet diese Summeninformationen in der Partnergruppe der höheren Stufe. Auf ähnliche Weise sammelt der PGL auch Summeninformationen über andere Partnergruppen durch ihre jeweiligen PGL. Vom PGL werden diese gesammelten Informationen in der Partnergruppe der niedrigeren Stufe gefloodet. So aktualisiert jeder Knoten in der niedrigeren Partnergruppe seine Datenbank mit den angesammelten Informationen über die Knoten in den anderen Partnergruppen. Die Unterhaltung dieser Informationen ist nicht sehr schwierig selbst für große Netze, da nur die angesammelten Informationen in den Knoten gespeichert sind. Dadurch läßt sich das PNNI-Protokoll leicht auf große Netze skalieren. Das gleiche Protokoll wird von den Knoten auf jeder Schicht der Hierarchie befolgt, und das Protokoll wird daher als rekursiv bezeichnet.

[0022] Das gegenwärtig spezifizierte Punkt-zu-Punkt-Leitweglenkungsprotokoll ist quellenbasierte Leitweglenkung. Die Quelle besitzt vollständige Informationen über alle Knoten und Verbindungsstrecken in ihren Partnergruppen, es sind aber nur angesammelte Informationen über die Knoten und Verbindungsstrecke in anderen Partnergruppen. Die Quelle kann nicht den genauen Weg zum Zielknoten bestimmen. Auf Grundlage der ihr zur Verfügung stehenden Informationen berechnet die Quelle einen logischen Weg zum Zielknoten. An diesem Weg können logische Knoten von höheren Schichten der Hierarchie beteiligt sein. Der eigentliche Weg auf jeder Stufe der Hierarchie wird während dem Verbindungsaufbau bestimmt. Der Weg ist von den QoS-Erfordernissen der Verbindung abhängig. Zur Herstellung der Verbindung und Aushandlung von QoS-Erfordernissen werden Zeichengabenachrichten benutzt.

PNNI-Zeichengabe

[0023] Zeichengabe ist der Mechanismus, mit dem die Verbindung in einem verbindungsorientierten Protokoll aufgebaut wird. Die Zeichengabe enthält Funktionen wie Ressourcenreservierung, Herstellung des virtuellen Kanals/Weges und QoS-Aushandlungen. Bei PNNI ist der Zeichengabemechanismus ähnlich der ATM-UNI-Zeichengabe, jedoch enthält PNNI zusätzliche Informationen wie beispielsweise die DTL-Liste (Designated Transit List), die den ungefähren Weg zum Aufbauen der Verbindung darstellt. Die DTL ist eine Menge von Wegen, einem für jede Hierarchiestufe. Auf der niedrigsten Stufe der Hierarchie ist der Weg ein physikalischer Weg zwischen zwei Knoten in einer Partnergruppe. Auf höheren Hierarchiestufen sind die Wege logische Wege. Innerhalb einer Partnergruppe durchläuft die SE-

TUP-Nachricht den bezeichneten Weg, bis sie einen Grenzknoten erreicht. Dieser Grenzknoten wird der Ausgangs-Grenzknoten oder der Austrittsknoten genannt. Die die Grenzknoten der zwei Partnergruppen verknüpfende Kante ist auf einer höheren Schicht als logische Verbindungsstrecke dargestellt. Wenn diese logische Verbindungsstrecke in der DTL vorhanden ist, wird die SETUP-Nachricht über die Grenzverbindung zur Nachbarpartnergruppe weitergegeben. Der Grenzknoten in der Nachbarpartnergruppe wird der Eingangs-Grenzknoten oder Eintrittsknoten genannt. Wenn sich der Zielknoten in dieser Partnergruppe befindet, wird der Weg zum Zielknoten vom Eintrittsknoten berechnet und an die DTL angehängt. Ansonsten berechnet der Eintrittsknoten den Weg zum Grenzknoten, der eine Verbindungsstrecke zur Partnergruppe aufweist, die sich auf dem Weg zum Zielknoten befindet. Der berechnete Weg wird an die DTL angehängt. Auch speichert der Eintrittsknoten diese Weginformationen, bis die Verbindung aufgebaut ist. Nur der Ursprungsknoten und die Eintrittsknoten können Wege zur DTL hinzufügen. Dies ist während Zurückverweisung wichtig, da es Schleifenbildung und unnötige wiederholte Erforschung ausgefallener Wege verhindern kann.

[0024] Zurückverweisung tritt ein, wenn ein Knoten auf einem vorbestimmten Weg keinen Weg durch seine Partnergruppe finden kann. Dies könnte auf Knoten- oder Verbindungsstreckenausfällen oder strikten QoS-Erfordernissen beruhen. Dieser Knoten informiert dann den Eintrittsknoten der Partnergruppe darüber, daß er keinen Weg finden kann. Der Eintrittsknoten kann dann alternative Wege zum Erreichen des Zieles versuchen. Sobald der Zielknoten erreicht ist oder kein Weg zur Verfügung steht, hält der Zeichengabemechanismus an. Wenn kein Weg verfügbar ist, wird der Verbindungsaufbau bisher gelöscht. Wenn der Zielknoten die Verbindung annimmt, wird eine CONNECT-Nachricht vom Ziel zur Quelle entlang dem hergestellten Weg (in der rückwärtigen Richtung) gesendet. Damit können alle Eintrittsknoten die gesamten Weginformationen löschen, die sie zur Unterstützung von Zurückverweisungen gespeichert haben.

[0025] Phase 1 des PNNI-Protokolls befaßt sich hauptsächlich mit Punkt-zu-Punkt-Leitweglenkung und Zeichengabe. Phase 2 des PNNI-Protokolls wird sich mit Punkt-zu-Mehrpunkt-Leitweglenkung befassen. Auf diesem Gebiet sind im Stand der Technik einige Arbeiten von F. C. Liaw, ATM Group Multicast Routing and Signalling Protocol: Architecture Overview (ATM-Gruppen-Mehrfachsendeleitweglenkungs- und Zeichengabeprotokoll: Architekturübersicht), ATM Forum Entwurf 94-0995, 1994, durchgeführt worden, in denen die Idee eines kernbasierenden Baums mit mehreren Kernknoten erwähnt wird. Obwohl die Idee mehrerer Kernknoten hier vorgestellt wird, bietet diese Arbeit nicht die Einzelheiten der Leitweglenkungs- und Zeichengabemechanismen in einem hierarchischen Rahmen. Dementsprechend besteht ein Bedarf zur Entwicklung eines hochskalierbaren Verfahrens für Mehrfachsendung in einem hierarchischen Rahmen, das auch hinsichtlich einer Kombination von Faktoren wie Bandbreitenverbrauch und Laufzeit wirkungsvoll ist und dabei einige Dienstgüte (QoS – Quality of Service) für jede der Verbindungen garantiert.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0026] Die Erfindung entspricht den unabhängigen Ansprüchen. Bevorzugte Ausführungsformen entsprechen den abhängigen Ansprüchen.

[0027] Ein erfindungsgemäßes Verfahren kann weiterhin das Anschließen eines Nicht-Kernknotens umfassen, der die Mehrfachsendegruppe mit dem Kernknoten in seiner Partnergruppe zusammenbringen möchte, wobei der Kernknoten dem Kernknoten einer Mutter-Partnergruppe auf dem Mehrfachsendebaum rekursiv beitritt, wenn der Kernknoten kein Teil des Mehrfachsendebaums ist.

[0028] Ein den Mehrfachsendebaum verlassender Nicht-Kernknoten kann sich selbst entfernen und die Kantenknoten zwischen dem Nicht-Kernknoten und seinem Nachbarn entfernen und ein den Mehrfachsendebaum verlassender Kernknoten ohne Zielknoten in seiner Partnergruppe wird sich möglicherweise von diesem abschneiden müssen.

[0029] Das Verfahren kann weiterhin folgende Schritte umfassen: Senden einer SETUP-Nachricht auf einem Knoten, der der Mehrfachsendegruppe beitreten möchte, zu einem Kernknoten in seiner Partnergruppe; und Reservieren von Ressourcen auf einer Verbindungsstrecke für eine Verbindung, wenn eine SETUP-Nachricht auf der Verbindungsstrecke von einem Knoten zum anderen weiterläuft, wobei ein Weg zu dem Kernknoten als eine DTL (Designated Transit List) ausgedrückt wird, wobei diese DTL ein ungefährer, durch Zeichengabenachrichten zu befolgender Weg ist. Die das eine Quelle erstellte DTL kann durch einen Eintrittsknoten in die Partnergruppe, einen Austrittsknoten von der Partnergruppe und einen Kernknoten der Partnergruppe modifiziert werden. Das Verfahren kann weiterhin das Senden einer RETRACE-Nachricht umfassen, wobei diese RETRACE-Nachricht nur bereits durch eine SETUP-Nachricht in einer entgegengesetzten Richtung durchlaufene Verbindungsstrecken durchläuft. Das Verfahren kann weiterhin das Senden einer CONNECT-Nachricht umfassen, wobei diese CONNECT-Nachricht von einem Knoten gesendet wird, an den ein beitretender Knoten angeschlossen ist, wobei diese CONNECT-Nachricht auf allen Verbindungsstrecken durchläuft, auf denen Ressourcen reserviert sind. Das Verfahren kann weiterhin das Sen-

den einer RELEASE-Nachricht umfassen, wobei diese RELEASE-Nachricht von irgendwelchen Zwischenknoten gesendet werden kann, wenn es unmöglich sein sollte, eine Verbindung herzustellen, wobei diese RELEASE-Nachricht auch zum Abschließen einer Verbindung gesendet wird, wobei diese RELEASE-Nachricht auf allen Verbindungsstrecken durchläuft, auf denen Ressourcen reserviert sind. Wenn sich bei Empfang der SETUP-Nachricht der Knoten nicht auf dem Mehrfachsendebaum befindet, kann dieser Knoten die DTL überprüfen und eine Nachricht zu einem nächsten Knoten in der DTL mit einem Zeiger weiterleiten, wobei, wenn dieser Knoten ein Austritts-Grenzknoten ist, dieser Knoten eine Liste der durch die SETUP-Nachricht besuchten Knoten sichert und diese Liste über eine Grenzverbindungsstrecke weiterleitet und wobei, wenn der Knoten ein Eintritts-Grenzknoten ist, dieser Knoten einen Weg zu einem Kernknoten der Partnergruppe berechnet, wobei dieser Weg in eine neue DTL umgewandelt und auf einen Stack geschoben wird, wobei diese SETUP-Nachricht dann gemäß den neuen DTL zum Kernknoten hin weitergeleitet wird. Wenn der Knoten ein Kernknoten ist, kann dieser Kernknoten bei Empfang dieser SETUP-Nachricht zuerst überprüfen, ob er aktiv ist, wobei, wenn er nicht aktiv ist, dieser Kernknoten einen Weg zu einer nächsten Partnergruppe in dem DTL berechnet, wobei dieser Weg in eine neue DTL umgewandelt und auf einen Stack geschoben wird, und wobei, wenn irgendein Knoten auf diesem Weg bereits durch die SETUP-Nachricht besucht worden ist, diese SETUP-Nachricht in eine RETRACE-Nachricht geändert wird. Einträge in der DTL können entfernt werden, bis ein erster Eintrag oben auf dem Stack ein besuchter Knoten ist und kein anderer Eintrag in der DTL ein besuchter Knoten ist, wobei diese RETRACE-Nachricht zu einem Knoten weitergeleitet wird, von dem aus diese SETUP-Nachricht empfangen wurde, wobei, wenn es keine besuchten Knoten auf diesem Weg gibt, diese SETUP-Nachricht gemäß der neuen DTL weitergeleitet wird. Bei Empfang der SETUP-Nachricht kann, wenn ein Kernknoten nicht aktiv ist und der DTL-Stack leer ist, dieser Kernknoten diese SETUP-Nachricht zu einem Kernknoten einer Mutter-Partnergruppe weiterleiten, wobei ein Weg zu einem Kernknoten der Mutter-Partnergruppe und einer entsprechenden neuen DTL berechnet wird und eine Überprüfung auf einen besuchten Knoten durchgeführt wird, wobei, wenn ein besuchter Knoten gefunden wird, diese SETUP-Nachricht in eine RETRACE-Nachricht geändert wird und die DTL abgeändert wird, und wobei, wenn keine besuchten Knoten gefunden werden, die SETUP-Nachricht entsprechend der neuen DTL weitergeleitet wird. Bei Empfang einer RETRACE-Nachricht kann, wenn ein erster Eintrag oben auf dem DTL-Stack keiner Knoten-ID oder einer Vorläufer-ID entspricht, die RETRACE-Nachricht zu einem Knoten weitergeleitet werden, von dem aus er die SETUP-Nachricht empfangen hat, wobei, wenn der Eintrag paßt, ein Weg zu einem nächsten Eintrag gemäß der DTL berechnet wird, eine Prüfung auf besuchte Knoten durchgeführt wird, wobei, wenn es einen besuchten Knoten gibt, die DTL abgeändert wird und die RETRACE-Nachricht zu dem Knoten weitergeleitet wird, von dem aus sie die SETUP-Nachricht empfangen hat, und wenn es keinen besuchten Knoten gibt, wird die RETRACE-Nachricht in eine SETUP-Nachricht geändert und gemäß der neuen DTL zum nächsten Knoten weitergeleitet. Für diese CONNECT-Nachricht können auf einer Verbindungsstrecke reservierte Ressourcen zugeordnet werden, wobei der Knoten diese Nachricht auf allen Verbindungsstrecken weiterleitet, auf denen eine SETUP empfangen wurde, mit Ausnahme einer Verbindungsstrecke, auf der die CONNECT empfangen wird. Für die RELEASE-Nachricht können auf einer Verbindungsstrecke reservierte Ressourcen freigegeben werden, wobei der Knoten diese Nachricht auf allen Verbindungsstrecken weiterleitet, auf denen eine SETUP empfangen/gesendet wurde, mit Ausnahme einer Verbindungsstrecke, auf der die RELEASE-Nachricht empfangen wird.

[0030] Das Kommunikationsnetz kann ein ATM-Netz und die Zellen ATM-Zellen sein.

[0031] Durch die vorliegende Erfindung werden die PNNI-Protokolle auf die Unterstützung von hierarchischer Mehrfachsendeleitweglenkung und -zeichengabe für ATM-Netze erweitert. Die Erfindung bedient sich einer Erweiterung eines kernbasierten Baumalgorithmus. Statt eines einzigen Kernknotens werden Kernknoten in jeder Partnergruppe und auf jeder Hierarchiestufe unterhalten. Der Vorteil dabei ist, daß ein einziger Kernknoten nicht überlastet wird. Zusätzlich steigert dies die Fehlertoleranz, da es keine einzigen Ausfallpunkte gibt. Es versteht sich, daß die vorliegende Erfindung aufgrund der hierarchischen Beschaffenheit von PNNI hoch skalierbar ist. Zusätzlich unterstützt das Verfahren mehrere Sender und dynamische Mitgliedschaftsänderungen in der Mehrfachsendegruppe. Dienstgüteerfordernisse können während des Verbindungsaufbaus ausgehandelt werden und sind im Verlauf der Verbindung garantiert. Obwohl einige zusätzliche topologische Informationen in den Partnergruppen gefloodet werden müssen, um wirkungsvolle Mehrfachsendungsleitwege zu berechnen, sind die Zusatzaufwände beim Verbindungsmanagement minimal. Der Mehrfachsendebaum wird schrittweise gebaut, und die Kosten des Baums sind mit den Kosten des unter Verwendung irgendwelcher Standardheuristiken berechneten Steiner-Baums vergleichbar.

[0032] In einer Ausführungsform der Erfindung ist ein Verfahren zum Mehrfachsenden von Zellen in einem Kommunikationsnetz aufgeführt. Das Kommunikationsnetz enthält eine Mehrzahl von durch Verbindungsstrecken aneinander gekoppelten Knoten und

umfaßt folgende Schritte: Aufteilen des Kommunikationsnetzes in eine hierarchische Anordnung von Partnergruppen, wobei eine Partnergruppe mindestens einen der darin enthaltenen Knoten umfaßt; Aufbauen eines Mehrfachsendebaums für eine Mehrfachsendegruppe, der alle teilnehmenden Knoten umfaßt, wobei ein teilnehmender Knoten entweder ein Sender oder Empfänger von Daten für die Mehrfachsendegruppe ist, wobei der Schritt des Aufbauens folgende Schritte umfaßt: Auswählen von Kernknoten für jede der Partnergruppen innerhalb der Mehrfachsendegruppe, wobei ein Knoten, der Teil der Mehrfachsendegruppe zu werden wünscht, sich bei dem Kernknoten in seiner Partnergruppe anmelden muß; und Flooding von Kernknoteninformationen örtlich in jeder der Partnergruppen, wobei die Knoten einer Partnergruppe nur Informationen über die Kernknoten von direkten Vorläufer-Partnergruppen unterhalten müssen. Zellen können mittels des Mehrfachsendebaums wirkungsvoll zu den Knoten in der Mehrfachsendegruppe mehrfachgesendet werden. Ein Partnergruppenführer wird für jede der Partnergruppen in dem Netz zum Ansammeln von Topologieinformationen von Knoten in der Partnergruppe und Flooding der Topologieinformationen in höheren Partnergruppen ausgewählt, wobei eine Liste logischer Kernknoten von Vorläufer-Partnergruppen von jedem Partnergruppenführer in einer Partnergruppe gefloodet wird.

Kurze Beschreibung der Figuren

[0033] Zum besseren Verständnis der vorliegenden Erfindung wird auf die nachfolgende Beschreibung von beispielhaften Ausführungsformen derselben verwiesen, betrachtet in Verbindung mit den beiliegenden Zeichnungen, in denen:

[0034] Fig. 1 eine Darstellung eines Mehrfachsendebaums in einer PNNI-Architektur und gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0035] Fig. 2 eine Darstellung eines Mehrfachsendebaums gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt, nachdem ein Knoten sich dem Mehrfachsendebaum anfügt;

[0036] Fig. 3 eine Darstellung des Mehrfachsendebaums zeigt, nachdem sich ein erster und zweiter Knoten anfügen;

[0037] Fig. 4 eine Darstellung eines Mehrfachsendebaums zeigt, nachdem ein Knoten die Mehrfachsendegruppe verläßt; und

[0038] Fig. 5 eine Darstellung für eine beispielhafte Architektur zur Zeichengabe gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

Ausführliche Beschreibung

[0039] Die vorliegende Erfindung beschreibt eine Methodik zur Mehrfachsendeleitweglenkung im PNNI-Rahmen. Das Verfahren ist sehr auf große Netze skalierbar, da Router nur einen Baum pro Mehrfachsendegruppe unterhalten müssen. Das Verfahren unterstützt dynamische Mitgliedschaft an einer Mehrfachsendegruppe, indem Knoten der Mehrfachsendegruppe im Verlauf der Mehrfachsendung beitreten können oder sie verlassen können. Auch werden mehrere Sender zu der Mehrfachsendegruppe unterstützt, wodurch Realisierung einer echten Mehrpunkt-zu-Mehrpunkt-Verbindung ermöglicht wird. Zusätzlich kann der Mehrfachsendebaum dynamisch geändert werden, um Änderungen der Knoten- und Verbindungszustände widerzuspiegeln. Auch weist die Erfindung eine sehr geringe Latenzzeit auf, d.h. die Beitrittszeit eines neuen Knotens ist wesentlich gering.

[0040] Um die Mehrfachsendeleitweglenkung zu erzielen, bedient sich die vorliegende Erfindung einer Erweiterung einer CBT-Methodik (Core Based Tree). Einer der Nachteile von CBT-Algorithmen des Standes der Technik besteht darin, daß der Kernknoten zum Engpaß und zu einem einzigen Ausfallpunkt wird. Um diesen Nachteil zu überwinden, benutzt die vorliegende Erfindung mehr als einen Kernknoten pro Mehrfachsendegruppe. Im PNNI-Rahmen ergibt die Einführung eines Kernknotens in jede der Partnergruppen, die im Bereich der Mehrfachsendung liegt, einen hoch modularen Algorithmus. Logische Kernknoten werden auch auf höheren Ebenen der Hierarchie eingeführt. Unter Verwendung dieser Kernknoten wird ein Mehrfachsendebaum gebaut, um alle teilnehmenden Knoten zu umfassen, wobei ein teilnehmender Knoten entweder ein Sender oder ein Empfänger von Daten für die Mehrfachsendegruppe ist. Die Auswahl von Kernknoten ist sehr kritisch, da eine falsche Menge Kernknoten die Leistung des Algorithmus beeinträchtigen kann. Obwohl die Untersuchung verschiedener Verfahren zur Kernknotenauswahl den Rahmen der vorliegenden Erfindung überschreitet, sind einige Kriterien enthalten, die zu der Bestimmung guter Kandidaten für den Kernknoten beitragen werden.

Kernknotenauswahl

[0041] Wenn eine Mehrfachsendegruppe aufgebaut wird, werden auch die Kernknoten für diese Gruppe ausgewählt, wobei jede Gruppe ihre eigene Menge Kernknoten aufweist. Zur Berechnung wirkungsvoller Mehrfachsendebäume ist es wichtig, die richtige Menge Kernknoten zu besitzen. Grenzknoten sind gute Kandidaten für Kernknoten. Dies ergibt intuitiven Sinn, da Grenzknoten mit größerer Wahrscheinlichkeit ein Teil des Mehrfachsendebaums sind. Auch bilden Knoten mit größerem Grad bessere Kernkno-

ten. Da Kernknoten hohe Bandbreite bearbeiten müssen, ist es klar, daß Knoten ohne genügend Bandbreite eine schlechte Wahl als Kernknoten darstellen. Es läßt sich nicht beweisen, daß eines dieser Kriterien wichtiger als das andere ist, jedoch scheint ein Grenzknoten mit einem großen Grad und ausreichender Bandbreite die beste Wahl als Kernknoten zu sein. Es versteht sich, daß Sorgfalt ausgeübt werden muß, daß die gleichen Knoten nicht als Kernknoten für mehrere Mehrfachsendegruppen ausgewählt werden, da schwerbelastete Kernknoten die Leistung beeinträchtigen.

[0042] Sobald die Kernknoten ausgewählt sind, werden Kernknoteninformationen örtlich in jeder Partnergruppe gefloodet. Auch wird eine Liste logischer Kernknoten von Vorläufer-Partnergruppen vom Partnergruppenführer (PGL – Peer Group Leader) gefloodet. Der Betrag an gefloodeter Information ist minimal, da die Knoten einer Partnergruppe keine Information über Kernknoten von Partnergruppen unterhalten müssen, die nicht direkte Vorläufer sind. Dieses Flooding kann zusammen mit dem Flooding von Topologiezustandsinformationen aufgenommen werden. Nach Auswahl wird angenommen, daß sich die Kernknoten nicht ändern, es versteht sich jedoch, daß diese Einschränkung nicht bindend ist.

[0043] Bei der vorliegenden Erfindung wird ein Kernknoten als aktiv definiert, wenn es einen teilnehmenden Knoten in der gleichen Partnergruppe gibt, zu dem der Kernknoten gehört. Die vorliegende Erfindung erfordert, daß folgende Bedingungen zu allen Zeiten erfüllt werden alle aktiven Kernknoten müssen sich auf dem Mehrfachsendebaum befinden; wenn es einen zu einer bestimmten Partnergruppe gehörenden Zwischenknoten (nichtteilnehmenden Knoten, der sich auf dem Mehrfachsendebaum befindet) gibt, muß sich der entsprechende Kernknoten auf dem Mehrfachsendebaum befinden; und wenn es keinen teilnehmenden Knoten in einer bestimmten Partnergruppe gibt, müssen der entsprechende Kernknoten und die Zwischenknoten dieser Partnergruppe vom Mehrfachsendebaum abgeschnitten werden, vorausgesetzt, daß der Baum dadurch nicht abgetrennt wird. Diese Bedingungen ergeben einen gut ausgeglichenen Baum und Zufügung und Löschungen teilnehmender Knoten können mit minimaler Latenzzeit durchgeführt werden.

Vom Teilnehmer eingeleiteter Beitritt (PIJ – Participant-Initiated Join)

[0044] Wenn im PIJ-Mechanismus (Participant-Initiated Join) ein (als beitretender Knoten bezeichneter) Knoten der Mehrfachsendegruppe beitreten möchte, versucht der beitretende Knoten, sich an den Kernknoten in seiner Partnergruppe anzuschließen. Der kürzeste Weg zum Kernknoten kann leicht bestimmt werden, da der Knoten und die Verbindungszustände in der Partnergruppe allen Knoten in der Partnergruppe vollständig bekannt sind. Zum Kernknoten wird entlang dieses kürzesten Weges eine Aufbaunachricht gesendet. Wenn unterwegs die Nachricht einen Knoten erreicht, der sich bereits auf dem Mehrfachsendebaum befindet, schließt sich der beitretende Knoten an diesen bestimmten Knoten an und wird zu einem Teil des Mehrfachsendebaums.

[0045] Es kann geschehen, daß sich der Kernknoten in der Partnergruppe des beitretenden Knotens gegenwärtig nicht auf dem Mehrfachsendebaum befindet. Der Kernknoten versucht dann, dem Kernknoten der Mutter-Partnergruppe beizutreten. Die Leitweglenkung wird rekursiv auf jeder Hierarchiestufe verfolgt, bis ein aktiver Kernknoten oder der Kernknoten der obersten Partnergruppe erreicht wird. Daraus ergibt sich das Aufbauen eines Backbone-Baums, der aus aktiven Kernknoten besteht. Der beitretende Knoten zusammen mit allen beteiligten Kernknoten wird dann zu einem Teil des Mehrfachsendebaums.

[0046] Der PIJ-Mechanismus der vorliegenden Erfindung läßt sich weiterhin unter Bezugnahme auf Fig. 1 erläutern. Fig. 1 zeigt ein hierarchisches Netz **10** gemäß der vorliegenden Erfindung, in dem die dunklen Knoten für Kernknoten repräsentativ sind. Es ist ein Mehrfachsendebaum dargestellt, wobei anfänglich die Knoten A, A.2 und A.2.1 sich auf dem Mehrfachsendebaum befinden. Wenn sich der Knoten A.3.5 an den Mehrfachsendebaum anzufügen wünscht, fügt er sich zuerst an den Kernknoten in seiner Partnergruppe **23**, das heißt Knoten A.3.1 an. Da A.3.1 selbst sich nicht auf dem Mehrfachsendebaum befindet, wird der Algorithmus rekursiv auf der nächsthöheren Stufe **80** ausgeführt, mit dem Ergebnis, daß der Knoten A.3 sich dem Kernknoten A.2 anfügt. Der sich ergebende Baum **40** ist in Fig. 2 dargestellt. Wenn nun der Knoten B.2.5 der Mehrfachsendegruppe beitreten will, fügt er sich zuerst an den Knoten B.2.1 an. Auf Stufe **80** fügt sich B.2 an B.1 an. Die logische Verbindungsstrecke (B.2–B.1) sei durch die physikalische Verbindungsstrecke (**42**) B.2.2–B.1.4 dargestellt. Auf Stufe **104** wird der physikalische Weg (B.2.1, B.2.2, B.1.4, B.1.1) an den Mehrfachsendebaum angehängt. Da sich B.1 selbst nicht auf dem Baum befindet, fügt sich der Knoten B auf Stufe **64** an den Knoten A an. Die logische Verbindungsstrecke (B–A) sei durch die logische Verbindungsstrecke B.1.2–A.3.4 dargestellt. Daraus ergibt sich, daß der Weg (B.1.1, B.1.2, A.3.4) an den Mehrfachsendebaum angehängt wird. Der sich ergebende Baum **50** ist in Fig. 3 dargestellt. Knoten B.1.3 und B.1.5 können leicht der Mehrfachsendegruppe beitreten, indem sie sich an Knoten B.1.2 bzw. B.1.4 anschließen. So verbessert sich die Latenzzeit des Beitretens bei diesem Algorithmus bedeutend.

Löschung von Knoten

[0047] Bei der Beschreibung der Löschung von Knoten aus einer Mehrfachsendegruppe sei der Mehrfachsendebaum, der alle teilnehmenden Knoten und die aktiven Kernknoten verbindet, als Graph angesehen. Wenn ein teilnehmender Knoten mit höherem Grad als 1 versucht, die Mehrfachsendegruppe zu verlassen, bleibt er als Zwischenknoten auf dem Mehrfachsendebaum. Wenn ein teilnehmender Knoten mit einem Grad 1 versucht, die Mehrfachsendegruppe zu verlassen, schneidet er sich vom Baum ab, vorausgesetzt, daß er kein Kernknoten ist. Dieses Abschneiden kann bewirken, daß der Grad des Nachbarknotens 1 wird. Der Nachbarknoten schneidet sich dann selbst ab, wenn er weder der Kernknoten noch ein teilnehmender Knoten ist. Dieser Vorgang wiederholt sich und bewirkt eine Kaskade von Abschneidungen. Diese Kaskade geht solange weiter, bis ein teilnehmender Knoten oder ein Kernknoten oder ein Knoten mit einem höheren Grad als 1 erreicht wird.

[0048] Jedes Mal, wenn ein teilnehmender Knoten die Mehrfachsendegruppe verläßt, wird auch der Kernknoten in dieser Partnergruppe informiert. Wenn der Kernknoten feststellt, daß es keine weiteren teilnehmenden Knoten in seiner Partnergruppe gibt, kann er sich aus dem Mehrfachsendebaum löschen, vorausgesetzt, daß dadurch nicht der Baum abgetrennt wird. Dies geschieht auch auf der logischen Ebene. Die Löschung einer logischen Verbindung bewirkt, daß auch irgendwelche physikalischen Knoten gelöscht werden. Durch das Abschneiden werden die Kosten des Baums in vernünftigen Grenzen gehalten, besonders, wenn es wenige teilnehmende Knoten gibt.

[0049] Bezug nehmend auf Fig. 4 ist ein Beispiel mit teilnehmenden Knoten B.2.5, B.1.3, B.1.5 und A.3.5 für die Löschung von Knoten in der Mehrfachsendung des Netzes **10** dargestellt. Wie ersichtlich werden, wenn der Knoten B.2.5 die Mehrfachsendegruppe zu verlassen wünscht, die Knoten B.2.5 und B.2.4 abgeschnitten. Auf Stufe **80** stellt Knoten B.2 fest, daß es keine teilnehmenden Knoten in der von ihm vertretenen Partnergruppe gibt. So schneidet sich der Knoten B.2 selbst ab, mit dem Ergebnis, daß Knoten B.2.1 und B.2.2 sich selbst von dem Mehrfachsendebaum abschneiden. Der sich ergebende Baum **60** ist in der Fig. 4 dargestellt. Wenn nunmehr B.2.5 wieder der Mehrfachsendegruppe beitreten möchte und die Verbindungsstreckenzustände sich geändert haben, könnte ein unterschiedlicher Weg an dem bestehenden Baum angehängt werden. Diese dynamische Erstellung von Baum trägt dazu bei, die QoS-Erfordernisse der Verbindung unter unterschiedlichen Knoten- und Verbindungszuständen zu erfüllen.

Zeichengabemechanismen

[0050] Um einen Knoten zu einem bereits bestehenden Mehrfachsendebaum hinzuzufügen, wird irgendeine Art von Zeichengabemechanismus benötigt. Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird eine Partner-zu-Partner-Implementierung beschrieben, jedoch würde der Fachmann verstehen, daß andere Weisen zur Implementierung des gegenständlichen Leitweglenkungsalgorithmus zur Verfügung stehen. Bei dem Partner-zu-Partner-Verfahren wird die Mehrfachsendegruppe durch eine logische Mehrfachsendungsadresse vertreten. Alle an der Mehrfachsendegruppe interessierten Knoten sind teilnehmende Knoten. Es gibt keine Wurzel- oder Astknoten. Der Knoten, der der Mehrfachsendegruppe beizutreten wünscht, sendet eine SETUP-Nachricht zu dem Kernknoten in seiner Partnergruppe. Der Weg zum Kernknoten wird als DTL (Designated Transit List) ausgedrückt, wie hinsichtlich der PNNI-Zeichengabe erläutert worden ist und wie ein Fachmann es verstehen würde. Dies ist ein Point-zu-Point-Mechanismus in dem Sinn, daß ein Zweig gewöhnlich dem bestehenden Mehrfachsendebaum hinzugefügt wird. Da Kernknoten beteiligt sind, kann es geschehen, daß Kernknoten auch als zusätzliche Zweige dem Baum hinzugefügt werden. Zufügung von mehr als einem Zweig zum Hinzufügen eines einzelnen Knotens ist ein ausgeprägtes Merkmal der vorliegenden Erfindung.

[0051] Die Grundarten von Nachrichten für den Zeichengabemechanismus der vorliegenden Erfindung sind eine SETUP-Nachricht, RETRACE-Nachricht, CONNECT-Nachricht und RELEASE-Nachricht. Die SETUP-Nachricht entsteht am beitretenden Knoten zum Aufbauen einer Verbindung. Das Ziel dieser Nachricht ist entweder ein Knoten auf dem Mehrfachsendebaum oder der Kernknoten in der Partnergruppe. Wenn diese Nachricht auf einer Verbindungsstrecke von einem Knoten zu einem anderen läuft, werden Ressourcen für die Verbindung auf dieser Verbindungsstrecke reserviert. Diese Nachricht führt die DTL-Liste (Designated Transit List), die den von den Zeichengabenachrichten zu verfolgenden annähernden Weg bildet. Dieser Weg wird von der Quelle der Nachricht in quellenbasierter Leitweglenkung berechnet. Bei der vorliegenden Erfindung kann die durch die Quelle erstellte DTL durch einen Eintrittsknoten zur Partnergruppe, einen Austrittsknoten von der Partnergruppe und einen Kernknoten der Partnergruppe modifiziert werden. Man beachte, daß sich dies sehr von der PNNI-Zeichengabe unterscheidet, wo nur die Quelle und der Eintrittsknoten die DTL modifizieren können.

[0052] Die RETRACE-Nachricht ist eine neue Art Nachricht, die Informationen ähnlich der SETUP-Nachricht führt. Ein Schlüsselunterschied ist jedoch, daß keine Ressourcen auf den Verbindungs-

strecken reserviert werden. Weiterhin läuft die RETRACE-Nachricht nur auf den bereits von der SETUP-Nachricht durchlaufenen Verbindungsstrecken und in der entgegengesetzten Richtung.

[0053] Die CONNECT-Nachricht wird von dem Knoten gesendet, an den sich der beitretende Knoten anschließt. Man beachte, daß dieser Knoten bereits ein Teil des Mehrfachsendebaums sein muß. Die Nachricht durchläuft alle Verbindungsstrecken, auf denen Ressourcen reserviert sind. Wenn ein Knoten die CONNECT-Nachricht empfängt, aktualisiert er seine Leitwegtabellen, um das Aufbauen der Verbindung anzuzeigen.

[0054] Die RELEASE-Nachricht kann von einem beliebigen der Zwischenknoten gesendet werden, sollte es nicht möglich sein, die Verbindung herzustellen, oder zum Abschließen der Verbindung. Diese Nachricht durchläuft auch alle Verbindungsstrecken, auf denen Ressourcen reserviert sind. Die Ressourcen werden bei Empfangen dieser Nachricht freigegeben.

[0055] Bei Empfang einer bestimmten Nachricht sind die von einem Knoten unternommenen Handlungen von der Art der Nachricht abhängig. Wenn sich der Knoten beispielsweise bei der SETUP-Nachricht bereits auf dem Baum befindet, sendet der Knoten eine CONNECT/RELEASE-Nachricht zum beitretenden Knoten, je nachdem, ob die Verbindung angenommen/abgewiesen wird. Die Nachricht verfolgt den Rückweg zum beitretenden Knoten.

[0056] Wenn sich der Knoten nicht auf dem Mehrfachsendebaum befindet, überprüft er die DTL und leitet die Nachricht zum nächsten Knoten in der DTL weiter und leitet auch den Zeiger weiter. Wenn der Knoten ein Austritts-Grenzknoten ist, sichert er die Liste der durch die SETUP-Nachricht besuchten Knoten und leitet die Nachricht über die Grenzverbindungsstrecke weiter. Wenn der Knoten ein Eintritts-Grenzknoten ist, berechnet er den Weg zum Kernknoten der Partnergruppe. Der Weg wird in DTL-Format umgewandelt und auf den Stack geschoben. Die SETUP-Nachricht wird dann gemäß der neuen DTL (in Richtung des Kernknotens) weitergeleitet.

[0057] Wenn der Knoten ein Kernknoten ist, prüft er zuerst, ob er aktiv ist, wenn ja, dann muß er auf dem Baum sein, wobei dieser Fall schon oben besprochen worden ist. Wenn er nicht aktiv ist, berechnet der Kernknoten den Weg zur nächsten Partnergruppe in der DTL. Dieser Weg wird in eine DTL umgewandelt und auf den Stack geschoben. Wenn irgendein Knoten auf diesem Weg bereits von der SETUP-Nachricht besucht worden ist (dies kann unter Verwendung der Liste besuchter Knoten festgestellt werden), wird die SETUP-Nachricht in eine RETRACE-Nachricht geändert. Die Einträge in der DTL werden entfernt, bis der erste Eintrag oben der besuchte Knoten ist und kein weiterer Eintrag in der DTL ein besuchter Knoten ist. Die RETRACE-Nachricht wird zu dem Knoten weitergeleitet, von dem die SETUP-Nachricht empfangen wurde. Wenn es keine besuchten Knoten auf dem berechneten Weg gibt, wird die SETUP-Nachricht gemäß der neuen DTL weitergeleitet.

[0058] Wenn der Kernknoten nicht aktiv ist und der DTL-Stack leer ist, leitet der Kernknoten die SETUP-Nachricht in Richtung des Kernknotens der Mutter-Partnergruppe weiter. Der Weg zu diesem Kernknoten und der entsprechenden DTL wird berechnet. Wiederum wird eine Überprüfung auf einen besuchten Knoten durchgeführt. Sollte ein besuchter Knoten gefunden werden, wird die Nachricht in eine RETRACE geändert, und die DTL wird wie oben erläutert abgeändert. Wenn keine besuchten Knoten gefunden werden, wird die SETUP-Nachricht gemäß der neuen DTL weitergeleitet.

[0059] Sollte im Fall der RETRACE-Nachricht der erste Eintrag oben auf dem DTL-Stack nicht mit der Knoten-ID oder ihrer Vorläufer-ID übereinstimmen, wird die RETRACE-Nachricht in Richtung des Knotens weitergeleitet, von dem er die SETUP-Nachricht empfangen hat.

[0060] Wenn der Eintrag paßt, dann wird der Weg (und die neue DTL) zum nächsten Eintrag gemäß der DTL berechnet. Es wird wieder eine Prüfung auf besuchte Knoten durchgeführt. Wenn es einen besuchten Knoten gibt, wird die DTL wie oben erläutert modifiziert und die RETRACE-Nachricht wird in Richtung des Knotens weitergeleitet, von dem er die SETUP-Nachricht empfangen hat. Wenn es keine besuchten Knoten gibt, wird die RETRACE-Nachricht in eine SETUP-Nachricht geändert und gemäß der neuen DTL zum nächsten Knoten weitergeleitet.

[0061] Für die CONNECT/RELEASE-Nachricht werden die auf der Verbindungsstrecke reservierten Ressourcen zugeordnet/freigegeben. Vom Knoten wird diese Nachricht auf allen Verbindungsstrecken weitergeleitet, auf denen eine SETUP empfangen/gesendet wurde, außer der Verbindungsstrecke, auf der die vorliegende CONNECT/RELEASE empfangen wird. Es ist zu beachten, daß diese Nachricht auf allen durch die SETUP-Nachricht durchlaufenen Verbindungsstrecken durchläuft, aber in der entgegengesetzten Richtung.

Ein Zeichengabebeispiel

[0062] Bezug nehmend auf Fig. 5 ist eine beispielhafte Darstellung des Zeichengabemechanismus der vorliegenden Erfindung unter Verwendung des Netzes **200** dargestellt. Nach der Darstellung in Fig. 5

sind dunkle Knoten für Kernknoten repräsentativ. Im vorliegenden Beispiel nehme man an, daß sich Knoten B.1.1 bereits auf dem Mehrfachsendebaum befindet. Wenn nunmehr Knoten A.3.4 der Mehrfachsendegruppe beizutreten wünscht, sendet er zuerst eine SETUP-Nachricht in Richtung des Kernknotens in seiner Partnergruppe (Knoten A.3.1). Die SETUP-Nachricht wird zum Knoten A.3.1 weitergeleitet. Da Knoten A.3.1 nicht aktiv ist und der DTL-Stack leer ist, versucht der Knoten, sich dem Kernknoten A.1 der Mutter-Partnergruppe anzuschließen. Der Weg zum Kernknoten A.1 sei durch die Partnergruppe A.4. Die DTL für den Weg sieht folgendermaßen aus:
(A.3.1, A.3.2) Zeiger 1
(A.3, A.4, A.1) Zeiger 1

[0063] Zusammen mit der DTL wird auch eine Liste von durch die SETUP-Nachricht in der gegenwärtigen Partnergruppe besuchten Knoten weitergegeben. Diese wird vom Eintritts-, Austritts- und Kernknoten zur Bestimmung von schleifenlosen Wegen benutzt.

[0064] Die SETUP-Nachricht wird zum Knoten A.3.2 weitergeleitet. Da Knoten A.3.2 ein Austrittsknoten ist, erinnert er sich an die Liste besuchter Knoten (nämlich Knoten A.3.4, A.3.1 und A.3.2). Er leitet dann die SETUP-Nachricht über die Grenzverbindungsstrecke **204** zum Knoten A.4.4 weiter. Da A.4.4 ein Eintritts-Grenzknoten ist, berechnet er den Weg zu seinem Kernknoten (Knoten A.4.2). Dieser Weg sei durch A.4.1. Die DTL ist hier wie folgt:
(A.4.4, A.4.1, A.4.2) Zeiger 1
(A.3, A.4, A.1) Zeiger 2

[0065] Die SETUP-Nachricht wird durch A.4.1 zum Knoten A.4.2 weitergeleitet. Da A.4.2 ein Kernknoten ist, der nicht aktiv ist, und der DTL-Stack nicht leer ist, berechnet er einen Weg zur Partnergruppe A.1. Dieser Weg sei durch Knoten A.4.3. Die DTL sieht nun wie folgt aus:
(A.4.2, A.4.3, A.4.4) Zeiger 1
(A.3, A.4, A.1) Zeiger 2

[0066] Da der Knoten A.4.4 bereits von der SETUP-Nachricht besucht worden ist, wird die Nachrichtenart in eine RETRACE-Nachricht geändert und die DTL wird wie folgt geändert:
(A.4.4) Zeiger 1
(A.3, A.4, A.1) Zeiger 2

[0067] Die RETRACE-Nachricht wird zu dem Knoten weitergeleitet, von dem aus die SETUP-Nachricht empfangen wurde (Knoten A.4.1) und dann zu A.4.4. Nun entspricht der erste Eintrag oben auf dem Stack der Knoten-ID. Dementsprechend wird ein Weg zur Partnergruppe A.1 berechnet.

[0068] Da der Knoten A.4.4 selbst ein Austritts-Grenzknoten ist, gibt es keine besuchten Knoten auf dem Weg. So wird die RETRACE-Nachricht in eine SETUP-Nachricht geändert und über die Grenzverbindungsstrecke zum Knoten A.1.4 weitergeleitet. Da A.1.4 ein Eintrittsknoten ist, findet er den Weg zu seinem Kernknoten. Die DTL sieht nun wie folgt aus:
(A.1.4, A.1.1) Zeiger 1
(A.3, A.4, A.1) Zeiger 3

[0069] Wenn A.1.1 die SETUP-Nachricht empfängt, wird der DTL-Stack leer. Da der Knoten A.1.1 nicht aktiv ist, leitet er die SETUP-Nachricht zum Kernknoten seiner Mutter-Partnergruppe (Knoten A.1) weiter. Da wir uns bereits in der Partnergruppe A.1 befinden, wird die SETUP-Nachricht zum Kernknoten in seiner Mutter-Partnergruppe (Knoten B) weitergeleitet. Es wird der Weg zur Partnergruppe B berechnet. Der Weg soll durch Partnergruppen A.2, A.3 und A.5 laufen. Die DTL für diesen Weg ist:
(A.1.1, A.1.2) Zeiger 1
(A.1, A.2, A.3, A.5) Zeiger 1
(A, B) Zeiger 1

[0070] Es stellt sich jedoch heraus, daß der Knoten A.3 bereits von der SETUP-Nachricht besucht worden ist (was dem Knoten A.1 bekannt ist). SETUP wird in die RETRACE-Nachricht geändert, und die DTL wird wie folgt geändert:
(A.3, A.5) Zeiger 1
(A, B) Zeiger 1

[0071] Die RETRACE-Nachricht wird zum Knoten A.1.4 weitergeleitet, der sie zu A.4.4 und dann zu A.3.2 weiterleitet. Nun entspricht der erste Eintrag oben auf dem Stack der Vorläufer-ID des Knotens A.3.2. Es wird der Weg zur Partnergruppe A.5 berechnet. Für das vorliegende Beispiel soll der Weg durch A.3.1 und A.3.4 laufen. Die DTL für diesen Weg ist:
(A.3.2, A.3.1, A.3.4) Zeiger 1
(A.3, A.5) Zeiger 1
(A, B) Zeiger 1

[0072] Da A.3.4 bereits von der SETUP-Nachricht besucht wird, wird die SETUP-Nachricht in eine RETRACE-Nachricht geändert. Die DTL wird folgendermaßen geändert:
(A.3.4) Zeiger 1
(A.3, A.5) Zeiger 1
(A, B) Zeiger 1

[0073] Die RETRACE-Nachricht wird zu dem Knoten weitergeleitet, von dem aus der Knoten A.3.2 die SETUP-Nachricht empfangen hat (Knoten A.3.1). Vom Knoten A.3.1 wird die RETRACE-Nachricht zu A.3.4 weitergeleitet. Nun entspricht der erste Eintrag oben auf dem Stack der Knoten-ID. So wird ein Weg zur Partnergruppe A.5 berechnet. Die Nachricht wird in SETUP geändert, da es keine weiteren besuchten Knoten gibt. Die SETUP-Nachricht wird nunmehr

zum Knoten A.5.1 weitergeleitet. A.5.1 ist ein Kernknoten, und der DTL-Stack ist nicht leer. So wird der Weg zur Partnergruppe B berechnet. Die SETUP-Nachricht wird dann zum Knoten A.5.4 und dann zum Knoten B.1.3 weitergeleitet.

[0074] Da der Knoten B.1.3 ein Eintrittsknoten ist, berechnet er den Weg zu seinem Kernknoten (Knoten B.1.1). Wenn B.1.1 die SETUP-Nachricht empfängt, ist er bereits aktiv (auf dem Mehrfachsendebaum). Er sendet daher eine CONNECT-Nachricht zum Knoten A.3.4. Diese Nachricht durchläuft alle Verbindungsstrecken, auf denen die Ressourcen reserviert wurden. Wenn die Nachricht den Knoten A.3.4 erreicht, ist die Verbindung hergestellt.

[0075] Der Zeichengabemechanismus der vorliegenden Erfindung ist insofern vorteilhaft, als schleifenfreie Verbindungen erstellt werden, wenn ein neuer Knoten sich an den Mehrfachsendebaum anfügt. Als Beweis für diese Behauptung betrachte man eine bestimmte Partnergruppe auf der untersten Stufe. Wege werden der DTL nur unter den folgenden Umständen hinzugefügt:

(i) Eine SETUP-Nachricht erreicht den Eintrittsknoten.

Da der Eintrittsknoten in diesem Stadium der einzige besuchte Knoten in der Partnergruppe ist, kann durch irgendeinen der DTL hinzugefügten Weg keine Schleife erstellt werden.

(ii) Eine SETUP-Nachricht erreicht den Kernknoten.

Wenn der zugefügte Weg einen besuchten Knoten aufweist, wird eine RETRACE-Nachricht auf dem Rückweg weitergeleitet, bis der besuchte Knoten erreicht wird. Dadurch wird die Möglichkeit einer Erstellung einer Schleife eliminiert.

(iii) Eine RETRACE-Nachricht erreicht den Austrittsknoten.

Wenn der zugefügte Weg einen besuchten Knoten aufweist, wird eine RETRACE-Nachricht auf dem Rückweg weitergeleitet, bis der besuchte Knoten erreicht wird. Dadurch wird die Möglichkeit der Erstellung einer Schleife eliminiert.

[0076] Wie ersichtlich ist, wird durch keinen der obigen Zustände eine Schleife erzeugt. Da dieses Argument rekursiv auf alle Stufen der Hierarchie erweitert werden kann, wird durch den Zeichengabemechanismus daher sichergestellt, daß die hergestellte Verbindung schleifenfrei ist. Es versteht sich, daß ähnliche Mechanismen zum Löschen eines Knotens aus dem Mehrfachsendebaum benutzt werden können.

[0077] Ein attraktives Merkmal des Mehrfachsende-Leitweglenkungsverfahrens der vorliegenden Erfindung ist seine Einfachheit. Da Knoten auf jeder Stufe denselben Algorithmus befolgen, ist die Erfindung sehr leicht zu implementieren. Es sind sehr geringe Informationen über die Mitgliedschaft bei Mehrfachsendegruppen zur Bestimmung eines Weges erforderlich. Es wird nur die Liste von Kernknoten der Partnergruppe und ihrer Vorläufer in einer Partnergruppe gefloodet. Es besteht daher ein minimaler Zusatzaufwand bei der Implementierung.

[0078] Ein vermeintlicher Nachteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß der Zeichengabemechanismus unterschiedliche Nachrichtenarten umfaßt und etwas kompliziert erscheint. Auch kann die Bedingung, daß aktive Kernknoten ein Teil des Mehrfachsendebaums sein müssen, verschobene Bäume ergeben, wobei verschobene Bäume zu einer Verschwendung von Bandbreite führen. Das geschieht, wenn es sehr wenige teilnehmende Knoten gibt und die Kernknoten weit von den teilnehmenden Knoten entfernt sind. Durch den Zeichengabemechanismus der vorliegenden Erfindung wird jedoch sichergestellt, daß jedes Mal, wenn ein Knoten sich an einen bereits bestehenden Mehrfachsendebaum anfügt, keine Schleifen entstehen. Weiterhin liegen die Kosten des durch diesen Algorithmus erzeugten Baums nicht weit von den Kosten des durch Steiner-Heuristiken erzeugten pseudooptimalen Baums entfernt, und der Baum erfüllt die Eigenschaft, daß alle Knoten mit Grad 1 entweder Zielknoten oder Kernknoten sind.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Mehrfachsenden von Zellen in einem Kommunikationsnetz (**10**), das eine Mehrzahl von durch Verbindungsstrecken (**42**) aneinander angekoppelten Knoten umfaßt, mit folgenden Schritten:
Aufteilen des Kommunikationsnetzes in eine hierarchische Anordnung von Partnergruppen (**22**, **23**), wobei eine Partnergruppe mindestens einen der darin enthaltenen Knoten umfaßt;
Aufbauen eines Mehrfachsendebaums (**40**) für eine Mehrfachsendegruppe, der alle teilnehmenden Knoten umfaßt, wobei ein teilnehmender Knoten entweder ein Sender oder Empfänger von Daten für die Mehrfachsendegruppe ist, wobei der Schritt des Aufbauens folgende Schritte umfaßt:
Auswählen von Kernknoten für jede der Partnergruppen innerhalb der Mehrfachsendegruppe, wobei ein Knoten, der Teil der Mehrfachsendegruppe zu werden wünscht, sich bei dem Kernknoten in seiner Partnergruppe anmelden muß;
Flooding von Kernknoteninformationen örtlich in jeder der Partnergruppen, wobei die Knoten einer Partnergruppe nur Informationen über die Kernknoten von direkten Vorläufer-Partnergruppen unterhalten müssen; und
wobei die Zellen mittels des Mehrfachsendebaums zu den Knoten in der Mehrfachsendegruppe mehrfachgesendet werden können.

2. Verfahren nach Anspruch 1, weiterhin mit folgendem Schritt:

Auswählen eines Partnergruppenführers für jede der Partnergruppen in dem Netz zum Ansammeln von Topologieinformationen von Knoten in der Partnergruppe und Flooding der Topologieinformationen in höheren Partnergruppen, wobei eine Liste logischer Kernknoten von Vorläufer-Partnergruppen von jedem Partnergruppenführer in einer Partnergruppe gefloodet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei ein Kernknoten aktiv ist, wenn sich ein teilnehmender Knoten in der gleichen Partnergruppe befindet, zu der der Kernknoten gehört, und weiterhin mit Erfordern, daß alle aktiven Kernknoten einer bestimmten Mehrfachsendegruppe Teil des Mehrfachsendebaums für die spezifische Mehrfachsendegruppe sind.

4. Verfahren nach Anspruch 3, weiterhin mit Erfordern, daß ein Kernknoten Teil des Mehrfachsendebaums ist, wenn ein nichtteilnehmender Zwischenknoten am Mehrfachsendebaum zu dieser gleichen Partnergruppe gehört.

5. Verfahren nach Anspruch 4, weiterhin mit Abschneiden eines entsprechenden Kernknotens und entsprechender Zwischenknoten vom Mehrfachsendebaum, wenn es keinen teilnehmenden Knoten in der entsprechenden Partnergruppe gibt.

6. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die Topologieinformationen Knoten- und Verbindungsstreckenzustandsinformationen enthalten.

7. Geteiltes Kommunikationsnetz (**10**) zum Mehrfachsenden von Zellen, wobei das Kommunikationsnetz eine Mehrzahl von über Verbindungsstrecken (**42**) aneinander angekoppelten Knoten umfaßt, mit folgendem:
einer hierarchischen Anordnung von Partnergruppen (**22**, **23**), die das Kommunikationsnetz bilden, wobei eine Partnergruppe mindestens einen der darin enthaltenen Knoten umfaßt;
einem oder mehreren Mehrfachsendebäumen (**40**) für eine in der hierarchischen Anordnung enthaltene Mehrfachsendegruppe, wobei die Mehrfachsendebäume (**40**) alle teilnehmenden Knoten umfassen, wobei ein teilnehmender Knoten entweder ein Sender oder Empfänger von Daten für die Mehrfachsendegruppe ist;
einem für jede der Partnergruppen in der Mehrfachsendegruppe ausgewählten Kernknoten, wobei ein Knoten, der Teil der Mehrfachsendegruppe werden möchte, sich bei dem Kernknoten in seiner Partnergruppe anmelden muß, wobei Kernknoteninformationen örtlich in jeder der Partnergruppen gefloodet werden, und die Knoten einer Partnergruppe nur Informationen über die Kernknoten von direkten Vorläufer-Partnergruppen unterhalten müssen; und
wobei die Zellen mittels des Mehrfachsendebaums zu den Knoten in der Mehrfachsendegruppe mehrfachgesendet werden können.

8. Netz nach Anspruch 7, weiterhin mit folgendem:
einem Partnergruppenführer für jede der Partnergruppen in dem Netz zum Ansammeln von Topologieinformationen von Knoten in der Partnergruppe und Flooding der Topologieinformationen in höheren Partnergruppen, wobei eine Liste logischer Kernknoten von Vorläufer-Partnergruppen von jedem der Partnergruppenführer in einer Partnergruppe gefloodet wird.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

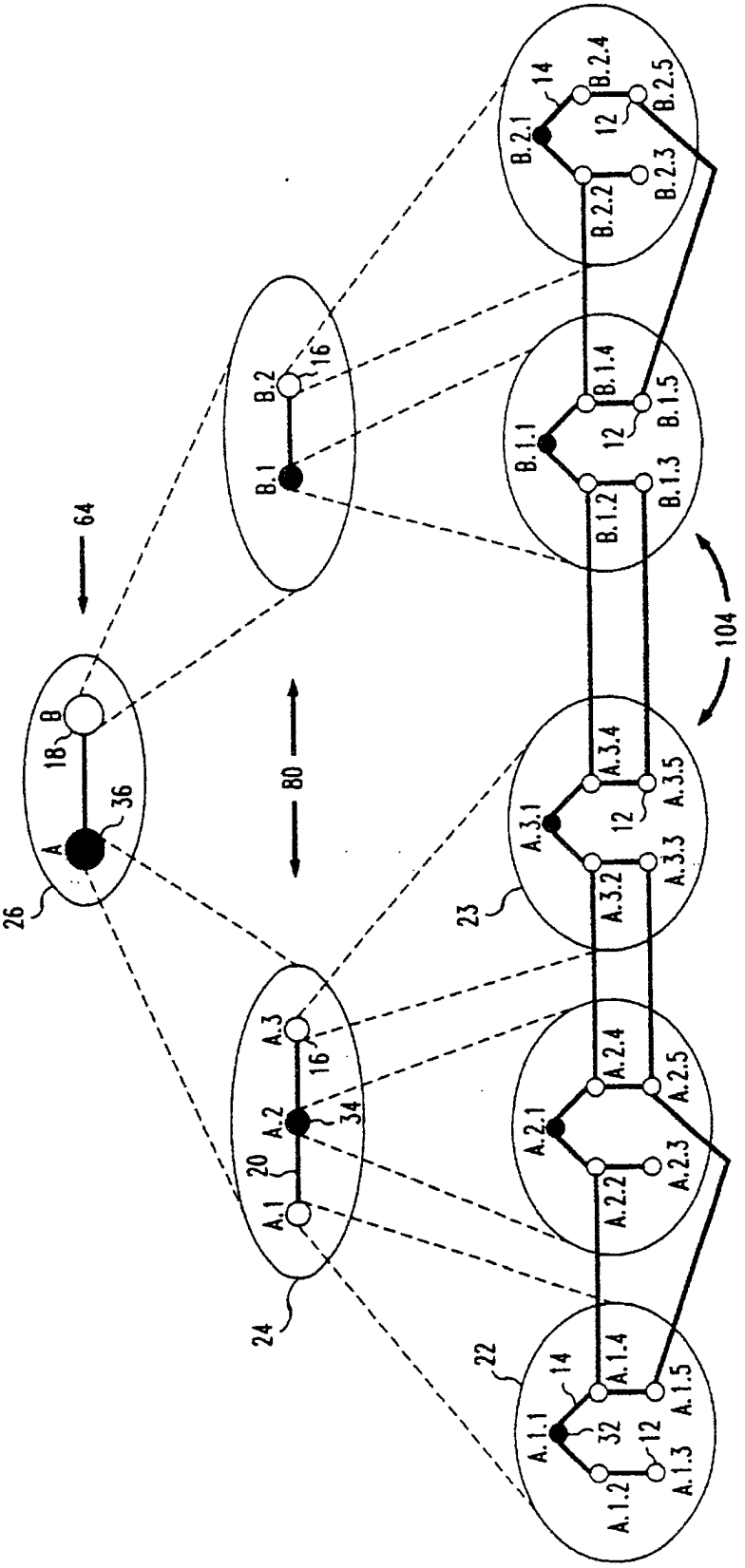


FIG. 2

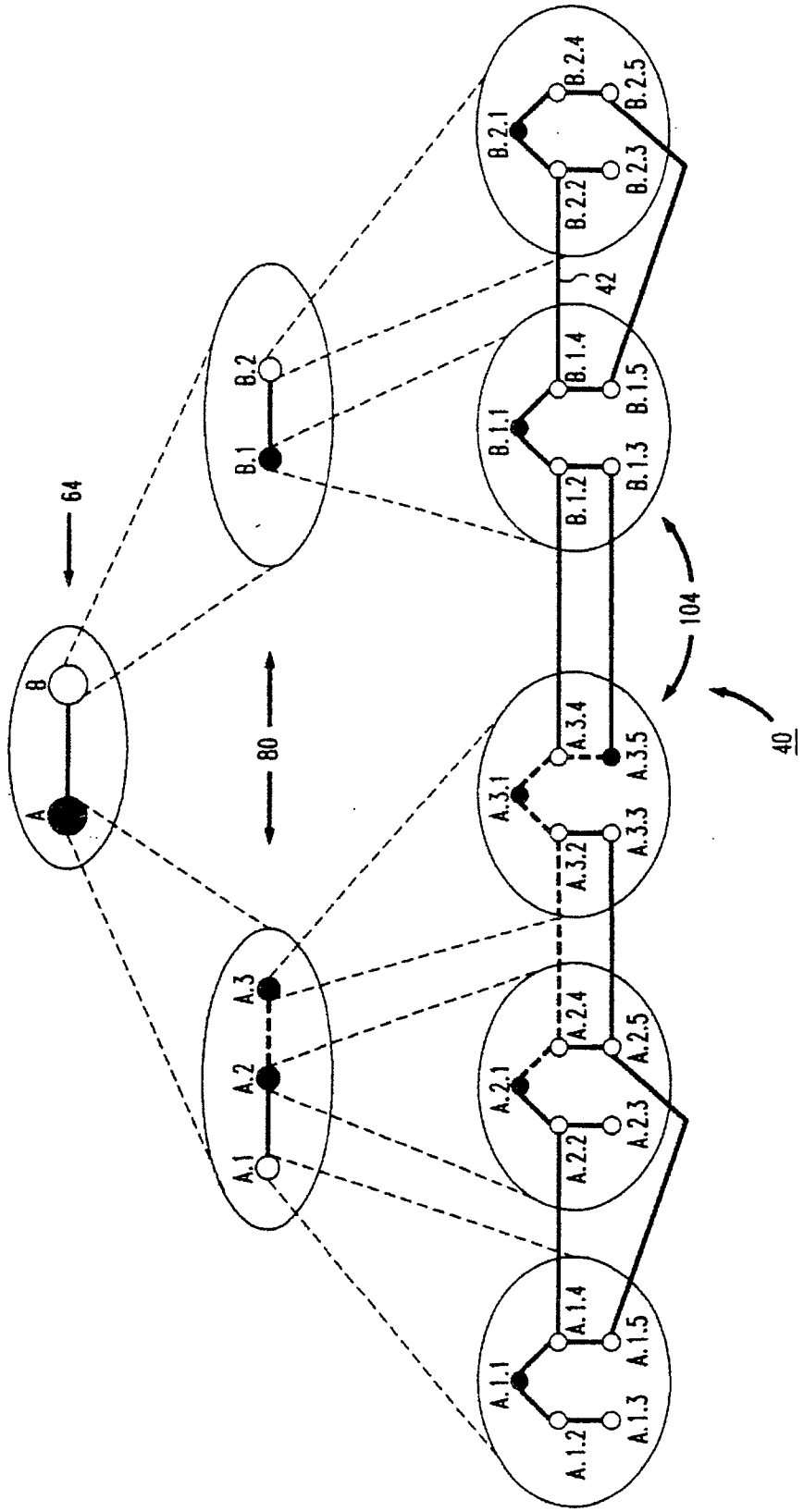

10
64
80
104
40
42
A
B
A.1
A.2
A.3
B.1
B.2
A.1.1
A.1.2
A.1.3
A.1.4
A.1.5
A.2.1
A.2.2
A.2.3
A.2.4
A.2.5
A.3.1
A.3.2
A.3.3
A.3.4
A.3.5
B.1.1
B.1.2
B.1.3
B.1.4
B.1.5
B.2.1
B.2.2
B.2.3
B.2.4
B.2.5

FIG. 3

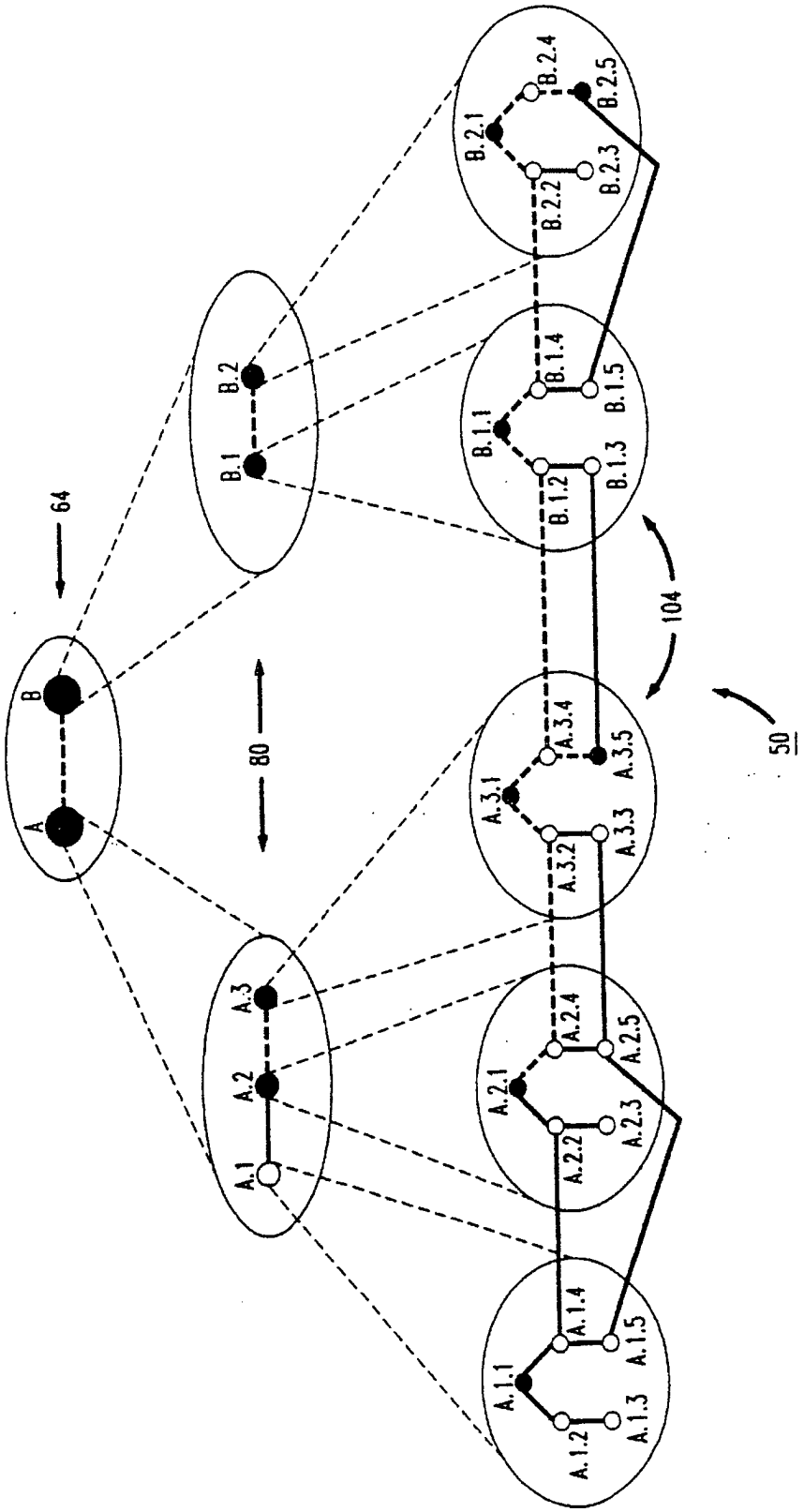
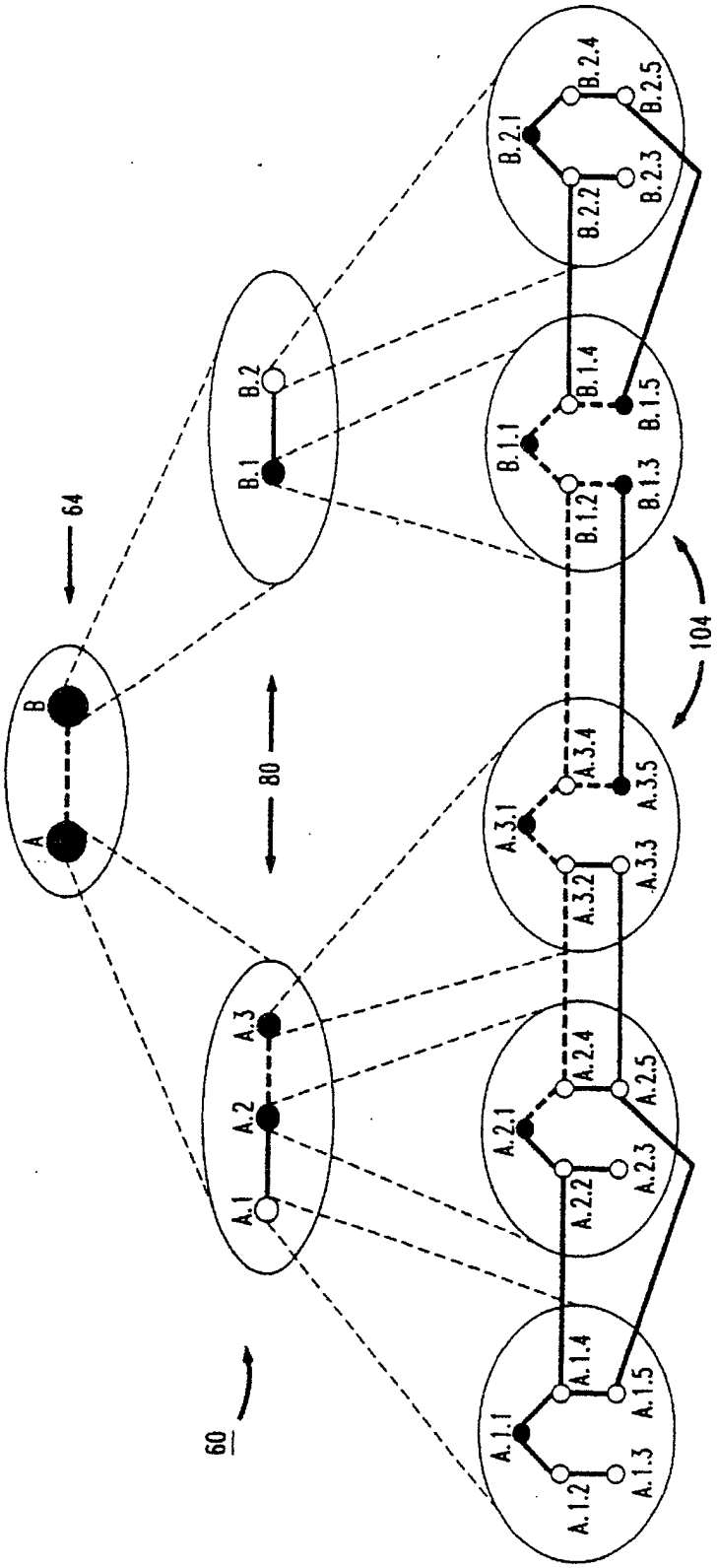

10
64
80
104
50
A
B
A.1
A.2
A.3
B.1
B.2
A.1.1
A.1.2
A.1.3
A.1.4
A.1.5
A.2.1
A.2.2
A.2.3
A.2.4
A.2.5
A.3.1
A.3.2
A.3.3
A.3.4
A.3.5
B.1.1
B.1.2
B.1.3
B.1.4
B.1.5
B.2.1
B.2.2
B.2.3
B.2.4
B.2.5

FIG. 4


10
64
80
104
60
A
B
A.1
A.2
A.3
B.1
B.2
A.1.1
A.1.2
A.1.3
A.1.4
A.1.5
A.2.1
A.2.2
A.2.3
A.2.4
A.2.5
A.3.1
A.3.2
A.3.3
A.3.4
A.3.5
B.1.1
B.1.2
B.1.3
B.1.4
B.1.5
B.2.1
B.2.2
B.2.3
B.2.4
B.2.5

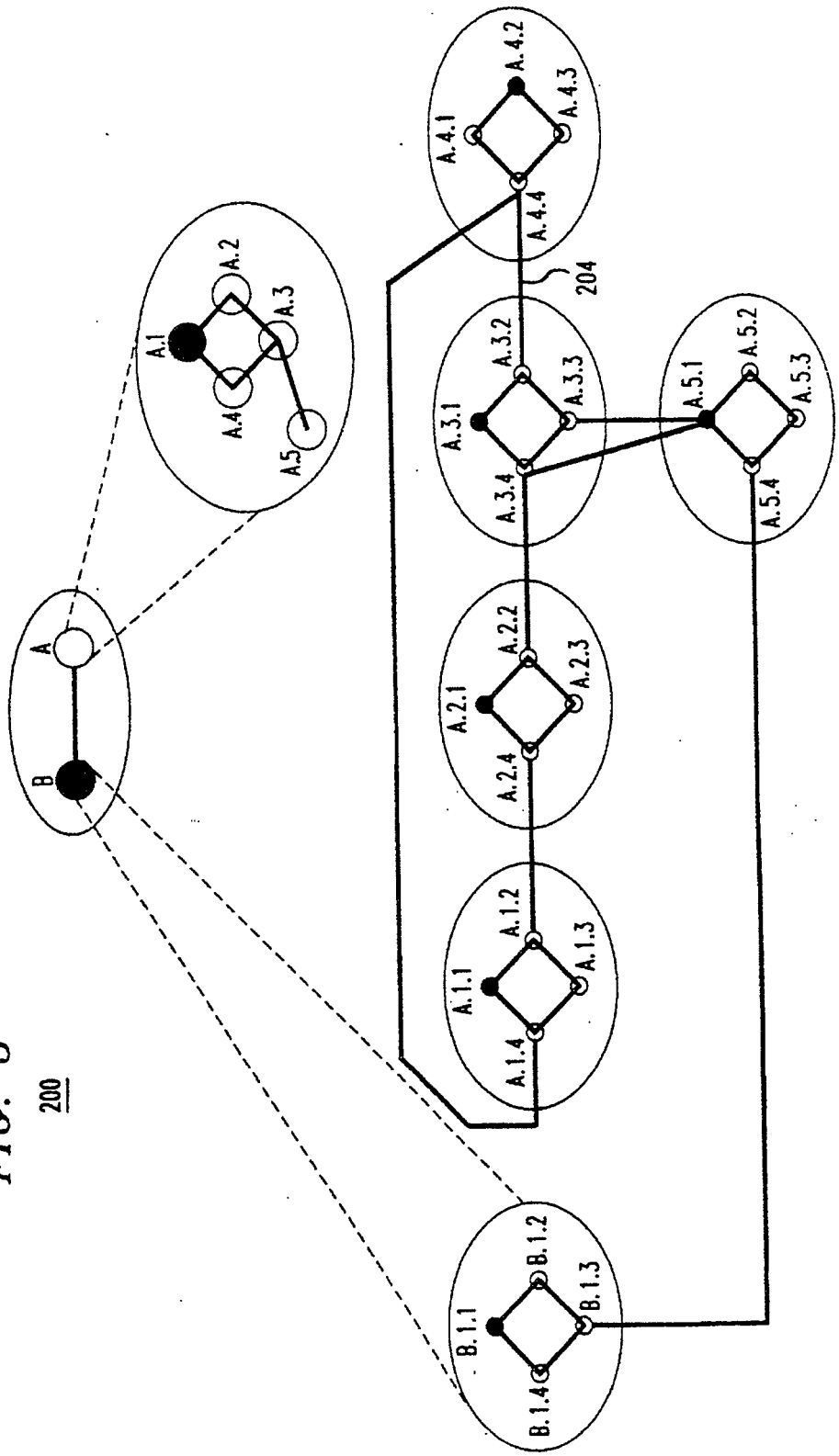

A
B
A.1
A.2
A.3
A.4
A.5
A.1.1
A.1.2
A.1.3
A.1.4
A.2.1
A.2.2
A.2.3
A.2.4
A.3.1
A.3.2
A.3.3
A.3.4
A.4.1
A.4.2
A.4.3
A.4.4
A.5.1
A.5.2
A.5.3
A.5.4
B.1.1
B.1.2
B.1.3
B.1.4
204

FIG. 5

200