



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 696 36 126 T2** 2006.12.07

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 873 626 B1**

(51) Int Cl.⁸: **H04L 12/56** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **696 36 126.4**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US96/18629**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **96 945 175.6**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1997/018637**

(86) PCT-Anmeldetag: **15.11.1996**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **22.05.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **28.10.1998**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **10.05.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **07.12.2006**

(30) Unionspriorität:

559738 **15.11.1995** **US**

626596 **02.04.1996** **US**

(73) Patentinhaber:

Enterasys Networks, Inc., Rochester, N.H., US

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Westphal Mussgnug & Partner,
78048 Villingen-Schwenningen**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LI,
LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:

**DOBBINS, Kurt, Bedford, NH 03102, US; GRANT,
A., Thomas, Derry, NH 03038, US; RUFFEN, J.,
David, Salem, NH 03079, US; KANE, Laura,
Merrimack, NH 03054, US; LEN, Theodore,
Amherst, NH 03031, US; ANDLAUER, Philip,
Londonderry, NH 03053, US; BAH, H., David,
Manchester, NH 03104, US; YOHE, Kevin,
Amherst, NH 03031, US; FEE, Brendan, Nashua,
NH 03036, US; OLIVER, Chris, Rochester, NH
03839-46954, US; CULLEROT, L., David,
Manchester, NH 03102, US; SKUBISZ, Michael,
Durham, NH 03824, US**

(54) Bezeichnung: **VERTEILTE VERBINDUNGSORIENTIERTE DIENSTE FÜR VERMITTELTE FERNMELDENETZ**

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

Verwandte Anmeldungen

[0001] Dies ist eine Teilfortsetzung der ebenfalls anhängigen und gemeinsam gehaltenen US-Serienr. 08/559,738, eingereicht am 15. November 1995, mit dem Titel „METHOD FOR ESTABLISHING RESTRICTED BROADCAST GROUPS IN A SWITCHED NETWORK“ von K. Dobbins et al., die am 4. November 1997 als US-Patentschrift 5,684,800 veröffentlicht wurde.

Gebiet der Erfindung

[0002] Die vorliegende Erfindung betrifft verschiedene Verfahren und Vorrichtungen, die verteilte, verbindungsorientierte Dienste für geschaltete Datenkommunikationsnetzwerke bereitstellen, wobei die bereitgestellten Dienste skalierbar sind, vollständig aktive Netzwerktopologien zulassen, den Datenverkehr durch Rundsendungen (Broadcast) verringern und Verbindungen zu Netzwerken und Servern außerhalb der Switch-Domäne ermöglichen.

Allgemeiner Stand der Technik

[0003] Die meisten heutigen Datenkommunikationsnetzwerke stützen sich größtenteils auf paketbasierte LAN-Technologien mit gemeinsamen Übertragungsmedien sowohl für Zugangs- als auch für Datenübertragungsverbindungen. Diese Netzwerke benutzen Brücken und Router, um mehrere LANs mit globalen Internetsystemen zu verbinden.

[0004] Ein Netzwerk auf Routerbasis mit gemeinsamen Übertragungsmedien kann nicht die hohe Bandbreite und Dienstgüte bieten, die von den neuesten Netzwerkanwendungen und den neuen, schnelleren Arbeitsplätzen benötigt werden. Beispielsweise verbrauchen Multimedia- und Bewegtbild-Videoanwendungen große Mengen an Bandbreite und erfordern Echtzeitwiedergabe. Eine andere Anwendung für hohe Bandbreiten umfasst die Übermittlung von Röntgen- und anderen diagnostischen Daten, um Ärzten an verschiedenen Orten die gemeinsame Beratung zu ermöglichen, während sie auf dieselben Patientendaten zugreifen. Wieder eine weitere Anwendung ist die „kooperative“ Ingenieurarbeit, d.h. die Möglichkeit, dass mehrere Ingenieure gleichzeitig an demselben Projekt arbeiten, während sie sich an verschiedenen geographischen Orten befinden. So werden Netzwerke, die einst hauptsächlich zum Versenden von Textdateien und E-Mails oder für gemeinsame Datenbanken genutzt wurden, nunmehr an ihre Grenzen stoßen, da immer mehr Nutzer immer mehr Daten durch sie hindurch drängen.

[0005] In WO95/01023A (ASCOM TIMEPLEX TRADING AG) ist ein Hub der physikalischen Schicht beschrieben, der gewisse Fähigkeiten für virtuelles LRN (VLAN) aufweist. Insbesondere verknüpft der Hub VLAN-Bezeichnungen mit physikalischen Ports und verknüpft die VLAN-Bezeichnungen auch mit Meldungen, die von einem der Ports, dem die VLAN-Bezeichnung zugewiesen wurde, übertragen werden. Der Hub hat die Fähigkeit, Hardware-Adressen (MAC (Media Access Control)-Adressen) der Endknoten nur innerhalb desselben VLAN zu speichern und Meldungen, die für eine bestimmte MAC-Adresse bestimmt sind, zu dem einen Port weiterzuleiten, der die bestimmte MAC-Adresse aufweist. Jede Nachricht durchläuft nur diejenigen Segmente eines gemeinsamen Übermittlungsmediums, die die Nachricht zu Hubs bringen, auf denen dieselben VLAN-Bezeichnungen definiert sind. Das System besitzt nicht die Fähigkeit, Datenpakete zwischen VLANs oder zwischen Endknoten, die mit verschiedenen VLANs verknüpft sind, weiterzuleiten.

[0006] Ein Weg, auf einem gegebenen Netzwerksegment zusätzliche Bandbreite zu schaffen, besteht in größeren Leitungen gemeinsamer Übertragungsmedien wie FDDI oder Fast Ethernet; dies gestattet jedoch nicht die Anwendung von Richtlinien oder beschränktem Zugang zu den erweiterten Netzwerkressourcen. Alternativ kann ein Netzwerk mit zusätzlichen Router- oder Brückenports weiter segmentiert werden; dies erhöht jedoch die Kosten des Netzwerks und die Komplexität seines Managements und seiner Konfigurierung.

[0007] Geschaltete Netzwerke sind ein Lösungsvorschlag, mit dem beabsichtigt ist, zusätzliche Bandbreite und Dienstgüte bereitzustellen. In solchen Netzwerken sind die physikalischen Router und Hubs durch Weichen ersetzt, und es ist wahlweise ein Managementsystem zum Überwachen der Konfigurierung der Weichen bereitgestellt. Das Gesamtziel besteht darin, ein skalierbares Hochleistungsnetzwerk bereitzustellen, in dem alle Weichen gleichzeitig für Verbindungen genutzt werden können.

[0008] Ein Vorschlag besteht darin, eine VLAN-Switch-Domäne aufzubauen – ein VLAN ist ein „logisches“

oder „virtuelles“ LAN, in dem sich Benutzer auf demselben physikalischen (oder erweiterten) LAN-Segment zu befinden scheinen, obwohl sie geographisch getrennt sein können. Viele VLAN-Umsetzungen beschränken die VLAN-Zuweisungen jedoch auf Ports, nicht auf Endsysteme, was die Wirksamkeit der VLAN-Gruppierungen beschränkt. Zu den weiteren Beschränkungen existierender VLAN-Umsetzungen gehört der übermäßige Datenverkehr durch Rundmeldungen (die sowohl Netzwerkbandbreite als auch Prozessorbandbreite des Endsystems verbrauchen), was keine Übermittlungen aus mehreren Ports und Hop-by-Hop-Schaltentscheidungen ermöglicht und Router mit mehreren Protokollen erfordert, um Übermittlungen zwischen getrennten VLANs zu ermöglichen. Ein weiteres Problem bei vielen geschichteten VLAN-Netzwerken besteht darin, dass, obwohl sie eine Netzwerktopologie gestatten, keine der redundanten Verbindungen zur gleichen Zeit aktiv sein kann. Allgemein sind die aktiven Verbindungen durch einen Spannbaum-Algorithmus bestimmt, der einen schleifenfreien, baumbasierten Pfad durch das Netzwerk findet. Leider werden Verbindungen oder Knoten, die nicht auf dem aktiven Baumpfad liegen, in Bereitschaftsmodus geschaltet.

[0009] Somit gibt es nach derzeitigem Stand der Technik zahlreiche Beschränkungen bei vielen geschichteten Datenkommunikationsnetzwerken.

Kurzdarstellung der Erfindung

[0010] Gemäß bestimmten weitgefassten Aspekten der vorliegenden Erfindung werden Verfahren und Vorrichtungen bereitgestellt, die einen oder mehrere der folgenden Dienste ermöglichen:

- Verzeichnis (verteilte Erkennung von MAC-Adressen und Protokoll-Alias-Adressen)
- Topologie (verteilte Topologieprotokollaustausche zwischen Zugangs- und Netzwerkweichen)
- Broadcast-Auflösung (Auflösung von Broadcast-Rahmen zu Unicast-Rahmen an Zugangsweichen)
- Richtlinie (Anwendung von Sicherheitsbeschränkungen vor dem Verbindungsaufbau)
- Pfadbestimmung (Bestimmung mehrerer Pfade von der Quelle zum Ziel)
- Verbindungsmanagement (source-routed, d.h. von der Quelle ausgehend, Mapping von Verbindungen auf einem gewünschten Pfad)
- Anrufumleitung (verteiltes Umleiten eines Anrufs, wenn die Verbindung versagt)
- Broadcast-/Unbekannt-Dienst (beschränktes Fluten nicht auflösbarer Pakete)
- Verbindungsorientierte Schaltung (Verwendung von Quelle-Ziel-MAC-Adressen als ein Verbindungsschlüssel)

[0011] Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung wird ein vollständig verteiltes Schaltungsmodell bereitgestellt, in dem jede Weiche in der Lage ist, alle Aspekte der Anrufverarbeitung und der Schaltfunktionalität zu verarbeiten. Jede Weiche führt ein lokales Verzeichnis der an Zugangsport lokal angeschlossenen Endsysteme. Da jedes lokale Endsystem MAC-Rahmen erzeugt, „lernt“ die Weiche den Quell-MAC-Rahmen sowie eine etwaige Protokolladresseninformation höherer Ebene; diese Adressen einer höheren Schicht werden als Alias-Adressen bezeichnet, da sie dem MAC-Endsystem einen Alias- (oder neuen) Namen geben. So werden alle Endsystemnetzwerk- und MAC-Mappings an jedem Zugangsport der Weiche automatisch erkannt.

[0012] Das lokale Verzeichnis kann auch lokale VLAN-Mappings speichern. VLAN-Mappings identifizieren das logische LAN, zu dem der Weichenport oder Benutzer gehört. Ein logisches oder virtuelles LAN ermöglicht es Benutzern, sich scheinbar auf demselben physikalischen (oder erweiterten) LAN-Segment zu befinden, obwohl sie geographisch getrennt sein können. Per Standardeinstellung befinden sich alle Ports und Benutzer auf einem „Default“- oder Basis-VLAN.

[0013] Genauer werden die VLAN-IDs nur für die Richtlinie und zur Festlegung der Reichweite von Broadcast-/Unbekannt-Zielen benutzt.

[0014] Da jede Zugangsweiche ihre eigenen, lokal erlernten Mappings im Verzeichnis hat, gibt es ein „virtuelles Verzeichnis“, das einen skalierbaren, auf Bedarf basierenden Mechanismus zur Verteilung von Verzeichnis-Mappings über die Switch-Domäne bereitstellt. Das virtuelle Verzeichnis ist definiert als die kollektiven Verzeichnis-Mappings, die in jeder Weiche innerhalb der Domäne vorhanden sind. So weist das virtuelle Verzeichnis zu jeder Zeit immer die vollständigen Mappings aller bekannten Benutzer in der Domäne auf. Es ist nicht notwendig, die Verzeichnisse der Weichen untereinander zu verteilen oder zu synchronisieren. Vielmehr kann jede Weiche auf den Cache ihres lokalen Verzeichnisses zugreifen, um lokal angeschlossene Endsysteme zu suchen, und wenn das Endsystem im Cache des lokalen Verzeichnisses nicht gefunden wird, wird eine Anfrage an das virtuelle Verzeichnis ausgelöst, d.h. an jedes lokale Verzeichnis der entfernten Weichen. Dies bedeutet, dass an jeder gegebenen Zugangsweiche Anfragen an das virtuelle Verzeichnis nur zu Zieladressen gestartet werden, die sich nicht im lokalen Verzeichnis befinden.

[0015] Die Anruf-absetzende Weiche, die ein Mapping nicht lokal innerhalb ihres eigenen Verzeichnisses lösen kann, stellt mit „VLAN-ARPing“ eine Lösungsanfrage an das virtuelle Verzeichnis. Dies ähnelt dem Vorgang, mit dem IP-Hosts IP-Zieladressen zu MAC-Adressen auflösen, doch statt des „ARPing“ an alle Endsysteme wird die VLAN-Auflösungsmeldung nur an andere Weichen innerhalb der VLAN-Domäne gesendet. Nur die Weiche mit dem Mapping der angefragten Auflösungsinformation im lokalen Verzeichnis, als die „Besitzer“-Weiche bekannt, antwortet; es können mehrere Besitzer vorhanden sein, wenn ein Endsystem redundant angeschlossen ist. Dann werden alle Auflösungen als Remote-Einträge im Remote-Verzeichnis der Anruf-absetzenden Weichen gespeichert. Die Besitzerweiche wird zusammen mit der Auflösungsinformation in dem Remote-Verzeichnis gespeichert. Die Kombination aus Auflösungsbenachrichtigungen aus dem lokalem Verzeichnis und zwischen den Weichen schafft Mobilität (d.h. Endsysteme können sich überall im Netzwerk zuschalten).

[0016] Das Verzeichnis aufgelöster Mappings wird im Grunde zu einem weiteren Cache. Diese Einträge reflektieren aktive oder versuchte Konnektivitätsauflösungen, also passt sich der Cache selbst für den Quelle-Ziel-Datenverkehr an. Er wird sich im Umfang automatisch an die tatsächlichen Auflösungsvorgaben der Anrufabsetzenden Weiche anpassen.

[0017] Ein weiterer wichtiger Aspekt der Erfindung besteht darin, Topologie- und Verbindungsdienste bereitzustellen, die Folgendes umfassen:

- verteiltes Verbindungsstatusprotokoll
- verteilte Pfadbestimmung
- verteiltes Verbindungsmanagement
- verteiltes Einfädeln
- verteilte Anrufumleitung

[0018] Die Topologiedienste sind in jede Weiche eingebaut, was es jeder Weiche ermöglicht, in ihrem Verhalten vollständig autonom zu sein, aber die notwendige Funktionalität über das gesamte Weichennetz schafft.

[0019] Die Weichen führen ein verteiltes Verbindungsstatusprotokoll aus. Ein Verbindungsstatusprotokoll wird benutzt, weil es eine vollständig angeschlossene Netzwerk-Topologie (ein gerichteter Graph genannt) bereitstellt, der in jede Weiche verteilt ist. Änderungen in der Topologie (Verbindungsstatusänderung) gehen von einem Ereignis aus und setzen sich durch das Weichennetz fort, so dass jede Weiche schnell zu dem aktuellen aktiven Topologiegraph des Netzwerks konvergiert; mit anderen Worten, jede Weiche besitzt zu jeder gegebenen Zeit eine akkurate Abbildung der Topologie. Zu den Verbindungsstatusänderungen gehören insbesondere Änderungen des Betriebszustandes, des administrativen Zustandes, der Parameter, „Kosten“ oder Bandbreite.

[0020] Einer der Hauptaspekte des Verbindungsstatusprotokolls ist, dass es vollständig auf „Plug-and-Play“-Basis gebrauchsfertig läuft, ohne jegliche Konfigurierung.

[0021] Das Protokoll ist für den Betrieb in einer „flachen“ oder nicht hierarchischen Weise optimiert. Jede Weiche ist durch eine individuelle Weichen-MAC-Adresse gekennzeichnet, und Verbindungen werden durch einen individuellen Verbindungsnamen gekennzeichnet, der aus der mit einem Portvorgang der Verbindung an der Weiche verknüpften Weichen-MAC-Adresse gebildet ist; das Ergebnis ist ein individuelles „Weiche/Port-Paar“. Dies ermöglicht es dem Protokoll, alle Weichenknoten in der Domäne zu kennen, sowie alle Verbindungen.

[0022] Da jede Anruf-absetzende Weiche einen Topologiegraphen besitzt, kann jede Weiche den „besten“ Pfad für die Rufe, die sie absetzt, bestimmen. Obwohl alle Weichen einen Topologiegraphen besitzen, nutzt nur die Anrufabsetzende Weiche diesen, um einen vollständigen Pfad für einen Verbindungsfluss zu bestimmen. Andere Weichen auf dem Verbindungspfad führen nie Pfadbestimmungen durch. Der Pfad wird als eine Abfolge von Weiche/Port-Paaren definiert, die durchlaufen werden, um von der Anruf-absetzenden Weiche zur Ziel-Besitzerweiche (die Ziel-Besitzerweiche ist die Weiche, zu der die Ziel-MAC-Adresse lokal gehört) zu gelangen. Es ist anzumerken, dass der Pfad nicht von Endsystem zu Endsystem festgelegt wird; es ist vielmehr der Pfad, der die Ingress-Weiche (der Weichenbesitzer der Quelle) mit der Egress-Weiche (der Weichenbesitzer des Zieles) verbindet. Wiederum enthält der Topologiegraph nur Weichenknoten und Weichenverbindungen; es sind keine Benutzer, Endsysteme, Netzwerke oder andere Formen von Aggregation bekannt. In einer Ausführungsform kann der Pfad Pfade zu gleichen Kosten zwischen Quelle und Ziel umfassen.

[0023] Jede Anruf-absetzende Weiche führt auch Verbindungsmanagement (Ausführen, Abbrechen, Umleiten von Rufen) für Datenverkehr aus, der von ihren Zugangspoints ausgeht. Rufe werden verarbeitet, wenn keine aktive Verbindung für die Quelle-Ziel-MAC-Adresse an einem ankommenden Paket-Rahmen existiert. Es

ist anzumerken, dass kein Verbindungsmanagement (und keine Rufverarbeitung) an Netzwerk-Trunkports durchgeführt wird. Indem jede Zugangsweiche das Verbindungsmanagement für die Rufe, die sie absetzt, durchführt, wird das Verbindungsmanagement um die „Ränder“ (an den Zugangsweichen) des Weichennetzes herum verteilt. Dies bedeutet, dass die Last der Verbindungsverarbeitung im direkten Zusammenhang zur Anzahl der Zugangsweichen und dem Datenverkehr an den Zugangsports steht. Da jede Weiche ihre eigenen lokalen Verbindungsvorgaben steuert, lässt sie sich gut skalieren, selbst wenn die Größe des Weichennetzes oder der VLAN-Domäne zunimmt. Die gesamte Rufverarbeitungsrate des Netzes wird zur addierten Rate aller Zugangsweichen.

[0024] Einer der beträchtlichen Nutzen daraus, dass Verbindungen auf der Grundlage der Quelle-Ziel-MAC-Adressen bestimmt werden, besteht darin, dass dies es den Weichen ermöglicht, jeden Fluss von Ende zu Ende als eine individuelle und identifizierbare Verbindung (Fluss) zu behandeln. Außerdem wird es den Weichen ermöglicht, eine vollständig aktive Netzwerk-Topologie zu unterstützen. Anders als Weichen, die auf der Grundlage nur der Ziel-MAC-Adresse weiterleiten oder filtern, benutzen die Weichen der vorliegenden Erfindung zum Weiterleiten und Filtern die Quell- und die Ziel-MAC-Adresse in jedem Rahmen zum Weiterleiten oder Filtern. Dies gestattet Mehrfachpfade zu einem bestimmten Ziel von verschiedenen Quellen durch das Weichennetz. Dies ist besonders nützlich in Client/Server-Modellen, weil der Server praktisch ein gemeinsamer Punkt ist, zu dem alle Clients Zugang benötigen. So erlaubt die Rufverarbeitung der vorliegenden Erfindung Mehrfachpfade zum Server von verschiedenen Quellen durch das Weichennetz.

[0025] Ist das Paket erst rufverarbeitet und zu einem Unicast-MAC-Ziel aufgelöst, bestimmt die Anruf-absetzende Weiche den Pfad von Weichen und Verbindungen, die zu durchlaufen sind (oben beschrieben) und bildet explizit eine Verbindung auf diesem Pfad für die Quelle-Ziel-MAC-Adresse des rufverarbeiteten Pakets ab. Die Verbindung wird durch einen „Einfädel“-Algorithmus explizit auf dem festgelegten Pfad abgebildet. Das Einfädeln beschreibt, wie die Verbindung durch die Weichen auf dem Pfad „gefädelt“ wird, jedes Mal mit einem Weichensprung. Das Verbindungsmapping erfolgt, indem die Anruf-absetzende Weiche eine source-routed Verbindungsanfragemeldung absetzt, die die Quelle-Ziel-MAC-Adressen (Verbindungsschlüssel) für den Ruf enthält. Die Pfadinformation ist eigentlich die nach Reihenfolge geordnete Liste der Weiche/Port-Paare, die durchlaufen werden. Diese Meldung wird explizit Hop-by-Hop auf dem source-routed Pfad gesendet.

[0026] Während jede Weiche die Meldung verarbeitet, bildet sie eine Verbindung für das Quelle-Ziel-Paar ab. Der Eingangsport und der Ausgangsport (die Ausgangsports) für das Verbindungsmapping können von der Meldung entweder implizit oder explizit beschrieben sein (implizit durch den Port, an dem die Meldung empfangen wird; explizit, indem es sich um einen benannten Knoten und eine benannte Verbindung auf dem Pfad handelt). Die Verbindungen bleiben jedoch deaktiviert (z.B. ist der Ausgangsport null), bis von der letzten Weiche auf dem Pfad eine Antwort empfangen wird; diese Antwort (Bestätigung) aktiviert jede Weichenverbindung, während sie auf dem Rückpfad zurück zur Anruf-absetzenden Weiche wandert.

[0027] Ein weiteres wichtiges Merkmal ist, dass die Verbindungssuche selbstskalierend sind, da die Verbindungsanforderungsmeldungen auf den tatsächlichen Pfaden gesendet werden, auf denen der Ruf abgebildet wird. Dies bedeutet, dass, so wie die Rufe auf verschiedenen Pfaden von Ende zu Ende lastenausgeglichen sind, so sind es auch die Verbindungsmanagementmeldungen und -verarbeitung.

[0028] Ein weiteres wichtiges Merkmal ist, dass jede Weiche selbständig das Rufumleiten abwickelt. Dies wird erreicht, indem jede Weiche eine Datenbank „benutzter Verbindungen“ für alle Verbindungen, die durch die Weiche verlaufen, unterhält. Während an jeder Weiche Verbindungen abgebildet werden, wird der Pfad aller Weichen und Verbindungen (d.h. die Pfadinformation in der Verbindungsmeldung) in einer separaten Datenbank festgehalten. Dies verknüpft im Wesentlichen Verbindungen und Knoten mit einer bestimmten Verbindung.

[0029] Wenn ein Weichenknoten oder eine Weichenverbindung ihren Status ändert (z.B. Ausfall), verbreiten andere Weichen in dem Netz die Änderung als Teil des Verbindungsstatusprotokolls. Da jede Weiche das Verbindungsstatusprotokoll ausführt, muss sie die Statusänderung des Knotens oder der Verbindung verarbeiten. Wenn sie erst den Topologiegraphen neu berechnet, durchsucht sie die Pfaddatenbank, um festzustellen, ob eine ihrer aktiven Verbindungen den Knoten oder die Verbindung, dessen/deren Status sich geändert hat, gerade benutzte. Nur, wenn die Verbindung einen Knoten oder eine Verbindung benutzte, der/die sich an einem Teil ihres Pfades geändert hat (z.B. kann eine Remote-Verbindung auf einem Pfad ausgefallen sein), werden die Verbindungen, die diesen Pfad benutzen, gelöscht. So bricht jede Weiche mit Verbindungen auf einem Pfad, die ausgefallen sind, automatisch und selbständig diese Verbindungen ab, die den Pfad durchlaufen. Verbindungen, die diesen Teil des Pfades nicht benutzen, bleiben intakt. Außerdem wird die Anruf-absetzende

Weiche, wenn sie einen Ruf abbrechen muss, weil ein Teil des Pfads seinen Status so geändert hat, dass eine Umleitung angebracht ist (z.B. ein Verbindungsausfall oder eine drastische Änderung der Kosten), automatisch den Pfad für den ursprünglichen Ruf neu berechnen und eine Verbindung neu aufbauen, wobei sie dieselbe Technik der Pfadbestimmung in dem oben beschriebenen Verbindungsmanagement benutzt. Es ist wichtig anzumerken, dass auch dies vollständig verteilt ist und dass jede Weiche die Verbindungen, die sie abgebildet hat, abbricht, wenn der Pfad nicht mehr gültig ist, und dass jede Weiche Rufe, die sie abgebildet hat, automatisch umleitet. Da alle Zugangsweichen dies können, skaliert sich die Umleitungsfähigkeit eines Rufes mit der Anzahl der Anruf-absetzenden (Zugangs-) Weichen im Netz.

[0030] In einem weiteren wichtigen Aspekt ist die vorliegende Erfindung auf die Auflösung von Broadcast-Paketen gerichtet, um den Umfang des Datenverkehrs durch solche Rundsendungen deutlich zu reduzieren. Dies wird erreicht, indem jede Weiche in der Lage ist, Broadcast-Pakete an den Weicheneingangsports aufzulösen, statt die Broadcast-Pakete einfach nur mit einem Tag (Anhang) zu versehen und zu fluten. Jede Weiche weist einen Rufprozessor für die wichtigsten Protokollfamilien (z.B. IP und IPX) und weithin bekannte Pakettypen auf.

[0031] Das Auflösen auf eine nicht rundgesendete Adresse umfasst das Hineinsehen in das Paket und das Dekodieren der Protokollschichten und hochgradigen Adressen und das Bestimmen, was das wahre Ziel des Pakets ist. Beispielsweise sieht die Weiche wegen der Zielnetzwerkadresse in ein ARP-Broadcast-Paket hinein; dann schlägt die Weiche in ihrem lokalen Verzeichnis und/oder dem virtuellen Verzeichnis die MAC-Adresse nach, die an diese Netzwerkadresse (Alias-Adresse) gebunden ist. Statt das ARP-Broadcast-Paket zu fluten, löst es somit die Weiche auf das wahre MAC-Ziel auf und baut dann eine Verbindung von der Ingress-Weiche und der Egress-Weiche für die Quell-MAC-Adresse zur Ziel-MAC-Adresse auf. Das ARP-Broadcast-Paket wird nie über die Zugangsweiche hinaus weitergeleitet, und dies führt zu einer deutlichen Reduzierung des Datenverkehrs durch solche Rundsendungen in dem Weichennetz.

[0032] Im Allgemeinen wird ein Broadcast-Paket nur dann über die Zugangsweiche hinaus weitergeleitet, wenn es nicht zu einer einzigen Unicast-MAC-Adresse aufgelöst werden kann. Dies geschieht gewöhnlich nur bei Router- oder Servermitteilungen.

[0033] Die Weichen benutzen einen Steuerungskanal zwischen den Weichen, auf dem unauflösbare (nicht von Punkt zu Punkt schaltbare) Pakete gesendet werden. Dieser Steuerungskanal ist mit einem einzigen Spannbaum zwischen den Weichen gebildet. Statt einen separaten Spannbaum für jedes virtuelle LAN zu unterhalten, wird nur ein einziger Baum geführt. Die Grundlage des einzelnen Baums besteht darin, dass nur Broadcast/Multicast-Pakete und unbekannte Ziele (die an keiner Zugangsweiche bekannt sind) geflutet werden müssen. Alle anderen Pakete können auf ihr einzelnes Ziel aufgelöst und geschaltet/weitergeleitet werden. Weil jede Weiche einen vollständigen Topologiegraphen führt, ist der Spannbaum in Wirklichkeit ein virtueller Spannbaum auf der Grundlage des Topologiegraphs, nicht eines separaten Protokollaustausches.

[0034] Es wird Tag-basiertes Fluten benutzt, um zu gewährleisten, dass unauflösbare Broadcast-Pakete nicht aus allen Egressports im Netz geflutet werden. Weil die gesamte VLAN-Domäne von Benutzern (MAC-Adressen und VLAN-Mappings) nicht an alle Weichen verteilt ist, muss diesen weitergeleiteten Paketen eine VLAN-Kennung angehängt werden. Dieser Tag identifiziert das VLAN, zu dem das Paket gehört (gewöhnlich auf der Grundlage der Quelle des Rahmens). Im Grunde wird das ursprüngliche Paket mit einer VLAN-Kopfzeile verpackt, die die Quell-VLAN-ID enthält. Dieses Tagging kann auf einer Hardware-basierten Switchingmaschine oder in einer Prozessor-basierten Switchingmaschine unterstützt werden, und die mit einem Tag versehenen Rahmen können auf dem Steuerungskanal zwischen den Weichen unter Verwendung einer Multicast-MAC-Adresse versendet werden. An allen Egressweichen wird der Rahmen von der Verbindungsmaschine umgeleitet und von dem Host-Agent verarbeitet. Hier wird das ursprüngliche Paket, einschließlich seines ursprünglichen Rahmens, entpackt und aus Zugangsports, die der VLAN-ID des mit einem Tag versehenen Rahmens entsprechen, übermittelt.

[0035] Wieder ein anderer Aspekt der vorliegenden Erfindung ermöglicht es geswitchten Domänen, neben Legacy-Netzwerken zu existieren und mit diesen zu interagieren. Jede Weiche umfasst „virtuelle Router-Agents“, die die Routen- und Dienstmitteilungen verarbeiten, die sie von mit der Weiche verbundenen Multi-Protokoll-Routern und Servern erhalten. Die Zugangsweiche fasst die externen Netzwerke, Routen und Dienste zusammen und reduziert sie auf nur die „besten“ Routen. Die Weiche kann dann die Information zur besten Route für die externen Netzwerke und Server mit der Information zum besten Pfad für andere Weichen in der geswitchten Domäne kombinieren, um einen kombinierten besten Pfad zu einem Netzwerk oder Server außerhalb der geswitchten Domäne bereitzustellen. Es ist anzumerken, dass die virtuellen Router-Agents kei-

ne eigenen Mitteilungspakete erzeugen oder verbreiten. Vielmehr entdecken sie automatisch entfernte Netzwerke und Server, die solche Mitteilungen erzeugen. Der virtuelle Router besitzt eine Statusmaschine und Parameterverarbeitung, um die besten Routen zu berechnen. Das Verzeichnis des virtuellen Routers in einer Zugangswerte ist nur aktiv, wenn ein Router an einen Zugangsport dieser Werte angeschlossen ist.

[0036] Diese und andere Aspekte der vorliegenden Erfindung werden in der folgenden detaillierten Beschreibung und den Zeichnungen ausführlicher beschrieben.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0037] [Fig. 1](#) ist eine schematische logische Darstellung einer VLAN-Switch-Domäne, die mehrer VLANs umfasst;

[0038] [Fig. 2](#) ist ein schematisches Diagramm eines virtuellen Verzeichnisses für eine Switch-Domäne;

[0039] [Fig. 3a–Fig. 3b](#) ist ein Beispiel eines Cache eines lokalen Verzeichnisses;

[0040] [Fig. 4a](#) ist ein Beispiel eines Cache eines Remote-Verzeichnisses;

[0041] [Fig. 4b](#) ist ein Beispiel eines Cache eines Broadcast/Unbekannt-Verzeichnisses;

[0042] [Fig. 5a](#) ist ein Diagramm dreier hintereinander geschalteter Werten, um ein Beispiel eines Auflösungsprotokolls zwischen den Werten darzustellen;

[0043] [Fig. 5b](#) ist ein Diagramm eines Knotenbaumes;

[0044] [Fig. 6a](#) ist ein Diagramm einer Datenbank zum Verbindungsstatus;

[0045] [Fig. 6b](#) ist ein Diagramm einer Nachbardatenbank zum Verbindungsstatus;

[0046] [Fig. 6c](#) ist ein Diagramm einer Switching-Datenbank zum Verbindungsstatus;

[0047] [Fig. 7a](#) ist ein Flussdiagramm des allgemeinen Rufverarbeitungsverfahrens, das von der Ingress-Werte ausgeführt wird;

[0048] [Fig. 7b–Fig. 7c](#) sind Beispiele für Regeltabellen für VLAN-Richtlinien;

[0049] [Fig. 8](#) ist ein Diagramm eines Abschnitts eines Wertenetzwerks, um ein Beispiel eines Pfadbestimmungsdienstes darzustellen;

[0050] [Fig. 9](#) ist ein Diagramm einer Ingress-Statusmaschine;

[0051] [Fig. 10](#) ist ein Diagramm einer Intermediate-Statusmaschine;

[0052] [Fig. 11](#) ist ein Diagramm einer Egress-Statusmaschine;

[0053] [Fig. 12](#) ist ein Diagramm einer Traffic-Cnx-Tabelle;

[0054] [Fig. 13](#) ist ein Beispiel einer Traffic-Link-Tabelle;

[0055] [Fig. 14](#) ist ein Beispiel einer Tabelle „benutzte Verbindungen“;

[0056] [Fig. 15](#) ist eine schematische Darstellung einer VLAN-Domäne, die das Management der VLAN-Werten darstellt;

[0057] [Fig. 16](#) ist eine schematische Darstellung einer Netzwerktopologie, die aus SFPS-Werten aufgebaut ist;

[0058] [Fig. 17](#) ist eine schematische Darstellung einer SFPS-Werte;

- [0059] [Fig. 18](#) ist eine logische Ansicht einer SFPS-Weiche;
- [0060] [Fig. 19](#) ist ein schematisches Diagramm eines externen Netzwerks, das über einen Router an eine Zugangswerte einer Switch-Domäne angeschlossen ist;
- [0061] [Fig. 20](#) ist ein Diagramm einer IPX-Weiche und eines Routing-Netzwerks;
- [0062] [Fig. 21](#) ist ein Diagramm einer IP-Weiche und eines Routing-Netzwerks;
- [0063] [Fig. 22](#) ist ein Diagramm der Secure-Fast-Routing-Services (SFRS)-Komponenten;
- [0064] [Fig. 23](#) ist eine allgemeine Darstellung einer Paketlieferung von der SFPS-Weiche zum SFRS; und
- [0065] [Fig. 24](#) ist eine schematische Darstellung einer Computervorrichtung.

Detaillierte Beschreibung

Verbindungsorientierte Kommunikationsnetzwerke

[0066] Kommunikationsnetzwerke stellen eine Fähigkeit für ein Gerät, das als Quelle bezeichnet wird, bereit, Daten zu einem anderen Gerät, das als ein Ziel bezeichnet wird, zu übertragen. Es gibt zwei allgemeine Arten von Netzwerkkommunikation: verbindungsorientierte und verbindungslose.

[0067] Bei verbindungsorientierter Kommunikation wird eine logische Verbindung zwischen der Quelle und dem Ziel hergestellt, so dass mehrere separate Datengruppen („ein Datenfluss“) auf demselben Pfad, der durch die logische Verbindung definiert ist, gesendet werden können. Dies unterscheidet sich von der verbindungslosen Kommunikation, bei der die Quelle Daten ohne vorherige Absprache zum Ziel sendet. Bei verbindungsloser Kommunikation wird jeder Datenrahmen Knoten für Knoten unabhängig von einem vorhergehenden Rahmen übermittelt. Bei der verbindungslosen Kommunikation werden üblicherweise Brücken und Router verwendet.

[0068] Während der verbindungsorientierten Kommunikation treten allgemein drei Phasen auf, umfassend den Verbindungsaufbau, die Datenübertragung und die Verbindungsbeendigung. In der Verbindungsaufbauphase wird bei dem ersten Mal, wenn eine Quelle Daten an ein Ziel zu senden hat, eine logische Verknüpfung, auch Verbindung oder Pfad genannt, zwischen der Quelle und dem Ziel aufgebaut. Die Verbindung bestimmt Elemente und die Verbindungen zwischen Elementen, beispielsweise die Weichen zwischen Quelle und Ziel und die Ports der Weichen, durch die die Daten laufen werden. Der Pfadaufbau in der Aufbauphase ist der Pfad, auf dem die Daten für die Dauer der aktiven Verbindung übermittelt werden.

[0069] Eine Weiche und andere Geräte, die in ihrer Funktionsweise der Weiche ähneln, können als ein Knoten, ein Intermediate-System, ein Datenpaket-Vermittlungsknoten (IMP – Interface Message Processor) oder ein Portal bezeichnet werden. Ein Port ist eine Schnittstelle an einer Weiche oder einem ähnlichen Gerät, die einen physikalischen Kommunikationsweg zu anderen Geräten, beispielsweise zu anderen Ports anderer Weichen, bereitstellt. Während der Datenübertragungsphase werden über die Verbindung von der Quelle zum Ziel Daten übertragen, zu denen die Port-zu-Port-Verbindungen der Weichen (kreuzverbinden) gehören. Nach einer gewissen Zeit oder bei Eintreten eines bestimmten Ereignisses geht die Verbindung in die Beendigungsphase über, in der die Verbindung beendet wird und die Elemente, aus denen Verbindung bestand, freigestellt werden, um andere Verbindungen zu unterstützen.

VLAN-Schaltung mit verbindungsorientierten Weichen

[0070] Ein VLAN ist ein „virtuelles lokales Netzwerk“ von Benutzern mit voller Konnektivität (gemeinsame Broadcast-, Multicast- und Unicast-Nachrichten) unabhängig von einem bestimmten physischen oder geographischen Standort. Mit anderen Worten scheinen sich Benutzer, die miteinander ein virtuelles LAN teilen, unabhängig von ihrem tatsächlichen Standort auf einem einzigen LAN-Segment zu befinden.

[0071] Typischerweise sind VLANs völlig unabhängig voneinander; Benutzer in einem VLAN können mit Benutzern in anderen VLANs nicht direkt kommunizieren (Broadcast, Multicast- und Unicast-Pakete gemeinsam nutzen).

[0072] Allgemein sind VLANs auf Konfigurationen beschränkt, die erweiterten LANs (überbrückten Netzwerken) ähneln. Beispielsweise können die Anzahl der MAC-Adressen in dem VLAN; die Anzahl der Netzwerkadressen in dem LAN; die unterstützten Rahmen-Typen; und, für die gesamte VLAN-Domäne, die Anzahl aktiver Verbindungen, Anzahl der Weichen und Anzahl der VLANs begrenzt sein.

[0073] Allgemein ist die Fähigkeit zur dynamischen Neukonfiguration eines Netzwerks auf die VLAN-Domäne beschränkt; sie erstreckt sich nicht auf einen Router, der eine VLAN-Domäne mit einer anderen VLAN-Domäne verbindet.

[0074] In der vorliegenden Ausführungsform sind die Funktionsziele des VLAN-Switchings auf Folgendes erweitert:

- „plug and play“, d.h. gebrauchsfertig benutzbar;
- sich an Änderungen in der Netzwerktopologie anpassend
- ermöglicht eine vollständig aktive Netzwerktopologie;
- stellt Wire-Speed-Switching von der Quelle zum Ziel bereit, wenn erst die Verbindungen aufgebaut sind;
- managebar, über eine MIB-Schnittstelle zum bequemeren Management und zur Fernsteuerung;
- im Hinblick auf Benutzer, Verbindungen und Weichenknoten skalierbar;
- schafft eine Reduzierung des Broadcast-Datenverkehrs;
- ermöglicht Festlegung von Richtlinien über VLAN.

[0075] Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine VLAN-Weiche ein Gerät für die Netzwerkvernetzung, das Pakete auf der physikalischen Schicht (MAC-Schicht) schaltet und die Konnektivität von Benutzern auf der Grundlage von VLAN-Mappings ermöglicht. Durch das Schalten von Paketen auf der Grundlage nur von Adressen der physikalischen Schicht, z.B. der individuellen Hardware (MAC)-Adresse, die von dem IEEE jedem Endsystem zugewiesen ist, bleibt die Netzwerkinfrastruktur protokollneutral. Die Quell- und Ziel-MAC-Adressen allein oder in Kombination mit dem Quelleneingangsport an der Weiche bilden eine individuelle Verbindungskennung für jeden Kommunikationsaustausch zwischen bezeichneten Endsystemen. Ist erst die Verbindung aufgebaut, können die Datenpakete im Wesentlichen mit „wire-speed“-Geschwindigkeit von der Quelle zum Ziel übertragen werden. Siehe beispielsweise US-Patentschrift 5,485,455 auf Dobbins u.a. mit dem Titel „Network Having Secure Fast Packet Switching And Guaranteed Quality of Service“, erteilt am 16. Januar 1996, das hiermit per Verweis in seiner Gesamtheit eingeschlossen ist.

[0076] Die Switching-Technologie kann als Software und/oder als Hardware konstruiert sein, die umfasst: Softwareobjekte, die in eingebetteten Geräten als Firmware vorhanden sind; Softwareobjekte, die Teil einer Anwendung auf einem handelsüblichen Computersystem sind; kundenspezifische integrierte Schaltkreise (ASIC – Application Specific Integrated Circuits) oder funktional gleichwertige Hardwarekomponenten.

[0077] [Fig. 1](#) stellt allgemein eine logische Ansicht eines beispielhaften geschwitchten Netzwerks mit Endsystemen in verschiedenen VLANs dar. Das repräsentative Netzwerk **10** weist vier Weichen **11–14** auf, wobei alle Weichen durch physikalische Verbindungen **15** zwischen den Netzwerkports, die z.B. Punkt-zu-Punkt-Verbindungen bilden, zu einer Netzwerktopologie verbunden sind. Die mehreren Endsysteme **20–31** erstrecken sich von den Zugangsports an verschiedenen Weichen. Die Endsysteme sind in verschiedene Subgruppen verschiedenen VLAN-Kennungen (VLAN-IDs) unterteilt: Standard-VLAN (**17**), rotes VLAN (**18**) bzw. blaues VLAN (**19**). Wie in [Fig. 1](#) dargestellt, umfasst das rote VLAN die Endsysteme **20, 22, 25, 28** und **30**, und das blaue VLAN umfasst die Endsysteme **21, 23, 24, 26, 27, 29** und **31**. Das Standard-VLAN ist ein spezielles VLAN, dem anfänglich alle Ports und Endsysteme zugewiesen sind; nachdem sie einem anderen VLAN zugewiesen sind, werden sie von dem Standard-VLAN entfernt.

[0078] Das Switchen von Paketen zwischen den Endsystemen desselben VLANs wird durch eine verbindungsorientierte Switchingmaschine durchgeführt. Wenn die Richtlinie dies vorsieht, wird die Maschine Verbindungen nur für Endsysteme mit dergleichen VLAN-ID aufbauen. Jede Verbindung wird durch eine Kombination eines Tupels „Ziel-MAC-Adresse, Quell-MAC-Adresse, Eingangsport“ definiert.

[0079] Die Funktionsweise dieses beispielhaften VLAN-Netzwerks wird unter den folgenden Unterkapiteln erläutert:

- Verzeichnisadministration
- Verbindungsstatus-Topologieänderung
- Verbindungsmanagement
- Beispielhaftes SFPS-Netzwerk
- Auflösung zu Zielen außerhalb der Switch-Domäne

[0080] In diesem Beispiel ist die Verzeichnisadministration unter den verschiedenen Weichengeräten verteilt. Jede Weiche weist ein lokales Verzeichnis auf (siehe **Fig. 3**) von MAC-Adressen, Alias-Adressen und VLAN-Mappings der Endsysteme, nur für direkt an die Weiche angeschlossene Endsysteme, auf. Wenn ein an eine erste Weiche (Ingress- oder Anruf-absetzende Weiche) angeschlossener Benutzer mit einem an eine zweite Weiche (Egress- oder Zielweiche) angeschlossenen Benutzer kommunizieren muss, muss die erste Weiche die MAC-Adresse des Zielbenutzers und die MAC-Adresse der zweiten Weiche in einem Prozess auflösen, der als „Virtuelle Verzeichnisauflösung“ bekannt ist.

[0081] **Fig. 2** zeigt ein repräsentatives VLAN-Netzwerk **2**, das mehrere Weichen **3** mit Netzwerkports **5** aufweist, die durch Verbindungen **4** zu einer Netzwerktopologie verbunden sind, und mit Zugangsports **7**, die mit lokalen Endsystemen **6** verbunden sind. Das „virtuelle Verzeichnis“ **8** ist als schraffierte Fläche zwischen Strichellinien dargestellt, die das VLAN-Netzwerk **2** einkreist und alle Benutzer an den Endsystemen **6** umfasst. Das virtuelle Verzeichnis umfasst die Sammlung lokaler Verzeichnisse (**Fig. 3**), die an jeder Zugangsweiche im Netzwerk vorliegt, wie nachfolgend beschrieben. Zusätzlich kann gemäß einer Ausführungsform der Erfindung das virtuelle Verzeichnis Mappings zu „externen“ Netzwerken **10** enthalten, die über einen Router R mit einer Zugangsweiche verbunden sind (siehe das folgende Kapitel „Auflösung an Ziele außerhalb der Switch-Domäne“).

[0082] Während einer Erkennungszeit erkennt jede Weiche ihre lokal mit ihr verbundenen Endsysteme (d.h. Weiche **11** in **Fig. 1** erkennt die Endsysteme **20–22**), um ein Mapping der MAC-Adressen der Endsysteme zu Zugangsports zur Verfügung zu stellen, sowie ein Mapping der MAC-Adressen (oder Zugangsports) der Endsysteme zu VLAN-IDs. In dieser konkreten Ausführungsform ist ein lokales Verzeichnis bereitgestellt (siehe **Fig. 3a–Fig. 3b**), das alle den Knoten betreffenden Informationen enthält, umfassend:

- den Knoten (z.B. Maschinenadresse des Endsystems)
- etwaige, mit dem Knoten erkannte Protokolladressen einer höheren Schicht (Alias-Adressen)
- die VLAN-IDs, zu denen der Knoten abgebildet ist
- der/die lokale/n Port/s, an dem/denen der Knoten erkannt wurde (Plural bei redundanten Verbindungen)
- die Hardwareadresse der Besitzerweiche/n (Plural bei redundanten Zugangsweichen).

[0083] Wie in **Fig. 3a** dargestellt, umfasst das lokale Verzeichnis der Knoten in der Reihenfolge der Spalten: den „Weichenport“ (an den das Endsystem angeschlossen ist); die „Geräte-MAC-Adresse“ (für das angeschlossene Endsystem oder die Weiche); den „Knotenstatus“ („lokal“ bei einem angeschlossenen Endsystem; „virtueller Knoten“ bei einer angeschlossenen Weiche); „Ruf-Tag“ (für den zu diesem Eintrag gehörenden Anruf); „Zuletzt gemeldet“ (die Zeit, die vergangen ist, seit sich das angeschlossene Gerät zuletzt gemeldet hat); „Alter“ (Zeit seit Erkennung des Knotens); „Aliasanzahl“ (Anzahl von Alias-Adressen, die zu dem MAC-Endsystem abgebildet sind) und „VLAN-Anzahl“ (Anzahl der VLANs, zu denen der Eintrag gehört).

[0084] **Fig. 3b** umfasst ein Mapping der Benutzer-MAC-Adresse zu Protokolladressen einer höheren Schicht („Alias-Adressen“) wie etwa Netzwerkschichtadressen, Clientadressen und Serveradressen. Die Verwendung dieser Protokolladressen einer höheren Schicht ermöglicht es einer VLAN-Managementanwendung, Benutzer am richtigen Standort zu bestätigen oder zu platzieren. Wenn beispielsweise ein rotes VLAN zum IP-Subnetz **42** abbildet, dann sollten die Netzwerkschichtmappings für alle Benutzer des roten VLANs eine IP-Adresse anzeigen, die ebenfalls zum Subnetz **42** abbildet. Das lokale Verzeichnis mit Alias-Adressinformationen, wie in **Fig. 3b** dargestellt, umfasst die Felder: „Besitzerweiche“ (der Besitzer des angeschlossenen Endsystems); „Weichenport“; „Geräte-MAC-Adresse“; „Alias-Typ“ (z.B. IP oder IPX); „Alias-Adresse“; „VLAN-Richtlinie“ (nachfolgend erläutert) und „VLAN-ID (z.B. rot, blau, Standard).

[0085] Das Endsystem und/oder die VLAN-Mappings können durch eine externe Anwendung bereitgestellt sein. Gleich ob die Mappings an jeder lokalen Zugangsweiche implizit (z.B. durch Verwendung einer Tabelle mit Mappingkriterien oder protokollspezifischer Mappings) oder explizit (z.B. durch Verwendung einer externen Managementanwendung) erfolgen, der Hauptpunkt ist, dass jede Eingangswiche nur ihre lokal angeschlossenen Benutzer auflistet. Als Gruppe zusammengenommen, stellt diese Kombination der lokalen Verzeichnisse das „virtuelle Verzeichnis“ bereit, das sich ohne Weiteres auf eine große Anzahl von Benutzern skalieren lässt.

[0086] Die Zuweisung von VLANs zu einzelnen Ports ist die einfachste Ausführungsform, die in einer Weiche administriert und konstruiert sein kann. Ein Weichenport kann mehr als einem VLAN zugewiesen sein; alle Benutzer an einem Port mit mehreren VLANs werden jedoch den gesamten Datenverkehr zwischen den VLANs

sehen. Alternativ können VLANs auf der Basis von IP-Subnetzen oder System-MAC-Adressen zugewiesen werden.

[0087] Um Konnektivität anwendungsbereit (vor jeglicher VLAN-Administration) bereitzustellen, gehören per Standardeinstellung alle Weichenports und Endsysteme zu einem gemeinsamen VLAN (für tag-basiertes Fluten), das als das Standard-VLAN **19** (siehe [Fig. 1](#)) bekannt ist. Ist erst ein Port oder ein Endsystem einem bestimmten VLAN zugewiesen, so wird er/es automatisch vom Standard-VLAN entfernt.

[0088] Es kann auch wünschenswert sein, VLAN-Weichen Endsysteme in einem oder mehreren reservierten VLANs erkennen und automatisch platzieren zu lassen. Wenn beispielsweise Weichen IPX-Server erkennen, werden diese im VLAN „IPX-Server“ platziert.

[0089] Externe Dienste können mit dem lokalen Verzeichnis über seine Anwendungsprogrammchnittstelle (API – Application Programming Interface) kommunizieren. Dem Verzeichnis können durch diejenigen Anwendungen Informationen hinzugefügt werden, die Informationen zu den Knoten benötigen, um Switching-Entscheidungen zu treffen. Das Verzeichnis führt die Knoteninformation auf der Basis einer Gruppe von Regeln, bis der Knoten entfernt wird. Externe Dienste können auch über die API die Löschung eines Knotens anfordern.

[0090] In einer objektorientierten Programmiersprache wie C++ ausgeführt, kann das Verzeichnis eine Klasse umfassen, die die gemeinsame API bereitstellt und die Verzeichnisknoten sowie etwaige Tabellen, die für Suchanfragen benutzt werden, managt. Beispielsweise ermöglichen die Knotenverzeichnistabelle ([Fig. 3a](#)) und die Alias-Verzeichnistabelle ([Fig. 3b](#)) bidirektionale Suchanfragen, z.B. Knoten zu Alias oder Alias zu Knoten.

[0091] Einträge im lokalen Verzeichnis werden in einem lokalen Cache gespeichert und als permanente Einträge betrachtet, d.h. sie laufen nicht von selbst zeitabhängig ab, sondern müssen explizit aus dem Mapping genommen (gelöscht) werden. Ein Treffer im Lokalverzeichnis-Cache (lokale Auflösung) tritt ein, wenn eine Anruf-absetzende Weiche etwaige Mappings innerhalb ihres eigenen Lokalverzeichnis-Cache lösen kann.

[0092] Ein Nichttreffer im Lokalverzeichnis-Cache tritt ein, wenn eine Anruf-absetzende (Ingress-) Weiche etwaige Mappings nicht innerhalb ihres eigenen Lokalverzeichnis-Cache auflösen kann. Die Anrufabsetzende Weiche muss dann eine Auflösungsanfrage an das „virtuelle Verzeichnis“ ausgeben. Dies geschieht durch Übermittlung einer Auflösungsanfrage an alle anderen Weichen in der Domäne. Genauer wird eine Auflösungsanfrage des virtuellen Verzeichnisses auf einem Spannbaum aller Weichen versendet. Dies bewirkt praktisch eine zeitgleiche Überprüfung im virtuellen Verzeichnis, da jede Weiche die Auflösungsanfrage eigenständig verarbeitet. Nur die Weiche mit dem Mapping des Ziels im lokalen Verzeichnis antwortet; diese antwortende Weiche ist als die „Besitzer“-Weiche bekannt. Es können mehrere Besitzer vorhanden sein, wenn ein Endsystem redundant verbunden ist.

[0093] Wenn die Anruf-absetzende Weiche die aufgelöste Zieladresse empfängt, wird sie als ein Remote-Eintrag in einem anderen Cache in der Anruf-absetzenden Weiche, bekannt als ein Remote-(Lösungs-)Verzeichnis-Cache, gespeichert. Wie in [Fig. 4a](#) dargestellt (nur ein Teil der Spaltenüberschriften), kann das Remote-Verzeichnis im Wesentlichen ähnlich wie das lokale Verzeichnis ([Fig. 3a-Fig. 3b](#)) angeordnet sein. Die Einträge in dem Remote-Cache geben aktive oder versuchte Konnektivitätsauflösungen wieder und passen sich daher selbst an, d.h. der Remote-Cache passt sich in seiner Größe automatisch den tatsächlichen Lösungsanforderungen der Anruf-absetzenden Weiche an. Einträge in das Remote-Verzeichnis müssen zeitabhängig ablaufen, weil sich ein Remote-Mapping ändern kann, ohne dass die Anruf-absetzende Weiche das neue Mapping empfängt. Eine Alternative besteht darin, dass der Lösungseintrag nach einer kurzen Zeit der Nichtnutzung, für die der Eintrag gebildet wurde, ausläuft. Eine andere Alternative besteht darin, eine Referenzzählung für jeden Lösungseintrag zu verwenden, die mit den Verbindungen inkrementiert wird, und den Eintrag auslaufen zu lassen, wenn die Zählung gegen null geht (d.h. wenn Verbindungen nicht mehr mit ihm verknüpft sind).

[0094] Wenn eine Lösungsanforderung ausläuft, d.h. wenn es keinen bekannten Besitzer gibt oder die Anfrage/Antwort verloren geht, so behandelt die Anruf-absetzende Weiche das Ziel als unbekannt und sendet die Anfrage auf der Basis eines begrenzten Flutens aus. Ein unbekanntes Ziel kann beispielsweise auftreten, wenn sich ein „passives“ Gerät an den Weichenzugangsport anschließt, aber nie erkannt wird (durch Übermittlung eines Rahmens). Da der Besitzer des Ziels unbekannt ist, wird das Paket an alle Weichen zum begrenzten Fluten gesendet.

[0095] Statt einen separaten Spannbaum für jede VLAN-ID zu führen, wird für die Verbindung aller Weichen ein einziger Spannbaum unterhalten, und begrenztes Fluten wird erreicht, indem an die gefluteten Pakete die Quell-VLAN-ID angehängt wird. Beispielsweise kann ein IEEE-Taggingformat benutzt werden, um die universale Verwendbarkeit mit Geräten verschiedener Anbieter zu gewährleisten. In einer Ausführungsform kann der mit einem Tag versehene Rahmen von einem Host-Agent in einem Switching-Gerät erzeugt werden. Der mit einem Tag versehene Rahmen wird unter Verwendung einer Multicast-MAC-Adresse auf dem Spannbaum der Weichen ausgesendet. An allen Egress-Weichen wird der Rahmen von der Verbindungsmaschine umgeleitet und von einem Host-Agent verarbeitet. Hier wird die ursprüngliche Ladung (ursprüngliches Paket einschließlich Rahmen) entpackt und durch alle Zugangspoints ausgeflutet, die auf die VLAN-ID in dem mit einem Tag versehenen Rahmen passen.

[0096] Da mit einem Tag versehene Rahmen an jeder Egress-Weiche empfangen werden, kann an jeder Weiche ein kleiner schneller Cache mit Quell-VLAN-Mappings und Aliasen unterhalten werden, der als Cache für das Broadcast/Unbekannt-Verzeichnis bekannt ist. Wie in [Fig. 4b](#) dargestellt (nur ein Teil der Spaltenüberschriften), kann das Broadcast/Unbekannt-Verzeichnis die gleichen Informationen umfassen wie das lokale Verzeichnis (Knoten und Alias) – [Fig. 3a–Fig. 3b](#). Dieser Cache gestattet die umgehende Auflösung auf dem Antwortpfad, wenn sich das unbekannte Ziel auf der Egress-Weiche befindet. Im Wesentlichen bilden diese Einträge ein Verzeichnis von Quellen, die Broadcast-Pakete oder Pakete mit unbekanntem Ziel geflutet haben. Die Einträge zu gefluteten Broadcast/Unbekannt-Paketen können sehr viel schneller zeitabhängig auslaufen als die anderen Verzeichniseinträge und müssen lediglich lang genug bewahrt werden, um eine Antwort von einem Endsystem zu empfangen. Zwingt eine Antwort von einem Endsystem zu einem lokalen Lösungstreffer auf einen Eintrag aus dem Broadcast/Unbekannt-Cache, so wird dies als ein implizierter, remoter Lösungstreffer betrachtet, und der Eintrag wird in den Cache des Remote-Verzeichnisses an der Egress-Weiche „befördert“. Ist der Eintrag erst im Remote-Cache, verfällt er nun auf demselben Niveau wie dynamisch gelöste Einträge.

[0097] Diese verschiedenen Verzeichnisse (oder Cache-Speicher) können jeweils als ein separater Verzeichnisdienstanbieter unter einem Verzeichnisdienstbehälter vorhanden sein. Dies bedeutet, dass sie an- oder ausgeschaltet oder aus einem bestimmten Produkt vollständig ausgelassen werden können. Es bedeutet auch, dass ihre Verwendung unter der Verzeichnis-API und der Lösungssemantik versteckt ist – die Rufprozessoren in der Weiche wissen zu keiner Zeit, dass verschiedene Verzeichnisse existieren.

Beispiel

[0098] Das Folgende ist ein Beispiel eines Protokolls zur Auflösung einer MAC-Adresse eines Ziels, das nicht direkt an eine Anruf-absetzende Weiche angeschlossen ist.

[0099] Wie in [Fig. 5a](#) dargestellt, sind die Weichen S1–3 in Reihe mit einer ersten Endstation **32** (ES1) an einer ersten Weiche **35**, einer zweiten Endstation **33** (ES2) an einer zweiten Weiche **36** und einer dritten Endstation **34** (ES3) an einer dritten Weiche **37** verbunden. Für das Beispiel wird angenommen, dass Weiche S1 von ES1 ein ARP-Paket empfängt (ARP steht für Address Resolution Protocol, Adressenaufhebungsprotokoll, ein TCP/IP-Protokoll, das verwendet wird, um eine hochgradige IP-Adresse dynamisch an eine niedriggradige physikalische Hardware-Adresse zu binden), dessen Adresse ES1 für ES3 aufzulösen sucht. Erst nachdem die Auflösung im lokalen, Remote- und virtuellen Routerverzeichnis nicht möglich war, fügt ein Lösungsserver zwischen den Weichen einen Eintrag zu seiner Lösungstabelle zwischen den Weichen hinzu, der durch die absetzende Weiche (S1) und einen Ruf-Tag-Wert verschlüsselt ist. Der Ruf-Tag-Wert ist eine individuelle Kennung, die jedem Ruf gegeben wird, der von einer Weiche angenommen wird.

[0100] Weiche S1 erstellt dann eine Lösungsanfragemeldung, die aus den Feldern besteht, die sie auflösen möchte. In diesem Falle umfassen die Felder die Ethernet-(Netzwerk-)Adresse von ES3, die VLAN-ID, der ES3 zugewiesen ist, die VLAN-Richtlinie und die Weiche (S3), auf der sich ES3 befindet. Weiche S1 ruft dann einen Pfaddienst an, um zu bestimmen, auf welchem Netzwerkport die Anfrage ausgesendet werden sollte; dies ist ein separater Spannbaum von Weichen, die den Steuerungskanal zwischen den Weichen bilden. Der Pfaddienst sendet eine Liste von Netzwerkports zurück, die schleifenfreie Lieferung zu jeder Weiche in der Domäne bereitstellen; dieser Schritt wird bei jedem aufeinanderfolgenden Weichensprung wiederholt.

[0101] Weiche S2 empfängt die Lösungsanfragemeldung. Sie prüft ihren lokalen Auflösungsdienst, um herauszufinden, ob sie die Anfrage lösen kann. In diesem Fall kann sie es nicht, und sie fügt die Meldung ihrer eigenen Lösungstabelle zwischen den Weichen hinzu und leitet die Meldung aus ihren Netzwerkports zu den anderen nachgeschalteten Weichen weiter. Gäbe es keine nachgeschalteten Weichen und könnte Weiche S2

die Anfrage nicht lösen, würde sie das Statusfeld auf unbekannt einstellen und das Betriebsfeld auf Antwort und würde die Meldung zurück zu dem Port senden, von dem aus sie kam.

[0102] Da Weiche S2 aber einen nachgeordneten Weichennachbarn (Weiche S3) hat, erhält Weiche **3** die Lösungsanfrage. Von ihrem lokalen Lösungsdienst aus löst sie die Verzeichnis-Mappings für ES3 und formuliert eine Antwortmeldung, in der die gelöste Adresse und die VLAN-Information in die ursprüngliche Meldung eingefügt sind, zusammen mit der MAC-Adresse der Weiche S3 im entsprechenden Feld, das die Weiche als den „Besitzer“ des gelösten Ziels angibt. Dann sendet sie die Meldung aus dem Port zurück, an dem sie empfangen wurde.

[0103] Weiche S2 empfängt die Antwortmeldung und prüft ihre Lösungstabelle auf den Eintrag. Die Tabelle weist eine Anfragezählung und eine Antwortzählung auf, so dass die Weiche verfolgen kann, wie viele Anfragen und Antworten sie für eine konkrete Anfrage gesendet und empfangen hat. Wenn sie erst alle ihre Antworten auf eine konkrete Anfrage erhalten hat, leitet sie nur eine Antwort an die Weiche weiter, von der sie die Anfrage erhalten hat. Auf diese Weise erhält jede Weiche nur eine Antwort für jede Anfrage, die sie sendet. Dies gestattet es dem Mechanismus, sich mit der Erhöhung der Anzahl der Weichen zu skalieren.

[0104] Wenn die Weiche 2 die Antwort an die Weiche 1 zurück leitet, empfängt Weiche 1 die Meldung und verarbeitet sie. Wird ein positiver Status empfangen, so fügt die Weiche 1 die Verzeichnisinformation der Auflösungsanfrage in sein Remote-Verzeichnis ein und reicht die aufgelöste Adresse an ihre Anrufverarbeitende Statusmaschine weiter.

[0105] Das soeben beschriebene rekursive Verfahren besitzt allgemeinere Anwendbarkeit für das Senden von Anfrage/Antwortmeldungen in einer baumbasierten Topologie. Beispielsweise ist in [Fig. 5b](#) ein vereinfachter Baum dargestellt, der aus fünf Weichen (S1 bis S5) besteht, die als Knoten an dem Baum angeordnet sind. S1 ist die Wurzel (erste Ebene); S2 und S3 sind nachgeordnete Nachbarn von S1 (Ebene 2); S4 und S5 sind nachgeordnete Nachbarn von S2 bzw. S3 (Ebene 3). Der Algorithmus ist an jedem Knoten selbstständig und skaliert sich auf beliebige Baumtiefe und -breite. Auf jeder Ebene leitet ein Knoten eine Anfragemeldung an alle nächsten nachgeordneten Nachbarn weiter und wartet auf eine Antwort von jedem Nachbarn. Dann formuliert er eine einzige Antwort, die im Baum zurück nach oben weitergeleitet wird. Ein Beispiel für einen rekursiven Algorithmus zum Durchlaufen eines Baumes ist der Dijkstra-Algorithmus, der von R. Perlman, op.cit., Seiten 221–222 beschrieben ist.

Verbindungsstatus-Topologieänderung

[0106] Bevor eine Weiche ein Verbindungs-Mapping aufstellen kann, muss sie die Ausgangsportmaske für einen bestimmten „Quell-MAC-zu-Ziel-MAC“-Fluss, der eine Verbindung genannt wird, bestimmen. Dies geschieht durch einen Pfadbestimmungsalgorithmus, der von der Verbindung und der Weichenknotentopologie abhängt. Beispielsweise kann der kürzeste Pfad gewählt werden, auf der Grundlage von Parametern wie Gesamtverbindungskosten, Anzahl der an jeder Verbindung in dem Pfad zugeordneten Anrufe usw. Alternativ können mehrere Pfade mit gleichen Kosten zu einem gegebenen Ziel gewählt werden, um einen Lastenausgleich zu schaffen (d.h. gleichmäßige Verteilung des Datenverkehrs über die mehreren Pfade). Bevor jedoch ein Pfad zum Ziel gewählt werden kann, muss die Topologie zwischen den Weichen bestimmt werden.

[0107] In dieser Ausführungsform ist ein Verbindungsstatusprotokoll für die Bestimmung der Topologie zwischen den Weichen definiert. Zu einer allgemeinen Erläuterung des Verbindungsstatusroutings siehe Radia Perlman, „Interconnections: Bridges and Routers“ (Reading, Mass: Addison-Wesley, 1992), Seiten 221–222.

[0108] Es gibt vier Komponenten eines Verbindungsstatusroutingverfahrens. Erstens ist jede Weiche dafür verantwortlich, ihre Nachbarn kennenzulernen und ihre Namen zu erfahren. Es werden periodisch Hallo-Pakete auf allen Weichenschnittstellen gesendet, um Beziehungen zu den Nachbarn aufzubauen und aufrechtzuerhalten. Zusätzlich können Hallo-Pakete auf physischen Medien mit Multicast- oder Broadcast-Fähigkeit per Multicast versendet werden, um die dynamische Erkennung einer Nachbarweiche zu ermöglichen.

[0109] Alle mit einem gemeinsamen Netzwerk verbundenen Weichen müssen sich auf bestimmte Parameter einigen, z.B. Hallo und Totzeiten usw. Diese Parameter sind in den Hallo-Paketen enthalten; Unterschiede in diesen Parametern hemmen die Bildung von Nachbarschaftsbeziehungen. Beispielsweise bestimmt das Hallo-Intervall die Anzahl der Sekunden zwischen den Hallo-Paketen einer Weiche. Die Totzeit definiert die Anzahl der Sekunden, bevor eine stille (sich nicht meldende) Weiche für tot erklärt wird. Das Hallo-Paket kann ferner eine Liste von Nachbarn enthalten, genauer die Weichenkennung jeder Weiche, von der vor kurzem Hallo-Pa-

kete im Netzwerk gesichtet wurden; vor kurzem bedeutet innerhalb der letzten Totzeit.

[0110] Eine zweite Grundkomponente (eines Verbindungsstatusverfahrens) ist, dass jede Weiche ein Paket konstruiert, das als das „Verbindungsstatuspaket“ oder „LSP-Paket“ (Link State Packet) bekannt ist und eine Liste der Namen und Kosten zu jedem ihrer Nachbarn enthält. So werden, wenn eine Nachbarschaft initiiert wird, „Datenbankbeschreibungspakete“ ausgetauscht, die den Inhalt einer topologischen Datenbank enthalten. Zu diesem Zweck wird ein Umfrage-Antwort-Vorgang verwendet. Eine Weiche wird als Master festgelegt und die andere als Slave. Der Master sendet Datenbankbeschreibungspakete (Umfragen), die von den Datenbankbeschreibungspaketen, die von den Slaves gesendet werden (Antworten), bestätigt werden. Die Antworten sind mit den Anfragen über die Sequenznummern des Pakets verbunden.

[0111] Der Hauptteil des Datenbankbeschreibungspaketes ist eine Liste von Positionen, wobei jede Position ein Stück der topologischen Datenbank beschreibt. Jedes Stück wird als eine „Verbindungsstatusmitteilung“ bezeichnet und ist individuell durch eine „Verbindungsstatuskopfzeile“, mit einer Kennung versehen, die alle Informationen enthält, die nötig sind, um sowohl die Mitteilung als auch den gegenwärtigen Vorgang der Mitteilung individuell zu kennzeichnen.

[0112] Eine dritte Grundkomponente (eines Verbindungsstatusverfahrens) ist, dass die LSPs zu allen anderen Weichen übermittelt werden und jede Weiche die jüngste LSP von jeder anderen Weiche speichert.

[0113] Beispielsweise kann eine Weiche nach dem Austausch von Datenbankbeschreibungspaketen mit einer Nachbarweiche feststellen, dass Abschnitte ihrer topologischen Datenbank veraltet sind. Ein „Verbindungsstatusanfragepaket“ wird verwendet, um die Stücke der Datenbank der Nachbarin anzufordern, die aktueller sind. Das Versenden von Verbindungsstatusanfragepaketen ist der letzte Schritt bei dem Aufbau einer Nachbarschaft.

[0114] Eine Weiche, die ein Verbindungsstatusanfragepaket sendet, hat den genauen Vorgang der Datenbankstücke, die sie anfordert (bestimmt durch LS-Sequenznummer, LS-Prüfsumme und LS-Alter), im Sinn. Sie kann als Antwort sogar mehr Vorgänge erhalten. Jede angefragte Mitteilung ist durch ihren LS-Typ, ihre Verbindungsstatuskennung und die Mitteilungsweiche angegeben. Dies kennzeichnet eindeutig die Mitteilung, nicht aber den Vorgang. Verbindungsstatusanfragepakete werden als Anforderungen des jüngsten Vorgangs (was auch immer dieser sein mag) verstanden.

[0115] „Verbindungsstatusaktualisierungspakete“ tragen eine Sammlung von Verbindungsstatusmitteilungen einen Sprung von ihrem Ursprung weiter; in einem einzigen Paket können mehrere Verbindungsstatusmitteilungen enthalten sein. Verbindungsstatusaktualisierungspakete werden auf diejenigen physischen Netzwerken per Multicast versendet, die Multicast/Broadcast unterstützen. Um den Flutungsvorgang verlässlich zu machen, werden geflutete Mitteilungen in „Verbindungsstatusbestätigungspaketen“ bestätigt. Ist eine erneute Übermittlung bestimmter Mitteilungen notwendig, werden die neu übermittelten Mitteilungen durch Unicast-Verbindungsstatusaktualisierungspakete getragen.

[0116] Zusammenfassend gibt es fünf verschiedene Arten von Verbindungsstatusmitteilungen, von denen jede mit einer Standardkopfzeile zum Verbindungsstatus beginnt:

- Hallo
- Datenbankbeschreibung
- Verbindungsstatusanfrage
- Verbindungsstatusaktualisierung
- Verbindungsstatusbestätigung

[0117] Jede Verbindungsstatusmitteilung beschreibt ein Stück der Switch-Domäne. Alle Verbindungsstatusmitteilungen werden über die gesamte Switch-Domäne geflutet. Der Flutungsalgorithmus ist zuverlässig und gewährleistet, dass alle weichen dieselbe Sammlung von Verbindungsstatusmitteilungen haben. Diese Sammlung von Mitteilungen wird die Verbindungsstatus- (oder topologische) Datenbank genannt. Anhand der Verbindungsstatusdatenbank oder -tabelle (siehe [Fig. 6a](#)) konstruiert jede Weiche einen Baum für den kürzesten Pfad mit sich selbst als Wurzel. Dies ergibt eine Verbindungsstatus-Switchingtabelle (siehe [Fig. 6c](#)), die durch das Weiche/Port-Paar verschlüsselt ist. [Fig. 6b](#) ist ein Beispiel einer Verbindungsstatusnachbartabelle.

[0118] Die folgenden Felder können zur Beschreibung jeder Weichenverbindung benutzt werden.

[0119] Ein „Typ“-Feld gibt die Art der Verbindung an, die beschrieben wird. Es kann sich um eine Verbindung

zu einem Transitnetzwerk, zu einer anderen Weiche oder zu einem Stub-Netzwerk handeln.

[0120] Ein „Verbindungs-ID“-Feld kennzeichnet das Objekt, zu dem diese Weiche Verbindung aufnimmt. Wenn sie mit einem Objekt Verbindung aufnimmt, das ebenfalls eine Verbindungsstatusmitteilung erzeugt (d.h. eine andere Weiche oder ein Transitnetzwerk), so ist die Verbindungs-ID gleich der Verbindungsstatus-ID der anderen Mitteilung. Die Verbindungs-ID stellt den Schlüssel zum Aufsuchen einer Mitteilung in der Verbindungsstatustabelle bereit.

[0121] Ein „Verbindungsdaten“-Feld enthält Informationen, die von dem Typ-Feld der Verbindung abhängen. Es kann beispielsweise einen zur Weiche gehörenden Portnamen angeben, der während des Aufbaus der Switchingtabelle benötigt wird oder wenn der Portname des nächsten Sprungs berechnet wird.

[0122] Ein „Parameter“-Feld enthält die Anzahl der verschiedenen Parameter für „Dienstleistungsfelder“ (TOS – Types of Service) für diese Verbindung, wobei ein notwendiges Parameter-Feld TOS 0 nicht mitgezählt wird. Für jede Verbindung können verschiedene Parameter für jede Dienstart angegeben sein. Der Parameter sind die Kosten der Nutzung einer Auswärts-Weichenverbindung für Datenverkehr der angegebenen Dienstart (TOS).

[0123] Jede Weiche erzeugt eine Mitteilung zu „Weichenverbindungen“. Zusätzlich ist jederzeit eine Weiche ausgewählt, die als die „designierte Weiche“ dient. Die designierte Weiche erzeugt auch eine Mitteilung zu „Netzwerkverbindungen“ für jedes Transitnetzwerk (d.h. ein Netzwerk mit mehreren Zugängen, das mehr als eine angeschlossene Weiche aufweist) in dem Bereich. Die Mitteilung zu Netzwerkverbindungen beschreibt alle Weichen, die an das Netzwerk angeschlossen sind, einschließlich der designierten Weiche selbst. Das Verbindungsstatus-ID-Feld der Mitteilung listet die Weichen-ID der designierten Weiche auf. Die Entfernung vom Netzwerk zu allen angeschlossenen Weichen ist für alle Dienstarten null; so müssen die Felder Dienstart (TOS) und Parameter nicht in der Mitteilung zu Netzwerkverbindungen angegeben werden.

[0124] Eine vierte Hauptkomponente (eines Verbindungsstatusverfahrens) ist, dass jede Weiche, nunmehr mit einer kompletten Abbildung der Topologie ausgerüstet (die Informationen in den LSPs ergibt die vollständige Kenntnis des Graphen), einen Pfad zu einem gegebenen Ziel berechnet. So kann, wenn erst die LSPs verteilt und ordentliche Protokollnachbarschaften gebildet wurden, ein Dijkstra-Algorithmus (R. Perlmann, op.cit., Seiten 221–222) ausgeführt werden, um Routen zu allen bekannten Zielen in dem Netzwerk zu berechnen. Dies wird im nachfolgenden Kapitel „Verbindungsmanagement“ näher erläutert.

[0125] Einige der vorteilhaften Merkmale des vorliegend beschriebenen Verbindungsstatusprotokolls sind unten zusammengefasst.

[0126] Das Verbindungsstatusprotokoll benötigt keine Konfigurierungsinformationen. Stattdessen setzt es die MAC-Adresse eines Gerätes zur eindeutigen Kennzeichnung ein. Ports sind ebenfalls eindeutig mit Hilfe der MAC-Adresse der Weiche und eines Vorgangs der Portnummer gekennzeichnet.

[0127] Außerdem hat das Verbindungsstatusprotokoll keinen Dienstanbieter der Netzwerkschicht, da es auf der MAC-Schicht arbeitet. Infolgedessen sind in das Protokoll die notwendigen Merkmale, die typischerweise von einem Anbieter der Netzwerkschicht bereitgestellt werden, eingebaut, wie etwa Fragmentierung.

[0128] Um Netzwerkschichtdienste bereitzustellen, benutzt das Verbindungsstatusprotokoll eine gut bekannte Multicast-Adresse von Cabletron Systems, Inc. (00001D000000) für alle gesendeten und empfangenen Pakete. Dies ermöglicht, alle Medien als gemeinsame Broadcasts zu behandeln, was das Protokoll vereinfacht.

[0129] Wegen der „flachen“ Beschaffenheit geschwichteter Netze und der beliebigen Art der MAC-Adressenzuweisung lässt das vorliegende Protokoll keine Zusammenfassung des Adressraumes (oder klassische IP-Subnetzinformationen) oder Routing der Ebene 2 (IS-IS Phase V DECNet) zu. Es existiert ein einziger Bereich, und jede Weiche in diesem Bereich besitzt die gesamte Topologie des Weichennetzes.

[0130] Weil für das Weichennetz eine einzige Domäne existiert, besteht keine Notwendigkeit, für Erreichbarkeit zwischen den Domänen zu sorgen.

[0131] Statt den besten nächsten Sprung zu berechnen wie bei anderen ersten Algorithmen für den kürzesten Verbindungsstatuspfad, berechnet das vorliegende Protokollverfahren die nächsten besten Sprünge für den gesamten Pfad. Dies ist insofern bedeutsam, als der Pfad nur einmal bestimmt wird, statt bei jedem Weichen-

sprung. Es verhindert auch eine Neuberechnung des Pfads durch einen Weichensprung auf dem Pfad, falls sich während des Rufaufbaus die Topologie zufällig ändert.

[0132] Das Verbindungsstatusprotokoll benachrichtigt auch die Verbindungsdienste in jeder Weiche über etwaige Verbindung/Knoten-Statusänderungen; dies ermöglicht einen Mechanismus des „verteilten Anrufumleitens“. Beispielsweise würde bei Erhalt einer Meldung über eine unterbrochene Verbindung jede Weiche gegenwärtige Verbindungen (aktive Anrufe) in einer Datenbank zu aktiven Anrufen (benutzte Verbindungen) prüfen, und für jeden Eintrag, der die gerade ausgefallene Verbindung enthält, wird die Verbindung gelöscht; außerdem baut die Anruf-absetzende Weiche eine neue Verbindung auf. Dies schafft Synchronisierung zwischen den Änderungen der physikalischen Topologie und den abgebildeten Verbindungen. Die zum Umleiten notwendige Zeit ist mit der Konvergenz des Netzwerks gekoppelt. So wird nie eine Anfrage zur Aufzeichnung einer Verbindung gestartet, bis die physikalische Topologie bereits aktualisiert ist.

Verbindungsmanagement

[0133] Ein Datenverkehrsdienst ist verantwortlich für das Herstellen, Umleiten und Abbrechen von Verbindungen innerhalb des Weichennetzes. Es gibt drei Statusmaschinen: Ingress, Intermediate und Egress, die den Datenverkehrsdienst realisieren. Jeder Abschnitt einer Verbindung wird von der Statusmaschine gesteuert, die seinem Standort entspricht.

[0134] Die Anruf-absetzende Weiche, an die der Quellbenutzer (Endsystem) angeschlossen ist, ist der Ingress. Egress ist die Weiche, an der sich der Zielbenutzer (Endsystem) befindet. Intermediate ist jede Weiche entlang des Pfads, an der die Verbindung über Netzwerkverbindungen ankommt und startet. Nach diesen Definitionen kann eine Verbindung nur einen Ingress und einen Egress haben, plus null bis eine maximale Anzahl von Intermediate-Weichen. An jeder Weiche kann der Datenverkehrsdienst als alle drei Arten für verschiedene Verbindungen wirken.

[0135] Der Datenverkehrsdienst hat drei Clients: Verbindungsdienst, Verbindungsstatusprotokoll und Accounting. Der Verbindungsdienst nutzt den Datenverkehrsdienst zum Aufbau von Ende-zu-Ende-Verbindungen. Das Verbindungsstatusprotokoll informiert den Datenverkehrsdienst über Statusänderungen lokaler und remoter Verbindungen, um das Umleiten zu ermöglichen. Accounting nutzt den Datenverkehrsdienst, um Verbindungen aufzulösen, die nicht mehr benötigt werden.

[0136] Am Ende dieses Kapitels werden drei Status-Flussdiagramme ([Fig. 9–Fig. 11](#)) erläutert, um die Funktionalitäten der Ingress-, Intermediate- und Egress-Weiche zu illustrieren. Zunächst wird ein allgemeiner Überblick über den Anrufabsetzungsprozess erläutert, der die Fragen der Anwendung von Richtlinienbeschränkungen, das Auflösen von Broadcast-Paketen und das eingeschränkte Fluten von Broadcast/Unbekannt-Paketen umfasst.

[0137] Wie in dem Flussdiagramm in [Fig. 7a](#) dargestellt, wartet die Ingress-Weiche auf das Eintreffen eines Paketes (Schritt **100**). Bei Ankunft des Paketes (Schritt **101**) untersucht die Ingress-Weiche das Paket auf Quelladresse (QA) und Zieladresse (ZA) und notiert den Eingangsport, an dem das Paket empfangen wird. Dann muss sie die Ziel-MAC-Adresse auflösen. Ist die Ziel-MAC-Adresse bekannt, überprüft die Ingress-Weiche ihr lokales Verzeichnis und Remote-Verzeichnis auf ein Mapping zur Besitzerweiche der Zieladresse (Schritt **102**). Wird keines gefunden, überprüft die Ingress-Weiche das virtuelle Verzeichnis, indem sie eine Remote-Anfrage an alle anderen Weichen absetzt. Hat sie ein Broadcast-Paket, kann das Paket einem protokollspezifischen Anrufprozessor übergeben werden, der das Paket decodiert, um die Netzwerkquellen- und Zieladresse herauszufinden und sendet dann beispielsweise eine ARP-Anfrage, um die MAC-Adresse der Zielweiche zu erhalten. Ist die Adresse immer noch unbekannt, prüft die Ingress-Weiche ein SFRS-Verzeichnis von Zielen, die sich innerhalb der Switch-Domäne befinden (siehe die nachfolgende Erläuterung mit dem Titel „Auflösung auf Ziele außerhalb der Switch-Domäne“).

[0138] Ist die Zielweichenadresse gelöst, prüft dann die Ingress-Weiche, ob die Quelladressen (QA) und die Zieladresse (ZA) auf demselben VLAN sind, d.h. dieselbe VLAN-ID aufweisen (Schritt **103**). Dies ist der Punkt, an dem eine Zugangsrichtlinienregel angewendet werden kann. Beispielsweise sind, wie in [Fig. 7b](#) dargestellt, zwei Richtlinien für aufgelöste Unicast-Pakete bereitgestellt: offen und sicher. Eine offene Richtlinie lässt alle Verbindungen zu. Eine sichere Richtlinie lässt nur eine Verbindung zu, wenn die Quelle und das Ziel die gleiche VLAN-ID aufweisen; anderenfalls wird das Paket gefiltert. So setzt sich in [Fig. 7a](#), wenn die QA und die ZA die gleiche VLAN-ID aufweisen und sich die Quelle und das Ziel nicht an demselben Weichenport befinden (Schritt **105**), das Verfahren mit dem Aufbau einer Verbindung (Schritt **107**) fort. Befinden sich die Quelle und das Ziel

an demselben Port (schritt **105**), wird das Paket gefiltert (d.h. fallengelassen) (Schritt **106**). Weisen die Quelle und das Ziel nicht die gleiche VLAN-ID auf, dann prüft in Schritt **104** die Ingress-Weiche, ob sowohl die Quelle als auch das Ziel eine offene Richtlinie haben (die alle Verbindungen zulässt); haben beiden eine offene Richtlinie (Schritt **104**), wird das Paket entweder gefiltert oder verbunden, je nachdem, ob sich die Quelle und das Ziel an demselben Port befinden (Schritt **105**).

[0139] Wird die Zieladresse nicht bei Schritt **102** aufgelöst, wird das Paket zum begrenzten Fluten ausgesendet (Schritt **108**). Anderenfalls wird für Quelle-Ziel eine Verbindung aufgebaut. Dies ist unten beschrieben.

[0140] [Fig. 7c](#) stellt eine Tabelle mit VLAN-Richtlinienregeln für nicht aufgelöste (d.h. Broadcast-) Pakete dar. Eine „egal“-Richtlinie führt dazu, dass das Paket auf der Grundlage der Quell-VLAN-ID geflutet wird.

[0141] Das Folgende ist ein allgemeines Beispiel für die Anwendung von Parametern auf die Pfadbestimmung.

Beispiel

[0142] Wie in [Fig. 8](#) dargestellt, kann an einer Anrufabsetzenden Weiche X1 (**50**) eine Anfrage zur Pfadwahl für eine Zielweiche X5 (**54**) gestartet werden. Das Protokoll sendet den besten (also den mit den geringsten Gesamtparametern) Pfad zu X5 zurück. Dies wäre der Pfad „e, d“ (durch Weiche X4 (**53**)), gleiche Medien und Standardparameterzuweisungen vorausgesetzt. Pfad „e, d“ hat einen Wert von 10. Pfad „a, b, c“ (durch die Weichen X2 (**51**) und X3 (**52**)) hat einen Wert von 15 und würde nicht gewählt werden. Sollte Verbindung „e“ ausfallen, würde der Pfad „a, b, c“ übernehmen und weiterhin die Konnektivität bereitstellen. Sollte der Wert der Parameter so manipuliert sein, dass der „a, b, c“ und der Pfad „e, d“ denselben Wert aufweisen, würde das Protokoll auf die Anfrage zur Pfadwahl beide zurücksenden.

[0143] In den Statusflussdiagrammen der [Fig. 9–Fig. 11](#), die die Statusmaschinen für die Funktionen der Ingress-, Intermediate- und Egress-Weiche beschreiben, gelten die folgenden Konventionen:

- kursiver Text stellt eine in der Beschreibung verwendete Variable dar;
- Cnx ist eine Abkürzung für einen Verbindungsschlüssel, in diesem Falle „Ziel-MAC-Adresse, Quellen-MAC-Adresse, Eingangsport“;
- nur der Datenverkehrsdienst zeichnet Verbindungen zwischen Weichen auf oder löscht sie;
- eine Verbindung kann in einer Maschine erzeugt, jedoch noch nicht zur Weitergabe von Daten aktiviert sein (z.B. Ausgangsportmaske aus Nullen);
- ein Pfaddienst sendet eine „nach Reihenfolge geordnete Kette von Sprüngen“ von der Quell- zur Zielweiche.

[0144] [Fig. 9](#) beschreibt den Fluss einer repräsentativen Ingress-Statusmaschine, für die die folgenden Statusbeschreibungen, Ereignisbeschreibungen und Beendigungsbeschreibungen gelten; es ist anzumerken, dass alle Zustände in den Flussdiagrammen als Sn Text dargestellt sind, wobei Sn die Statuskennung ist und der Text hilft, die in dem Statusdiagramm umrissene Abfolge der Ereignisse zu beschreiben.

TABELLE 1: Statusbeschreibungen

<u>Kennung</u>	<u>Name</u>	<u>Beschreibung</u>
S0	Idle	Anfangszustand
S1	MapAck	Warten auf MapAck- (Mapping-Bestätigungs-) Meldung nachdem Mapping-Anfrage gesendet wurde
S2	Active	Verbindung hergestellt und in Betrieb
S3	UnmapAck	Warten auf UnmapAck- (Löschungsbestätigungs-) Meldung, nachdem Löschanfrage gesendet wurde

Tabelle 2: Ereignisbeschreibung

<u>Kennung</u>	<u>Name</u>	<u>Beschreibung</u>
E0	New	Neue Verbindungsanfrage an einer Ingress-Weiche gestartet. Das neue Ereignis umfasst einen CnX und eine Liste mit Pfaden zu gleichen Kosten.
E1	Map	Empfange Mapping-Anfrage mit einem CnX und Pfad in der Meldung. An Ingress-Weichen nicht gesehen.
E2	MapAck	Empfange Mapping-Bestätigung auf eine Mapping-Meldung.
E3	MapNak	Empfange Map Nak (Mapping Nicht Bestätigt) auf eine Mapping-Meldung. Eine Weiche wird Nak (nicht bestätigt), wenn sie keine Quellen mehr hat.
E4	MapUnk	Empfange Mapping Unbekannt auf eine Mapping-Meldung. Eine Egress-Weiche sendet dies, wenn sie den Zielbenutzer nicht mehr hat. Eine Intermediate-Weiche kann dies ebenfalls senden, wenn die Verbindung des nächsten Sprungs nicht existiert.
E5	Idle	Accounting hat ausgewählt, den CnX zu entfernen.
E6	Unmap	Empfange Löschanfrage mit einem CnX und Pfad in der Meldung. An Ingress-Weichen nicht gesehen.
E7	UnmapAck	Empfange Mapping-Bestätigung für Mapping-Meldung.
E8	Timer	Bestätigung, dass Schaltuhr abgelaufen ist. Es handelt sich um eine einmalig nutzbare Schaltuhr.
E9	Link-	Secure Fast Link State Protocol (SFLSP) hat Verbindungsausfall festgestellt.

Tabelle 3: Beendigungsbeschreibungen

<u>Kennung</u>	<u>Name</u>	<u>Beschreibung</u>
0	Unknown	Kann Ziel nicht finden, Anrufer wird fluten.
1	Nak	Keine Quellen oder keinen Pfad, Anrufer wird filtern (fallenlassen).
A1	Balance	Lastenausgleich zwischen alternativen Pfaden mit gleichen Kosten vom Pfaddienst bereitgestellt.
A2	MapTbls	Erstelle einen neuen Eintrag in der Traffic-Cnx-Tabelle. Füge zur Traffic-Cnx-Tabelle hinzu oder aktualisiere für jeden Sprung in der Verbindung durch Hinzufügen einer Verbindung zur Cnx-Beziehung. Gehe dann zurück und stelle die Cnx-zu-Verbindungs-Beziehung in der Traffic-Cnx-Tabelle her. Füge schließlich einen inaktiven Cnx zur Maschine hinzu.

- A3 SendMap Erstelle und sende ein Datenverkehrs-Mapping aus der ersten Verbindung in dem Pfad.
- A4 AckTimer+ Starte Bestätigungsschaltuhr. Benutze Anzahl der Sprünge, um den Schaltuhrwert zu bestimmen. *MaxRetries* ist auf Eins gestellt.
- A5 Retries? Inkrementiere Zähler für Neuversuche und Text, wenn *MAxRetries* überschritten ist.
- A6 UnmapTbls Lösche Cnx von der Maschine. Entferne Cnx aus der Traffic-Cnx-Tabelle. Lösche Cnx von etwaigen Verbindungen, die ihn benutzen. Wenn ein Zähler für Verbindungen einer Verbindung Null erreicht, entferne Verbindung aus der Tabelle.
- A7 Enable Aktiviere Cnx in der Maschine.
- A8 Caller Aktiviere Anrufer mit einem ConnectAck- (Verbindungsbestätigungs-) Code.
- A9 Disable Markiere Cnx in der Maschine als deaktiviert.
- A10 TxUnmap Erstelle und sende Traffic-Unmap- (Datenverkehr-löschen-) Meldung. Achtung: versucht erneut bis Erfolg oder Verbindungsereignis eintritt.
- A11 Paths? Ist ein alternativer Pfad verfügbar?
- A12 SendAck Sende MapAck (Mapping-Bestätigung) entlang eines Pfades zurück.
- A13 TxUnmapAck Sende eine UnmapAck (Löschbestätigung) entlang des Pfades zurück.
- A14 TxMapNak Sende MapNak/Unknown (Mapping nicht bestätigt/unbekannt) entlang des Pfades zurück.

[0145] [Fig. 10](#) ist ein Flussdiagramm eines Intermediate-Status: er folgt nur Anweisungen von der Ingress-Weiche der Verbindung.

[0146] [Fig. 11](#) ist ein Flussdiagramm eines Egress-Status: er folgt nur Anweisungen von der Ingress-Weiche der Verbindung. Er trifft auch die Entscheidung über Bestätigung/keine Bestätigung.

[0147] [Fig. 12](#) zeigt die Traffic-Cnx-Tabelle und [Fig. 13](#) zeigt die Datenverkehr-Verbindungstabelle.

[0148] Zusammenfassend löst die Ingress-Weiche das Ziel-Endsystem und die Zielweiche auf, bestimmt einen Pfad und sendet eine source-routed Verbindungsmeldung (die eine nach Reihenfolge geordnete Liste von Weichenknoten und Verbindungen auf dem Pfad enthält), um alle Weichen auf dem Pfad einzustellen. Jede Weiche auf dem Pfad bildet eine Verbindung in ihrer Switching-Tabelle ([Fig. 6c](#)) auf der Grundlage des Quelle-Ziel-MAC-Adressenpaares auf. Die letzte (Egress-) Weiche auf dem Pfad sendet ein Pfadbestätigungssignal zurück zur Ingress-Weiche, und dann leitet die Ingress-Weiche die Daten weiter. Die Daten bleiben als transparente Pakete bestehen, d.h. die Datenpakete werden nicht an jedem Weichensprung mit Routing-Daten des nächsten Sprungs modifiziert.

[0149] Jede Weiche auf dem Pfad unterhält eine Datenbank „Benutzte Verbindungen“ (siehe [Fig. 14](#)), die alle Verbindungen für jeden aktiven Anrufpfad enthält. Wenn das Verbindungsstatusprotokoll entdeckt, dass eine Verbindung ausgefallen ist, erhält jede Weiche auf dem Pfad eine Verbindungsstatusmitteilung, die sie über diese Tatsache benachrichtigt. Wird die Verbindung verwendet (durch eine aktive Verbindung), so wird/werden die Verbindung/en, die die ausgefallene Verbindung benutzen, gelöscht, bevor weitere Datenpakete über die ausgefallene Verbindung gesendet werden. Diese Fähigkeit jeder Weiche „vorauszuschauen“ reduziert die Anzahl verlorener oder fallengelassener Pakete. Die Ingress-Weiche wählt eine neue Route und sendet mit dem neuen Pfad eine neue Verbindungsmeldung zwischen den Weichen. Alle Netzwerk- oder Trunk-Weichen lösen Verbindungen, die die ausgefallene Verbindung benutzen, und alle Zugangsweichen leiten etwaige abgesetzte Anrufe, die die ausgefallene Verbindung benutzen, um.

[0150] [Fig. 15](#) zeigt schematisch eine VLAN-Domäne **140**, in der mehrere VLAN-Weichen **141**, **142** von einer VLAN-Managementanwendung **143** gemanagt werden. Die Weichen weisen Zugangsports **144** auf, die mit Endsystemen **145** verbunden sind, und Netzwerkports **146**, die die Weichen verbinden. Wie bereits erläutert, erfolgt ein Topologieaustausch zwischen den Weichen **141** und **142**. Die Managementanwendung **143** kommuniziert über das SNMP-Nachrichtenprotokoll (Simple Network Management Protocol – Einfaches Netzwerkmanagementprotokoll) mit jeder Weiche auf den Verbindungen **147**.

[0151] Die Weichen können SNMP-MIBs zum Elementmanagement und zur Fernsteuerung der Weichenelemente enthalten. Auf die gemanagten Objekte, die über die MIB (Management Information Base – Managementdatenbank) zugänglich sind, kann mit den standardmäßigen Meldungen in SNMP Get, GetNext, und Set zugegriffen werden. Die MIB-Schnittstelle ermöglicht es einer externen Anwendung, die VLAN-Mappings Zugangsports und/oder Endsystemen zuzuweisen.

Beispielhaftes SFPS-Netzwerk und Weichen

[0152] [Fig. 16](#) zeigt eine repräsentative Netzwerktopologie, die aus sechs SFPS-Weichen (Secure Fast Packet Switches), mit S1–S6 gekennzeichnet, aufgebaut und durch Verbindungen L verknüpft ist. Jede Weiche besitzt beispielsweise vier Ports; einige Ports sind mit A wie Access (Zugang) gekennzeichnet, und einige sind mit N wie Netzwerk gekennzeichnet. Die Endsysteme sind über Verbindungen L an die Zugangsports angeschlossen und sind mit M_ markiert. Ein Endsystem ist eine Netzwerkmanagementstation (NMS) oder ein Server (M10), was auch einen externen Verbindungsdienst und/oder eine VLAN-Managementanwendung umfassen kann.

[0153] [Fig. 17](#) ist eine schematische Darstellung einer SFPS-Weiche **170** mit mehreren Ports **171**. Ein Hostport **172** schließt die Weiche an ihren Host-Prozessor **173** an, der ein Mikroprozessor I960 von Intel Corporation sein kann. Der Host-Prozessor ist an einen System-Management-Bus (SMB) **174** zum Empfang und zur Übermittlung von Erkennungs- und anderen Steuerungsmeldungen verbunden.

[0154] [Fig. 18](#) zeigt die interne Funktionsweise eines Weichenmoduls **178**. Die Weiche umfasst Eingangsports **180**, Ausgangsports **181**, eine Verbindungsdatenbank **182**, eine Durchsuchungsmaschine **183** und einen Multilevel Programmable Arbiter (MPA) **184**. Die Weiche sendet und empfängt Meldungen vom Host-Agent **185**, der einen Management-Agent **187**, einen Erkennungs-Agent **188** und einen VLAN-Agent **189** umfasst.

Der Management-Agent **187** stellt die externe Steuerung der Weiche durch das Netzwerkmanagementsystem M10 bereit. Der Erkennungs-Agent **188** stellt durch eine Fähigkeit zum passiven Abhören (Snooping) ein Mapping lokaler Endsysteme zu Weichenports bereit. Benachbarte Weichen werden ebenfalls erkannt und durch ein explizites Weiche-zu-Weiche-Protokoll (nicht passiv) abgebildet. Der VLAN-Agent bildet VLANs zu Zugangsports oder Endsystemen ab.

Auflösung auf Ziele außerhalb der Switch-Domäne

[0155] Ein weiteres Merkmal der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zur Auflösung der Erreichbarkeit von Zielen bereitzustellen, die sich außerhalb der Switch-Domäne befinden, nämlich irgendwo jenseits der Zugangsweichen. Endsysteme, die zur Switch-Domäne extern sind, werden zu einer Randweiche aufgelöst, wodurch das Endsystem erreicht werden kann. Die Anwendung dieses Verfahrens führt zu einem geringeren Prozentsatz an Broadcast-Flutung und stellt eine verbesserte topologische Ansicht von Netzwerken außerhalb der Switch-Domäne bereit.

[0156] [Fig. 19](#) zeigt eine vollständig aktive Netzwerk-Switch-Domäne **190**, die aus Zugangsweichen **191A–D** und Netzwerkweichen **192A–D** besteht, die jeweils durch eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung **193** verbunden sind. Die Weichen weisen Netzwerkports auf, die an andere Weichen angeschlossen sind, und Zugangsports, die an Endsysteme **194** angeschlossen sind. Jede Zugangsweiche besitzt ein lokales Verzeichnis **195A–D**. Ein Netzwerk **196** außerhalb der Switch-Domäne ist über einen Router **197** mit einer der Zugangsweichen **191D** verbunden. Gemäß der vorliegenden Erfindung ist ein virtuelles Routerverzeichnis **198D** bereitgestellt, um die Erreichbarkeit von Zielen in dem externen Netzwerk aufzulösen.

[0157] Das Verfahren wird im Vorliegenden als SFERS (Secure Fast Routing Services) bezeichnet. SFERS ist ein Erkennungs- und Auflösungs-(Verzeichnis-)Dienst, der in allen VLAN-Weichen angeordnet, aber nur aktiviert ist, wenn ein Router oder Server an die Zugangsports der Weiche (d.h. an der Zugangsweiche **191D**) angeschlossen ist. Es ist ein managebarer Dienst und ermöglicht in der vorliegenden Ausführungsform die Auflösung der Erreichbarkeit von Ziel-IP- und IPX-Netzwerken, die sich irgendwo hinter einer Zugangsweiche befinden; außerdem ermöglicht er für IPX-Clients das Auffinden des nächsten IPX-Netwareservers.

[0158] In der folgenden Erläuterung bedeutet der Begriff „internal/intern“, dass sich das Zielnetzwerk, an das ein bestimmter Host angeschlossen ist, innerhalb der Switch-Domäne befindet. Bei internen Hosts wird der normale Verbindungsanfrage-Rufaufbau durchgeführt (siehe vorhergehende Erläuterung).

[0159] In der vorliegenden Verwendung impliziert der Begriff „external/extern“, dass sich das Zielnetzwerk hinter einer Zugangs-(Rand-)Weiche befindet. In diesem Fall gibt der SFERS die MAC- oder Netzwerkadresse der Egress-Weiche (die mit dem Zielnetzwerk verbunden ist) an die Ingress-Weiche weiter, und die Ingress-Weiche baut eine VLAN-Verbindung zwischen dem Quellhost und der MAC-Adresse der Egress-Weiche auf.

[0160] Der SFERS umfasst IP- und IPX-SFR-Server, die Routingmitteilungen auffinden und sammeln. Die Mitteilungen werden für den Aufbau von Topologietabellen des internen Netzwerks und der Server verwendet. Die SFERS-Geräte senden keine Mitteilungen; ihr Zweck besteht darin, die Topologietabellen zu führen und Zielnetzwerkadressen oder Netzwerkserver zu einer MAC-Adresse aufzulösen.

[0161] SFERS ist einer von mehreren Auflösungsservern, die während des Verbindungsaufbaus abgefragt werden. Wie bereits in Bezug auf [Fig. 7a](#) erläutert, umfassen die anderen Auflösungsserver das lokale Verzeichnis, das Remote-Verzeichnis, das virtuelle Verzeichnis und das Broadcast/Unbekannt-Verzeichnis. Kann der SFERS-Server die Netzwerkadresse nicht auflösen, fragt der Rufverarbeitungscode die anderen Auflösungsserver-Agents ab (entweder vor oder nach dem SFERS-Server). Wird sie nicht gefunden, kann einer der Auflösungs-Agents über die Switch-Domäne (das virtuelle Verzeichnis) eine Fernabfrage durchführen, wie bereits erläutert. Alle Remote-Weichen empfangen diese Abfrage und durchlaufen ihre Tabelle von Auflösungsservern, von denen einer der SFERS ist.

[0162] Die SFERS-Auflösungsfunktion wird von dem Rufprozessor der Ingress-Weiche angerufen, um eine Zielnetzwerkadresse, einen Netware-Server oder einen anderen Protokolldienst zu einer MAC-Adresse aufzulösen. Der SFERS sendet EXTERNAL zurück, wenn die Ingress-Weiche zur MAC einer Egress-Weiche verbinden muss, und sendet INTERNAL oder UNKNOWN zurück, wenn sie nicht zu einer Egress-Weiche auflösen kann.

Beispiel IPX-Netware-Topologie

[0163] Fig. 20 zeigt eine beispielhafte IPX-Switch-Domäne 200, die durch Router und Zugangsweichen an Clients und Server angeschlossen ist. Alle Zugangsweichengeräte 201–203 sind an das externe IPX-Netzwerk 0x00102259 angeschlossen. Es gibt zwei andere externe IPX-Adressen, die an Router angeschlossen sind: Router A (204) hat das Netzwerk 0x00122152 und Client 3 (205) auf demselben Segment, und Router B (206) hat das Netzwerk 0x00050570 und den Netware-Server FERN (207). Die Router A und B sind auch an das IPX-Weichennetzwerk 0x00102259 angeschlossen. Client 1 (208) und Server NAHE (209) sind über die Zugangsweiche 3 (203) direkt an das IPX-Weichennetzwerk angeschlossen. Die Server Srvr 1 (210) und Srvr 2 (211) sind durch die Zugangsweiche 1 (201) direkt an das IPX-Weichennetzwerk angeschlossen.

[0164] Eine externe IPX-Netzwerkadresse ist an ein Segment aus physikalischen Medien wie LAN oder WAN gebunden und in Fig. 20 durch eine durchgehende, fett gedruckte Linie markiert. Eine interne IPX-Netzwerkadresse ist ein logisches Netzwerk, das jedem Netware-Server zugewiesen ist und in Fig. 20 durch eine gestrichelte Linie markiert ist.

Netware-RIP und -SAP-Mitteilungen

[0165] Netware-Server teilen ihre Erreichbarkeit mit Hilfe eines Routingprotokolls namens SAP, Service Advertisement Protocol, mit. Zugangsweichen erkennen die Netware-Server über Broadcasts innerhalb der IPX-Broadcastgruppe nur an ihren Zugangspunkten. Sie machen diese Mitteilungen ausfindig und sammeln sie und senden dann die Mitteilungen regelmäßig erneut für die Router und Server hinter ihnen.

[0166] In Fig. 20 teilen die Netware-Server Srvr 1 (210) und Srvr 2 (211) ihre Netzwerkdienste mit Hilfe von SAP über die Zugangsweiche SW1 (201) mit. SW1 nimmt Srvr 1 und Srvr 2 zusammen mit ihren MAC-Adressen in ihre SAP-Tabelle (unten dargestellt) auf und flutet die Mitteilung über das IPX-VLAN (200). Srvr 1 und Srvr 2 teilen die Erreichbarkeit ihrer internen Netzwerke mit Hilfe von RIP mit. Das interne Netz von Srvr 1 lautet 0x00111111 und das von Srvr 2 lautet 0x00222222. SW1 empfängt und flutet diese RIP-Mitteilungen separat und aktualisiert sie dann in ihre RIP-Tabelle (unten dargestellt). Server NAHE (209) arbeitet auf dieselbe Weise wie Srvr 1 und 2, nur dass er durch SW3 (203) eintritt und eine interne Adresse 0x00333333 aufweist. Server FERN (207) befindet sich hinter Router B (206), also teilt Router B die Dienste von FERN und seine interne Netzwerkadresse 0x00444444 mit; die Dienste und Netzwerkadresse von FERN werden mit der MAC-Adresse von Router B verknüpft. Die Router A und B teilen die Erreichbarkeit ihrer externen Netzwerkadressen mit Hilfe von RIP mit; die externe Adresse von Router A lautet 0x00122152 und die von B 0x00050570.

[0167] Die folgenden Servertabellen ermöglichen es den Zugangsweichen 1 und 3, auf SAP-Anfragen zu reagieren:

Zugangsweiche 1 SAP-Ansicht

Server		Server		
Name	ServerNet	Type	Hops	NextHop MAC
Srvr1	0x00111111	0004	1	00:00:1d:01:01:01
Srvr2	0x00222222	0004	1	00:00:1d:02:02:02

Zugangsweiche 3 SAP-Ansicht

Server		Server		
Name	ServerNet	Type	Hops	NextHop MAC
FERN	0x00444444	0004	2	00:00:1d:00:00:0B
FERN	0x00444444	0072	2	00:00:1d:00:00:0B
NAHE	0x00333333	0004	1	00:00:1d:03:03:03

[0168] Die folgenden RIP-Servertabellen sind für die Zugangsweichen 1, 2 und 3:

Zugangsweiche 1 IPX-RIP-Ansicht

<u>Network</u>	<u>Hops</u>	<u>Next HopNet</u>	<u>NextHop MAC</u>	<u>Type of Net</u>	<u>Location</u>
0x00102259	0	0x00102259	00:00:1d:00:01:01	Routed	Internal
0x00102259	0	0x00102259	00:00:1d:02:02:02	Routed	Internal
0x00111111	1	0x00102259	00:00:1d:00:01:01	Server	External
0x00222222	1	0x00102259	00:00:1d:02:02:02	Server	External

Zugangsweiche 2 IPX-RIP-Ansicht

<u>Network</u>	<u>Hops</u>	<u>HopNet</u>	<u>NextHop MAC</u>	<u>Type of Net</u>	<u>Location</u>
0x00102259	0	0x00102259	00:00:1d:00:01:0A	Routed	Internal
0x00122152	1	0x00000000	00:00:1d:00:00:0A	Routed	External

Zugangsweiche 3 IPX-RIP-Ansicht

<u>Network</u>	<u>Hops</u>	<u>HopNet</u>	<u>NextHop MAC</u>	<u>Type of Net</u>	<u>Location</u>
0x00102259	0	0x00102259	00:00:1d:03:03:03	Routed	Internal
0x00102259	0	0x00102259	00:00:1d:00:00:0B	Routed	Internal
0x00050570	1	0x00102259	00:00:1d:00:00:0B	Routed	External
0x00333333	1	0x00102259	00:00:1d:03:03:03	Server	External
0x00444444	2	0x00102259	00:00:1d:00:00:0B	Server	External

Interner Verbindungsaufbau in Netware

[0169] Das folgende Verfahren beschreibt einen internen Verbindungsaufbau in dem IPX-Netzwerk der **Fig. 20**:

- Zugangsweiche 3 (**203**) erhält eine Anfrage „get nearest server“ (nächstgelegenen Server finden) von IPX-Client 1 (**208**), die den Anschluss an einen beliebigen Datenserver anfordert.
- Zugangsweiche 3 ruft die SFRS-Auflösungsfunktion, um den nächstgelegenen Server zu erfahren.
- SFRS meldet die interne IPX-Adresse und die MAC-Adresse seines nächstgelegenen Servers, NAHE (**209**), zurück und dass er INTERNAL (intern) ist.
- Zugangsweiche 3 stellt eine Verbindung von der MAC-Adresse des Client 1 zur MAC-Adresse des Servers NAHE her und gibt dann ein Unicastpaket „get nearest server“ an die MAC-Adresse von NAHE aus.
- Server NAHE antwortet mit seinem Dateidienst namens NAHE und seiner internen Netzwerkadresse 0x00333333.
- Client 1 sendet ein Broadcast mit einer IPX-RIP-Anfrage, die sich über die Erreichbarkeit der internen Netzwerkadresse 0x00333333 erkundigt. Zugangsweiche 3 ruft SFRS, um die Adresse 0x00333333 aufzulösen.
- SFRS stellt fest, dass 0x00333333 INTERNAL ist und meldet die physikalische MAC-Adresse des Servers NAHE zurück.
- Zugangsweiche 3 sendet ein Unicast mit der RIP-Anfrage an NAHE, der Server NAHE gibt eine RIP-Antwort aus, und dann ist die Sitzung vollständig, wenn sich Client 1 auf NAHE einloggen will.

Externer Verbindungsaufbau in Netware

[0170] Das folgende Verfahren beschreibt einen externen Verbindungsaufbau in dem IPX-Netzwerk der **Fig. 20**:

- IPX-Client 2 (**212**) „schließt sich“ an den Netware-Server NAHE (**209**) von Zugangsweiche 2 (**202**) zur Zugangsweiche 3 (**203**) wie oben unter „Interner Verbindungsaufbau in Netware“ beschrieben an, nur ist es über einen Remote-Anfrageruf aufgelöst.

- Client 2 möchte sich auf dem Server FERN (**207**) einloggen, den er gefunden hat, indem er die Namensbindungstabelle des Servers NAHE eingesehen hat, um die interne Adresse von FERN 0x00444444 zu erfahren. Client 2 gibt ein RIP-Broadcast zur Erreichbarkeit der internen Adresse von FERN aus.
- Zugangsweiche 3 ruft SFRS, um die Adresse 0x00444444 aufzulösen.
- SFRS stellt fest, dass 0x00444444 EXTERNAL ist und meldet die MAC-Adresse der Routers B (**206**) zurück.
- Zugangsweiche 3 baut eine Verbindung zwischen der MAC des Clienten 2 und der MAC des Routers B auf und sendet dann ein Unicast mit einer RIP-Anfrage an Router B.
- Router B antwortet mit der Erreichbarkeitsinformation im Netzwerk 0x00444444. Alle weiteren an den Server FERN gerichteten Meldungen von Client 2 werden durch Router B weitergeleitet. Die Weichenverbindung besteht zwischen Client 2 und der MAC-Adresse des Routers B.

Beispielhafte IP-Topologie

[0171] [Fig. 21](#) zeigt eine beispielhafte IP-Netzwerktopologie unter Verwendung von SFRS, die IP-Hosts umfasst, die untereinander über Router und Zugangsweichen verbunden sind, und die das Netzwerk 134.141.0.0 abdeckt. Das Netzwerk ist mit der Maske 255.255.255.0 subvernetzt. Es sind vier IP-Subnetze dargestellt. Das Weichenbasisnetz (**220**) setzt sich aus den Subnetzen 134.141.41.0 und 134.141.43.0 zusammen. Zwei der anderen Subnetze befinden sich hinter Randroutern: Subnetz 134.141.50.0 (**228**) hinter Router A (**224**) und Subnetz 134.141.90.0 (**229**) hinter Router B (**225**). Die Zugangsweichen 1–3 (**221–223**) erkennen die IP-Routen über Broadcasts innerhalb der IP-Broadcastgruppe der Switch-Domäne. IP-Router teilen die Erreichbarkeit von Netzwerken mit Hilfe von IP-RIP oder -OSPF mit. Diese Mitteilungen werden ebenfalls gesammelt und regelmäßig neu versendet.

[0172] Die folgenden IP-RIP-Routingtabellen gelten für die Zugangsweichen 1–3:

Zugangsweiche 1 IP-Routingtabelle

<u>IP Network</u>	<u>Hops</u>	<u>NHopNet</u>	<u>Type</u>	<u>Location</u>
134.141.41.0	0	0.0.0.0	Static	Internal
134.141.43.0	0	0.0.0.0	Static	Internal

Zugangsweiche 2 IP-Routingtabelle

<u>IP Network</u>	<u>Hops</u>	<u>NHopNet</u>	<u>Type</u>	<u>Location</u>
134.141.41.0	0	0.0.0.0	Static	Internal
134.141.41.0	0	134.141.41.6	Static	Internal
134.141.43.0	0	0.0.0.0	Static	Internal
134.141.50.0	0	134.141.41.6	Routed	External

Zugangsweiche 3 IP-Routingtabelle

<u>IP Network</u>	<u>Hops</u>	<u>NHopNet</u>	<u>Type</u>	<u>Location</u>
134.141.41.0	0	0.0.0.0	Static	Internal
134.141.41.0	0	134.141.41.7	Routed	Internal
134.141.43.0	0	0.0.0.0	Static	Internal
134.141.90.0	1	134.141.41.7	Routed	External

Interner IP-Verbindungsaufbau

[0173] Das folgende Verfahren beschreibt einen internen Verbindungsaufbau in dem IP-Netzwerk der [Fig. 21](#):

- Zugangsweiche 2 (**222**) empfängt ein ARP-Broadcast von 41.5 (**227**), das eine Verbindung zu 43.8 (**226**) anfordert.
- Der IP-Rufverarbeitungs-Agent in Zugangsweiche 2 ruft SFRS, um die IP-Adresse 43.8 aufzulösen.
- Das IP-SFRS sucht seine Routingtabelle nach 43.8 ab. Es sollte sie nicht finden und nimmt daher an, die Netzadresse kann innerhalb der Switch-Domäne gefunden werden und meldet INTERNAL zurück. Die Zu-

gangsweiche 2 sollte eine direkte Verbindung zu 43.8 versuchen.

- Zugangsweiche 2 kann auf das Fluten der ARP-Anfrage zurückgreifen, falls sie die Anfrage nicht von ihren anderen Auflösenservern lösen kann. Wird die Anfrage geflutet, wird die Verbindung aufgebaut, wenn 43.8 antwortet.

Externer IP-Verbindungsaufbau

[0174] Das folgende Verfahren beschreibt einen externen Verbindungsaufbau in dem IP-Netzwerk der [Fig. 21](#):

- Zugangsweiche 2 (**222**) empfängt ein ARP-Broadcast von 41.5 (**227**), das eine Verbindung zu 90.1 (**229**) anfordert.
- Der IP-Rufverarbeitungs-Agent in Zugangsweiche 2 ruft IP-SFRS, um die IP-Adresse 90.1 aufzulösen.
- Das SFRS sucht seine Routingtabelle ab und meldet die IP-Adresse 90.1 als EXTERNAL zurück und verbindet zum Router B bei 90.5 mit Hilfe der MAC-Adresse des Routers B.
- Zugangsweiche 2 stellt im Namen von 90.1 eine VLAN-Verbindung zum Router B bei 90.5 her.

Schnittstellenverbindungen zu Secure Fast Routing Services

[0175] [Fig. 22](#) zeigt die Komponenten der Secure Fast Routing Services (SFRS). Auf der untersten Ebene beginnend, sind die physikalischen Weichenports **250** an eine Hardware-assistierte Weichenkomponente **251** angeschlossen, die unter dem Paketlieferungssystem **252** sitzt, das von der Hardware-Plattform bereitgestellt wird. Broadcasts und Host-gebundene Unicasts werden der SFPS-Weichenmaschine **253** übergeben, die sie zu einem der IP- oder IPX-Rufprozessoren **254** oder **258** weiterleitet oder sie zum Managementhostport **262** zwecks lokaler IP-Lieferung **263** (mit SNMP, Streams, Telnet und MIB-Navigator) umleitet, um das Paket zu verbrauchen, d.h. fallenzulassen. Die IP- und IPX-Rufprozessoren (**254** bzw. **258**) liefern Broadcast-Pakete und lösen Anrufe zu ihren jeweiligen Secure Fast Routing Services (**255** bzw. **259**) mit Hilfe einer Anwendungsschnittstelle auf. Die Secure Fast Routing Services (**255** bzw. **259**) von IP und IPX liefern das Broadcast-Paket und lösen Anrufe auf das richtige Routingprotokoll mit Hilfe ihrer jeweiligen IP-OSPF- (**256**), IP-RIP- (**257**) oder IPX-RIP- (**260**) und IPX-SAP- (**261**) Tabellen.

[0176] Das SFPS-Liefersystem gewährleistet, dass OSPF-, IP-RIP-, IPX-RIP- und -SAP-Mitteilungen nicht nur an die Secure Fast Routing Services geliefert werden, sondern auch über das VLAN des Routingprotokolls verbreitet werden. Dies ist allgemein in [Fig. 23](#) dargestellt. Bei Erhalt einer Routingprotokollmitteilung leitet der SFPS-Rufprozessor **270** das Paket an die Secure Fast Routing Services (**271**) weiter, indem er seine Lieferfunktion anruft und die richtigen, im SFRS-API beschriebenen Parameter vorlegt. Das SFRS (**271**) schaltet das Paket zur richtigen Routingprotokollmaschine (**272**). Die Routingprotokollmaschine macht die Mitteilungen ausfindig und baut deren Topologietabelle auf.

[0177] Jede der oben beschriebenen Ausführungsformen kann in einem Computer zum Allgemeingebrauch **190** ausgeführt sein, wie in [Fig. 24](#) dargestellt. Der Computer kann einen Prozessor (CPU – computer processing unit) **191**, einen Speicher **192**, einen Processing-Bus **193**, mit dessen Hilfe der Prozessor auf den Speicher **192** zugreifen kann, und Zugang zu einem Netzwerk **194** umfassen.

[0178] Die Erfindung kann eine Computervorrichtung sein, die die Funktionen der erläuterten Ausführungsformen ausführt. Alternativ kann die Erfindung ein Speicher **192** sein, wie etwa eine Diskette, eine CD oder Festplatte, die ein Computerprogramm oder eine Datenstruktur enthält, um für einen Computer zum Allgemeingebrauch Instruktionen und Daten zur Ausführung der Funktionen der beschriebenen Ausführungsformen bereitzustellen.

[0179] Nachdem nunmehr mehrere konkrete Ausführungsformen der Erfindung beschrieben wurde, werden dem Fachmann ohne Weiteres Modifizierungen und Verbesserungen offensichtlich sein. Dementsprechend ist die vorhergehende Beschreibung lediglich als Beispiel gegeben und nicht als einschränkend gedacht.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Durchleiten von Datenpaketen in einem geschwitzen Kommunikationsnetzwerk (**2**), wobei das Netzwerk (**2**) mehrere Endsysteme (**6**) und Weichen (**3**) umfasst, die durch Verbindungen (**4**) miteinander verbunden sind, und die Weichen (**3**) mit den Endsystemen (**6**) verbundene Zugangsports (**7**) und mit anderen Weichen (**3**) verbundene Netzwerkports (**5**) aufweisen und jedes Endsystem (**6**) eine individuelle physikalische Adresse aufweist, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

(a) an jeder der Weichen (3) das Führen eines Verzeichnisses lokaler Mappings für die Zugangsports (7) oder die mit den Zugangsports (7) verbundenen Endsysteme (6) der betreffenden Weiche und Remote-Mappings der Endsysteme (6) oder der mit anderen Weichen (3) verbundenen Zugangsports (7),
(b) bei Empfang eines ersten Pakets an einem Zugangsport (7) einer ersten Weiche das Zugreifen auf das Verzeichnis der ersten Weiche, um ein Mapping gemäß einer Zieladresse in dem ersten Paket aufzufinden, und
(c) wenn an der ersten Weiche in dem Verzeichnis kein Mapping gefunden wird, das Durchleiten einer Auflösungsmeldung von der ersten Weiche an andere Weichen (3), wobei die weitergeleitete Auflösungsmeldung eine Anfrage um Auflösung von einer anderen Weiche (3) gemäß der Zieladresse in dem ersten Paket ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei ein lokales Mapping mindestens eines der Folgenden enthält: physikalische Adressen von Endsystemen (6), die lokal an die entsprechende Weiche angeschlossen sind, Alias-Adressen von Endsystemen (6), die lokal an die entsprechende Weiche angeschlossen sind, virtuelle LAN-Kennungen (VLAN-IDs) für die Zugangsports (7) oder Endsysteme (6), die an die entsprechende Weiche angeschlossen sind, und VLAN-Richtlinie.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei ein Remote-Mapping mindestens eines der Folgenden enthält: physikalische Adressen anderer Weichen (3), die die Konnektivitätsauflösungen bereitstellen, physikalische Adressen von Endsystemen (6), die an andere Weichen (3) angeschlossen sind, Alias-Adressen von Endsystemen (6), die an andere Weichen (3) angeschlossen sind, VLAN-IDs für Zugangsports (7) oder Endsysteme (6), die an andere Weichen (3) angeschlossen sind, und VLAN-Police.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei ein Remote-Mapping entfernt wird, wenn eine festgelegte Zeit vergangen ist, seitdem zuletzt darauf zugegriffen wurde.

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei ein lokales Mapping nur ausdrücklich entfernt werden kann und nicht zeitabhängig ausläuft.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei jede Weiche (3) Verbindungsstatus-Topologieinformationen der Weiche mit einer anderen austauscht.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei die erste Weiche ihre Verbindungsstatus-Topologieinformationen benutzt, um den Pfad von der ersten Weiche zur Zielweiche zu bestimmen.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Verbindungsstatus-Topologieinformationen der Weiche Weiche/Port-Paare enthalten und jede Weiche (3) eine einzige Adresse einer physikalischen Schicht besitzt und wobei jedes Weiche/Port-Paar die physikalische Adresse einer Weiche (3) und eines Ports umfasst.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die erste Weiche eine Verbindungsmeldung mit einer physikalischen Adresse eines Quell-Endsystems (6) und einer physikalischen Adresse eines Ziel-Endsystems (6) als eine Verbindungskennung für das Mapping der Verbindungen in allen Weichen (3) entlang des Pfads sendet.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei die Verbindungsmeldung eine nach Reihenfolge geordnete Liste der Weiche/Port-Paare entlang des Pfads enthält.

11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei ein Datenpaket nicht von der ersten Weiche durchgeleitet wird, bis die erste Weiche eine Antwort auf die Verbindungsnachricht von einer letzten Weiche entlang des Pfads erhält.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei die Verbindungsmeldung Verbindungen abbildet, während sie durch die Weichen (3) entlang des Pfads wandert, die abgebildeten Verbindungen aber deaktiviert bleiben bis zum Empfang einer von der letzten Weiche entlang des Pfads gesendeten Antwort, die auf dem umgekehrten Pfad zur ersten Weiche zurück durch jede Weiche wandert.

13. Verfahren nach Anspruch 7, wobei jede der Weichen (3) entlang des Pfads eine Tabelle „benutzte Verbindungen“ aller Verbindungen in dem Pfad führt.

14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei nach Empfang einer festgelegten Verbindungsstatus-Topologie-meldung bezüglich einer oder mehr der Verbindungen in dem Pfad jede Weiche (3) entlang des Pfads auf ihre Tabelle benutzter Verbindungen zugreift und etwaige Verbindungen für die eine oder mehr, in der festgelegten

Verbindungsstatus-Topologiemeldung identifizierten Verbindungen löscht.

15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei die festgelegte Verbindungszustand-Topologiemeldung anzeigt, dass die Verbindung fehlgeschlagen ist.

16. Verfahren nach Anspruch 15, wobei der von der ersten Weiche festgelegte Pfad aktive Mehrfachpfade umfasst.

17. Verfahren nach Anspruch 16, wobei die Mehrfachpfade für eine gleiche Quellweiche (**3**) und Zielweiche (**3**) sind.

18. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die erste Weiche versucht, Broadcast-Pakete aufzulösen, um eine Menge an Datenverkehr durch solche Rundsendungen in dem Netzwerk zu reduzieren.

19. Verfahren nach Anspruch 18, wobei die erste Weiche versucht, ein Broadcast-Paket aufzulösen, indem sie in das Paket hineinsieht und die Protokollschichten und höhergradige Adressierung dekodiert, um die individuelle physikalische Adresse einer Zielenstation (**6**) zu bestimmen.

20. Verfahren nach Anspruch 1, wobei unauflösbare Pakete von der ersten Weiche auf einem virtuellen Spannbaum an alle anderen Weichen (**3**) gesendet werden und an das Paket eine VLAN-ID angehängt wird, die die Egressports an den anderen Weichen (**3**), durch die das Paket geleitet wird, begrenzt.

21. Verfahren nach Anspruch 8, wobei jede Verbindung und jede Weiche (**3**) in der Weiche-Verbindungs-Topologie automatisch durch ihr Weiche/Port-Paar benannt wird.

22. Verfahren nach Anspruch 14, wobei der Pfad ein aktiver Pfad ist und die Verbindung über den aktiven Pfad von einer Anruf-absetzenden Weiche hergestellt wird, und wenn die Anruf-absetzende Weiche die festgelegte Verbindungsstatusmeldung erhält, legt sie erneut eine neue Verbindung über einen aktiven Pfad fest.

23. Verfahren nach Anspruch 1, ferner folgende Schritte umfassend:
Bereitstellen eines verbindungsorientierten Dienstes zum Durchleiten von Datenpaketen, der für jeden aktiven Ruf das Mapping einer Verbindung zu einer oder mehr Weichen (**3**) umfasst,
Führen einer Tabelle benutzter Verbindungen mit jeder in einem aktiven Ruf enthaltenen aktiven Verbindung durch jede Weiche,
Austauschen von Weiche-Verbindungs-Statusmeldungen von jeder Weiche (**3**) mit anderen Weichen bezüglich des Zustands der Verbindungen zwischen den Netzwerkports und,
wenn hinsichtlich einer aktiven Verbindung eine festgelegte Verbindungsstatusmeldung empfangen wird, das Löschen jeder Verbindung, die eine Verbindung in der Tabelle benutzter Verbindungen für die aktive Verbindung, die in der festgelegten Meldung angegeben wurde, enthält.

24. Verfahren nach Anspruch 1, ferner folgenden Schritt umfassend:
wenn das erste Paket an dem Zugangsport der ersten Weiche empfangen wird, das unabhängige Festlegen eines Anrufpfades durch die erste Weiche von einem Quell-Endsystem des ersten Pakets zu dem Ziel-Endsystem (**6**) des ersten Pakets durch eine oder mehr der Weichen (**3**), auf der Grundlage einer individuellen Verbindungskennung, die die physikalische Adresse des Quell- und des Ziel-Endsystems enthält.

25. Verfahren nach Anspruch 24, wobei die erste Weiche die Verzeichnisauflösung, den Topologieaustausch und Verbindungsdienste ermöglicht.

26. Verfahren nach Anspruch 24, wobei die erste Weiche nach Erhalt einer festgelegten Weiche-Verbindungsstatus-Topologiemeldung unabhängig einen neuen Anrufpfad festlegt.

27. Verfahren nach Anspruch 24, wobei der Anrufpfad Mehrfachpfade umfasst.

28. Verfahren nach Anspruch 27, wobei die Mehrfachpfade für eine gleiche Quellweiche und Zielweiche sind.

29. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das geschwitze Kommunikationsnetzwerk ein baumbasiertes Netzwerk ist und wobei Schritt (c) folgenden Schritt umfasst:
das Senden der Auflösungs meldung durch die erste Weiche an alle anderen Weichen (**3**) an dem Baum, wobei

während jedes rekursiven Durchwanderns des Baumes eine Weiche (3) die Auflösungsmeldung an benachbarte Weichen (3) sendet und auf eine Antwort von jeder benachbarten Weiche (3) wartet, aber nur eine Antwort zurück an die erste Weiche (3) leitet, so dass die erste Weiche nur eine einzige Antwort erhält.

30. Verfahren nach Anspruch 1, wobei jeder der Schritte (b) und (c) den folgenden Schritt umfasst: wenn das erste Paket an dem ersten Zugangsport der ersten Weiche empfangen wird, das Anwenden einer Richtlinie der Einhaltung von VLAN-Grenzen durch die erste Weiche, bevor das erste Paket durchgeleitet wird.

31. Verfahren nach Anspruch 1, ferner folgenden Schritt umfassend: wenn das erste Paket an dem Zugangsport der ersten Weiche empfangen wird, das Auflösen des ersten Pakets durch die erste Weiche in ein Unicast-Paket von der Quelle zum Ziel und das Anwenden einer Richtlinie durch die erste Weiche, die das Durchleiten des Pakets über VLAN-Grenzen hinweg ermöglicht.

32. Vorrichtung zum Durchleiten von Datenpaketen in einem geschichteten Kommunikationsnetzwerk (2), wobei das Netzwerk (2) mehrere Endsysteme (6) und Weichen (3) umfasst, die durch Verbindungen (4) miteinander verbunden sind, und die Weichen (3) mit den Endsystemen (6) verbundene Zugangsports (7) und mit anderen Weichen (3) verbundene Netzwerkports (5) aufweisen und jedes Endsystem (6) eine individuelle physikalische Adresse aufweist, wobei jede Weiche (3) umfasst:

Mittel zum Führen eines Verzeichnisses lokaler Mappings für die Zugangsports (7) oder die mit den Zugangsports (7) verbundenen Endsysteme (6) der betreffenden Weiche und Remote-Mappings der Endsysteme (6) oder der mit anderen Weichen (3) verbundenen Zugangsports (7), und wobei eine erste Weiche umfasst:

Mittel zum Zugreifen auf ihr Verzeichnis, wenn an einem Zugangsport (7) der ersten Weiche ein erstes Paket empfangen wird, um ein Mapping gemäß einer Zieladresse in dem ersten Paket aufzufinden, und

Mittel zum Durchleiten einer Auflösungsmeldung von der ersten Weiche an alle anderen Weichen (3), wenn an der ersten Weiche in dem Verzeichnis kein Mapping gefunden wird, wobei die weitergeleitete Auflösungsmeldung eine Anfrage zur Auflösung von einer anderen Weiche (3) gemäß der Zieladresse in dem ersten Paket ist.

33. Vorrichtung nach Anspruch 32, ferner umfassend:

Mittel zum Entfernen eines Remote-Mappings, wenn eine festgelegte Zeit vergangen ist, seitdem zuletzt darauf zugegriffen wurde.

34. Vorrichtung nach Anspruch 32, wobei ein Remote-Mapping eines zu einer aktiven Verbindung und zu einer versuchten Verbindungsauflösung ist.

Es folgen 20 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

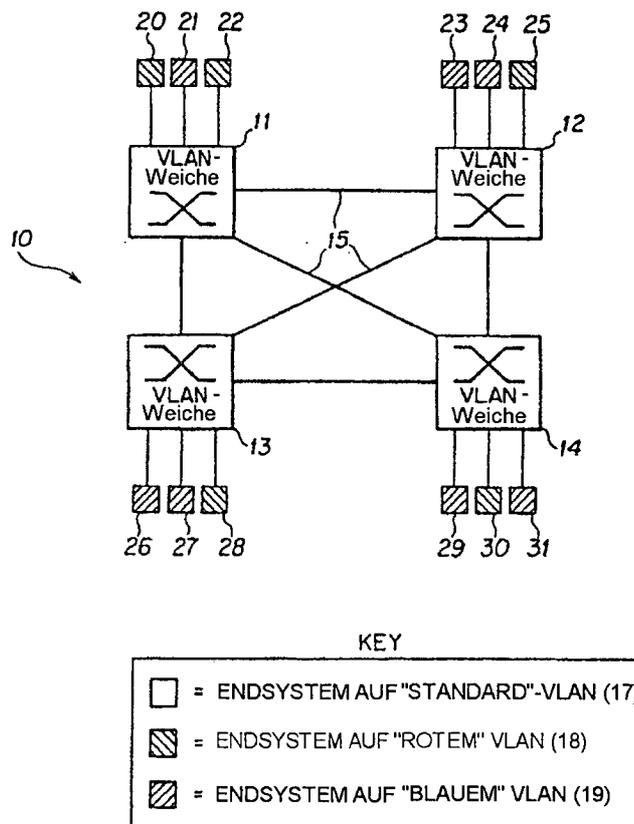


FIG. 1

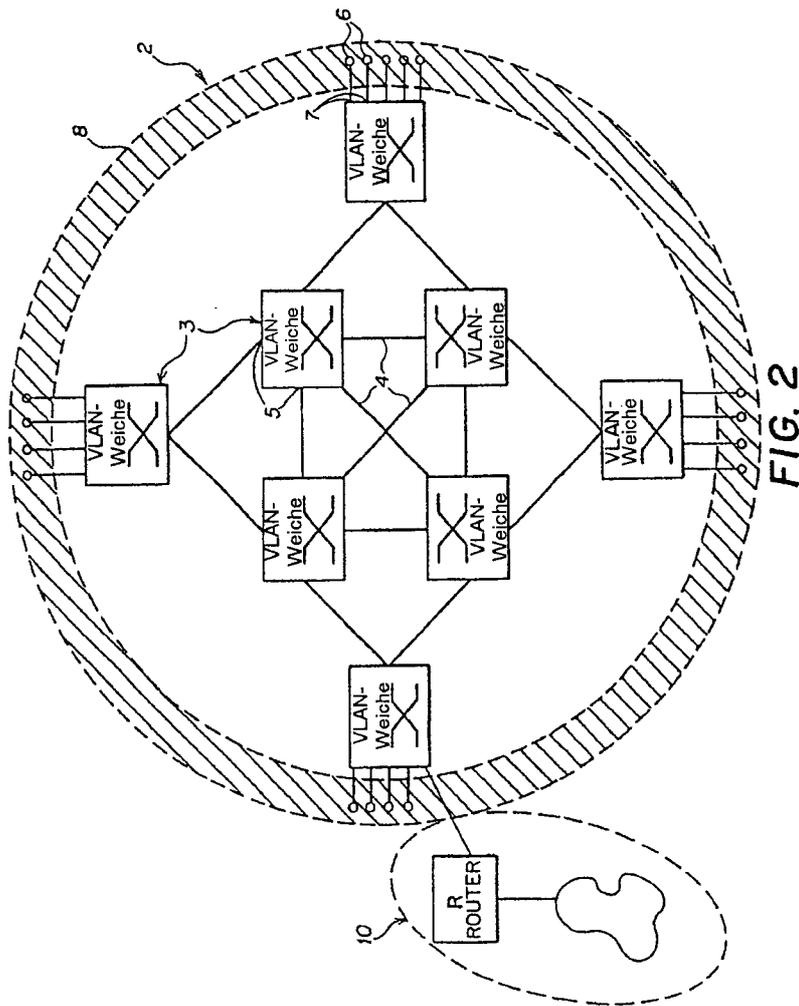


FIG. 2

SWITCH PORT	DEVICE MAC ADDRESS	NODE STAT	CALL TAG	LAST HEARD	AGE	ALIAS COUNT	VLAN COUNT
2	08:00:20:18:7A:E4	LOCAL	3860	0 days 00:00:00.00	0 days 00:10:46.14	1	1
6	00:00:10:1A:12:DE	VIRTUAL NODE	0000	0 days 00:00:00.00	0 days 00:00:00.00	1	0
1	00:00:F6:00:5E:EB	LOCAL	372b	0 days 00:00:00.00	0 days 00:11:23.56	1	1
2	00:00:F6:00:5D:E7	LOCAL	3716	0 days 00:00:00.00	0 days 00:10:47.02	1	1
2	08:00:20:0E:47:C4	LOCAL	3870	0 days 00:00:00.00	0 days 00:10:46.19	1	1
2	08:00:20:1F:FF:8F	LOCAL	37e3	0 days 00:00:00.00	0 days 00:10:47.18	1	1
2	08:00:20:1F:C1:72	LOCAL	37d5	0 days 00:00:00.00	0 days 00:10:47.34	1	1
2	08:00:20:20:00:6D	LOCAL	3717	0 days 00:00:00.00	0 days 00:10:47.12	1	1
2	08:00:20:73:C9:11	LOCAL	3800	0 days 00:00:00.00	0 days 00:10:47.09	1	1
2	00:00:78:00:01:BE	LOCAL	3892	0 days 00:00:00.00	0 days 00:10:46.08	1	1
1	08:00:59:07:9C:68	LOCAL	37c3	0 days 00:00:00.00	0 days 00:11:22.74	1	1
2	00:00:1D:0E:94:57	LOCAL	3851	0 days 00:00:00.00	0 days 00:10:46.54	1	1
1	00:00:8E:06:12:52	LOCAL	37c0	0 days 00:00:00.00	0 days 00:11:22.89	1	1
2	00:00:1D:18:67:38	LOCAL	37cd	0 days 00:00:00.00	0 days 00:10:47.60	1	1
2	08:00:20:71:A0:D6	LOCAL	37da	0 days 00:00:00.00	0 days 00:10:47.51	1	1
1	00:00:1D:08:67:3B	LOCAL	37bd	0 days 00:00:00.00	0 days 00:11:22.99	1	1
1	00:00:1D:17:FC:2E	LOCAL	37c2	0 days 00:00:00.00	0 days 00:11:22.92	0	1
2	00:00:1D:1E:89:FE	LOCAL	3890	0 days 00:00:00.00	0 days 00:10:46.31	1	1
1	00:00:1D:1F:12:FA	LOCAL	0000	0 days 00:00:00.00	0 days 00:11:23.88	0	1

FIG. 3a

OWNER SWITCH	SWITCH PORT	DEVICE MAC ADDRESS	ALIAS TYPE	ALIAS ADDRESS	VLAN POLICY	VLAN ID
00:00:1D:1A:12:DE	2	00:00:1D:1E:89:FE	IP	134.141.42.9	1-OTHER	RED
00:00:1D:1A:12:DE	2	00:00:1D:0E:94:57	IP	134.141.42.77	1-OTHER	RED
00:00:1D:1A:12:DE	2	08:00:20:1F:FF:67	IP	134.141.42.61	1-OTHER	BLUE
00:00:1D:1A:12:DE	2	00:00:1D:18:67:38	IP	134.141.109.54	1-OTHER	BLUE
00:00:1D:1A:12:DE	2	00:00:1D:18:67:38	IP	134.141.106.53	1-OTHER	RED
00:00:1D:1A:12:DE	1	00:00:E6:00:5E:EB	IP	134.141.42.50	1-OTHER	BLUE
00:00:1D:1A:12:DE	1	08:00:69:07:9C:68	IP	134.141.43.42	1-OTHER	DEFAULT
00:00:1D:1A:12:DE	2	08:00:20:71:A0:DE	IP	134.141.42.35	1-OTHER	RED
00:00:1D:1A:12:DE	2	00:00:1D:18:67:38	IP	134.141.40.32	1-OTHER	RED
00:00:1D:1A:12:DE	1	00:00:9E:05:12:52	IP	134.141.45.30	1-OTHER	RED
00:00:1D:1A:12:DE	2	03:00:20:75:C9:11	IP	134.141.43.29	1-OTHER	RED
00:00:1D:1A:12:DE	2	00:00:1D:18:67:38	IP	134.141.180.20	1-OTHER	DEFAULT
00:00:1D:1A:12:DE	1	00:00:1D:0B:67:38	IP	022166738400B6	1-OTHER	DEFAULT
00:00:1D:1A:12:DE	6	00:00:1D:13:12:DE	IP	134.141.42.240	1-OTHER	DEFAULT
00:00:1D:1A:12:DE	2	00:00:F6:00:53:67	IP	134.141.42.213	1-OTHER	BLUE
00:00:1D:1A:12:DE	2	08:00:20:1F:C1:72	IP	134.141.42.212	1-OTHER	BLUE
00:00:1D:1A:12:DE	2	08:00:20:20:00:60	IP	134.141.42.201	1-OTHER	BLUE
00:00:1D:1A:12:DE	2	08:00:20:18:7A:E4	IP	134.141.42.150	1-OTHER	RED
00:00:1D:1A:12:DE	2	08:00:20:03:47:C4	IP	134.141.43.183	1-OTHER	RED
00:00:1D:1A:12:DE	2	00:00:78:00:00:BE	IP	134.141.42.132	1-OTHER	BLUE

FIG. 3b

WEICHENPORT	GERÄTE-MAC-ADRESSE	KNOTENSTATUS	RUF-TAG	ZULETZT GEMELDET	ALTER	ALIAS-ANZAHL	VLAN-ANZAHL	...

FIG. 4a

WEICHENPORT	GERÄTE-MAC-ADRESSE	KNOTENSTATUS	RUF-TAG	ZULETZT GEMELDET	ALTER	ALIAS-ANZAHL	VLAN-ANZAHL	...

FIG. 4b

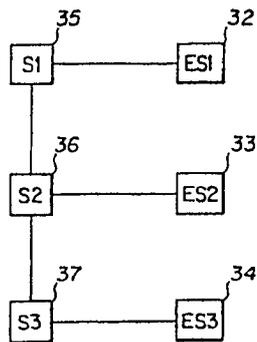


FIG. 5a

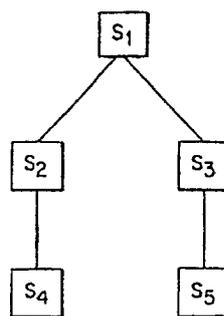


FIG. 5b

AreaID	Type	LSID	Switch ID	Sequence	AGE	Checksum	Advertisement
00.00	1-switch-link	08:00:20:1d:8f:0b:00:00:00:00:00	08:00:20:1d:8f:0b:00:00:00:00:00	-214748364	0	4035	00:00:00:00:08:00:20:1d:...
00.00	1-switch-link	08:00:20:20:00:7b:00:00:00:00:00	08:00:20:20:00:7b:00:00:00:00:00	-214748364	1	36505	00:01:00:01:08:00:20:20:...
00.00	2-connection-link	08:00:20:20:00:7b:00:00:00:00:02	08:00:20:20:00:7b:00:00:00:00:00	-214748364	1	35753	00:01:00:02:08:00:20:20:...

FIG. 6a

IPAddress	IPAddressLess	Switch ID	Options	Priority	State	Events	LSRetransQLen	NBMAStatus
08:00:20:00:7b:00:00:00:00:02	0	08:00:20:20:00:7b:00:00:00:00:00	3	1	8-full	7	0	1-valid

FIG. 6b

Switch Port Pair	SWDestAddr	Mask	LSTypeOne	LinkStateID	AdvR
08:00:20:00:7b:00:00:00:00:02	08:00:20:20:00:7b:00:00:00:00:00	00:00:00:00:00:00:00:00:00:00	02	08:00:20:20:00:7b:00:00:00:02	08:00:...

FIG. 6c

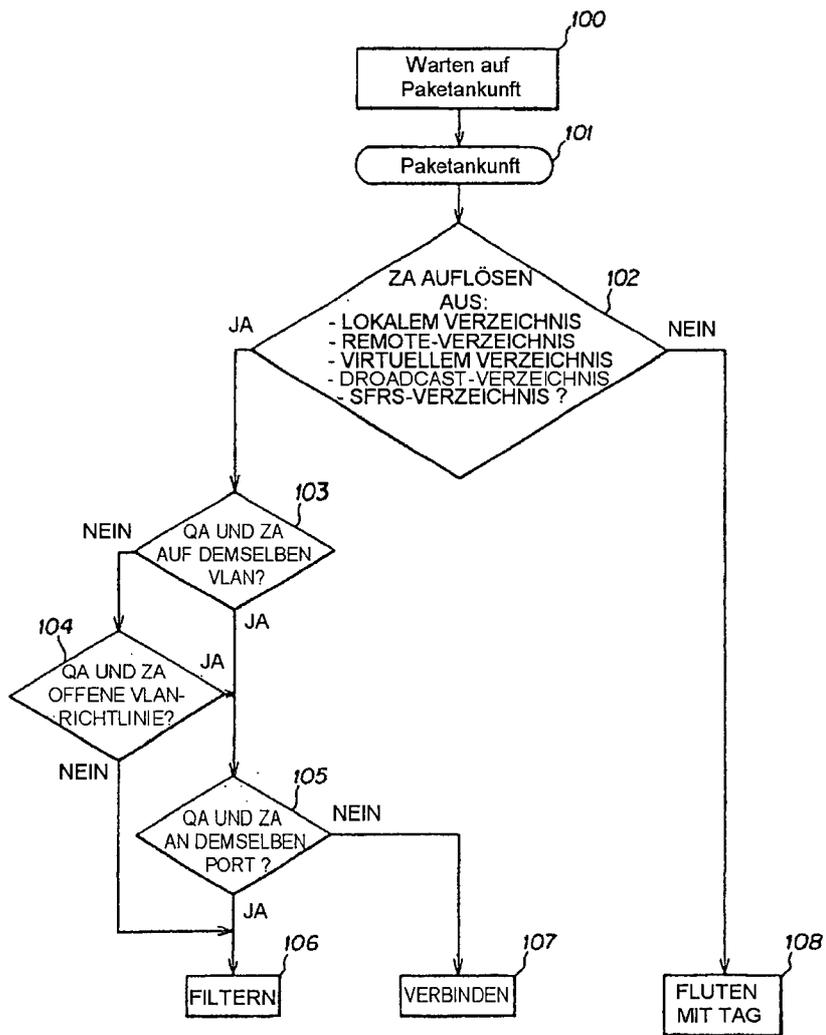


FIG. 7a

GLEICHES VLAN	RICHTLINIE	AKTION
JA	OFFEN	VERBINDEN
NEIN	OFFEN	VERBINDEN
JA	(EINE ODER BEIDE) SICHER	VERBINDEN
NEIN	(EINE ODER BEIDE) SICHER	FILTERN

FIG. 7b

GLEICHES VLAN	RICHTLINIE	AKTION
X EGAL	X EGAL	ZUR QUELL- VLAN FLUTEN

FIG. 7c

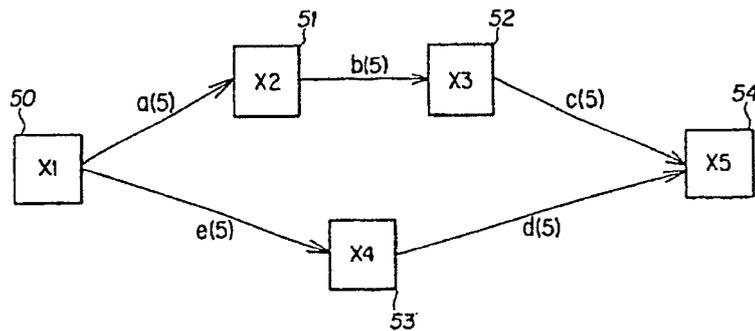


FIG. 8

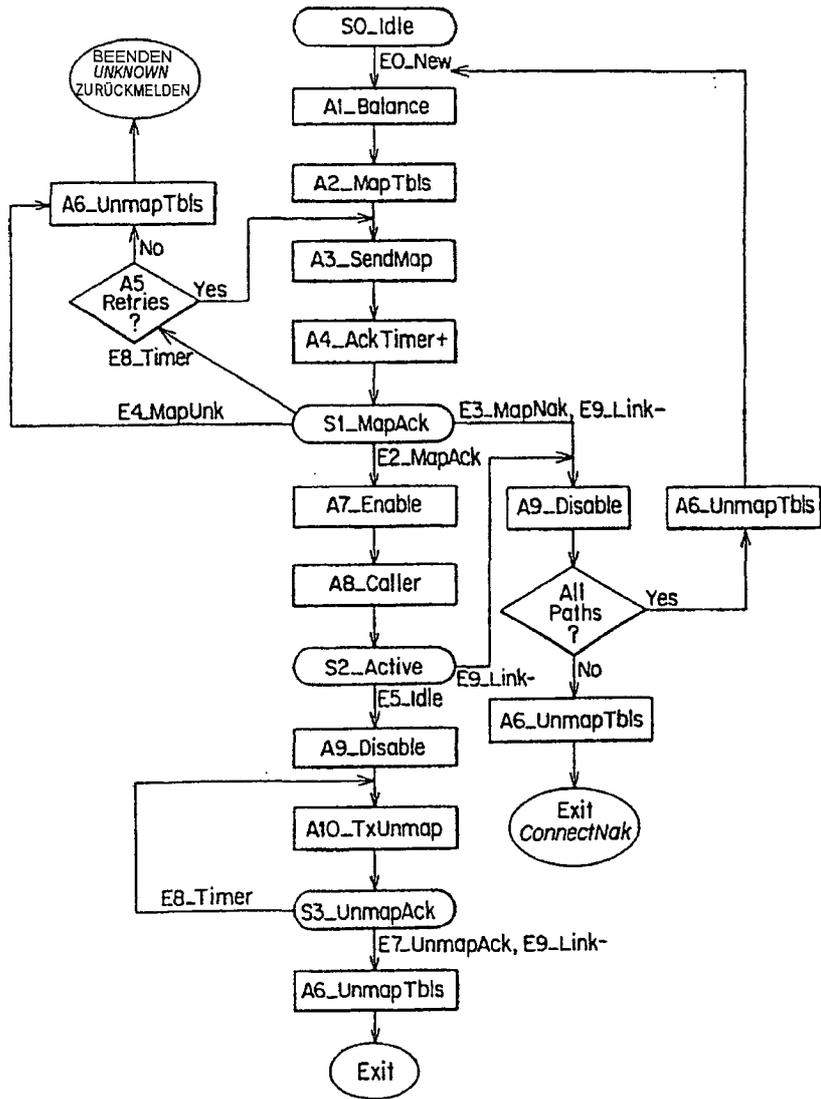


FIG. 9

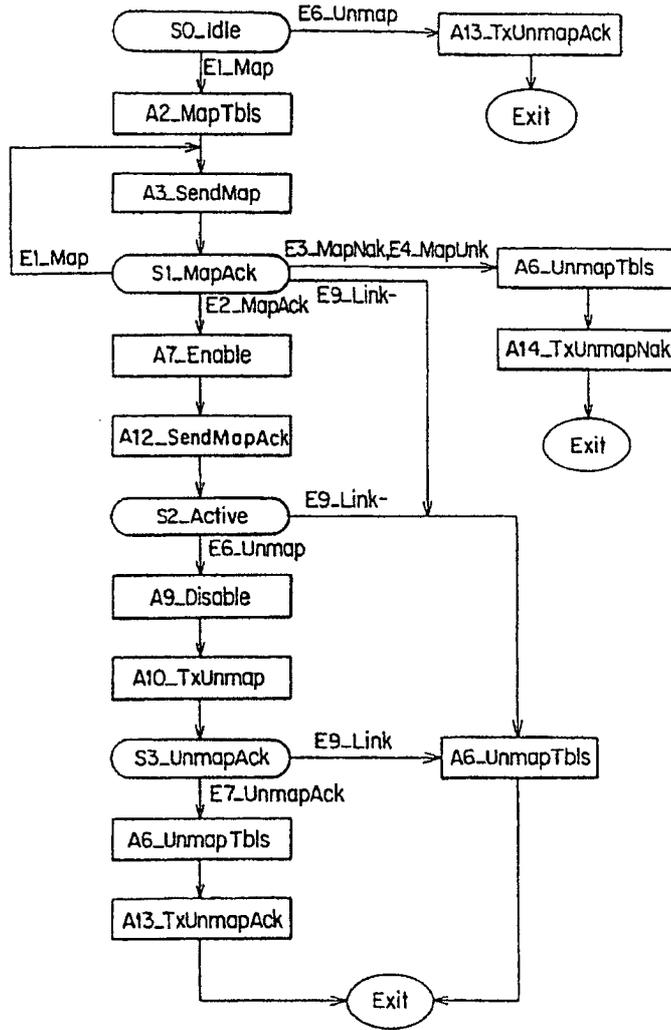


FIG. 10

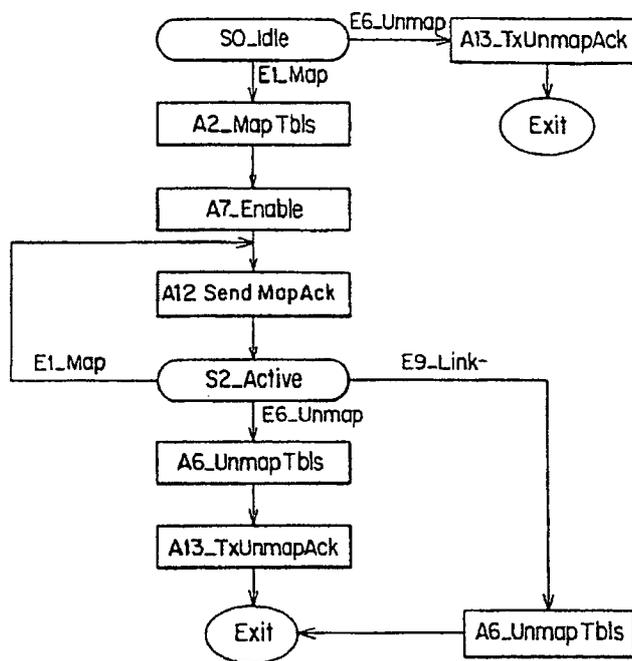


FIG. 11

DA	SA	Status	Hop1	Hop2	Hop3
00:00:6E:00:0C:F8	00:00:8E:06:10:2C	1-Building	00:00:1D:1F:19:15:..06:00:00:00	72:6E:65:74:00:00.00:00:00:00	61:64:64:72:65:73:..73:2E:

FIG. 12

LinkName	CnxCount
00:00:1D:1F:19:15:..06:00:00:00	1
61:64:64:72:65:73:..73:2E:76:6C	1
72:6E:65:74:00:00:..00:00:00:00	1

FIG. 13

VERBIN- DUNGS- ID	BESITZER- WEICHE	ZA	QA	OPCODE (1=MAP, 2=MAPACK)	VERBINDUNGS- ANZAHL (GESAMT PORTS AUF PFAD)	AKTUELLE VERBINDUNG	QUELLE- PORT- PAAR

FIG. 14

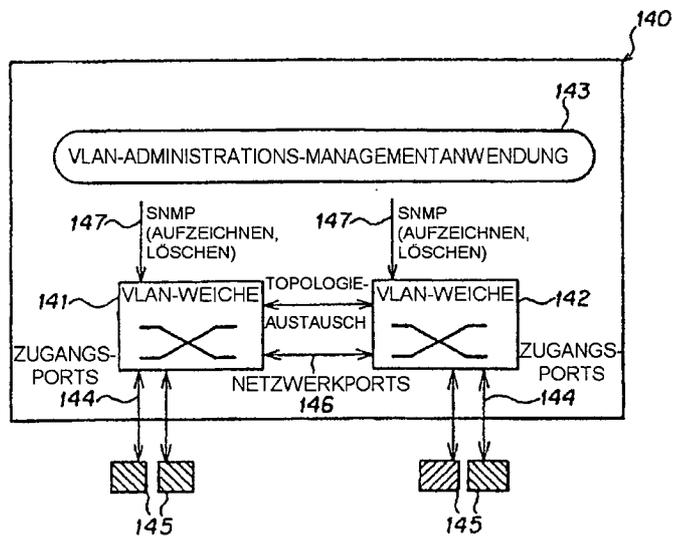


FIG. 15

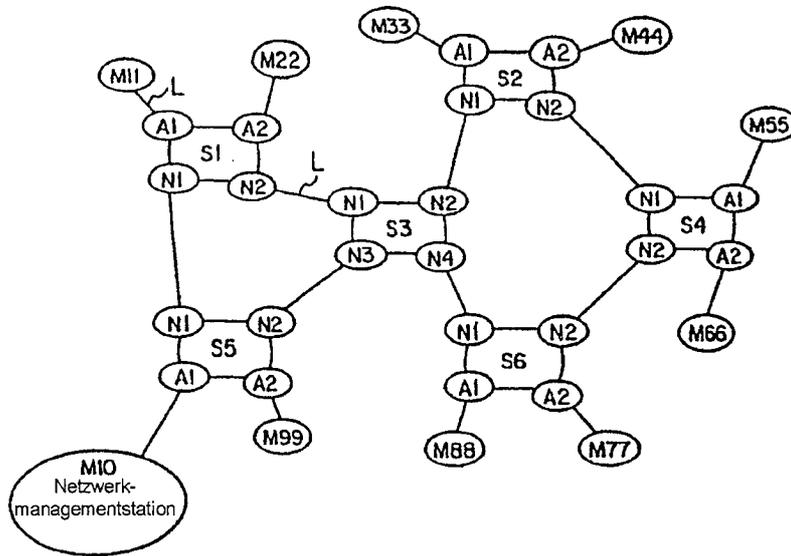


FIG. 16

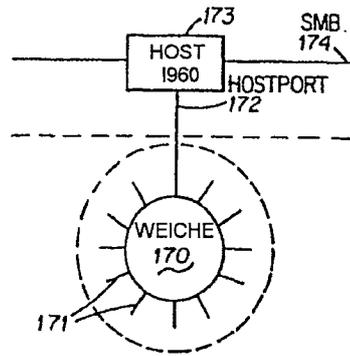


FIG. 17

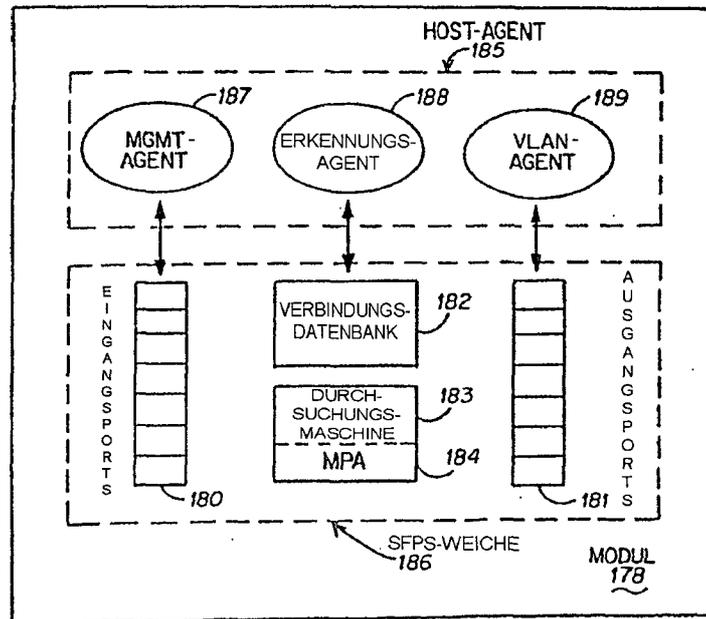


FIG. 18

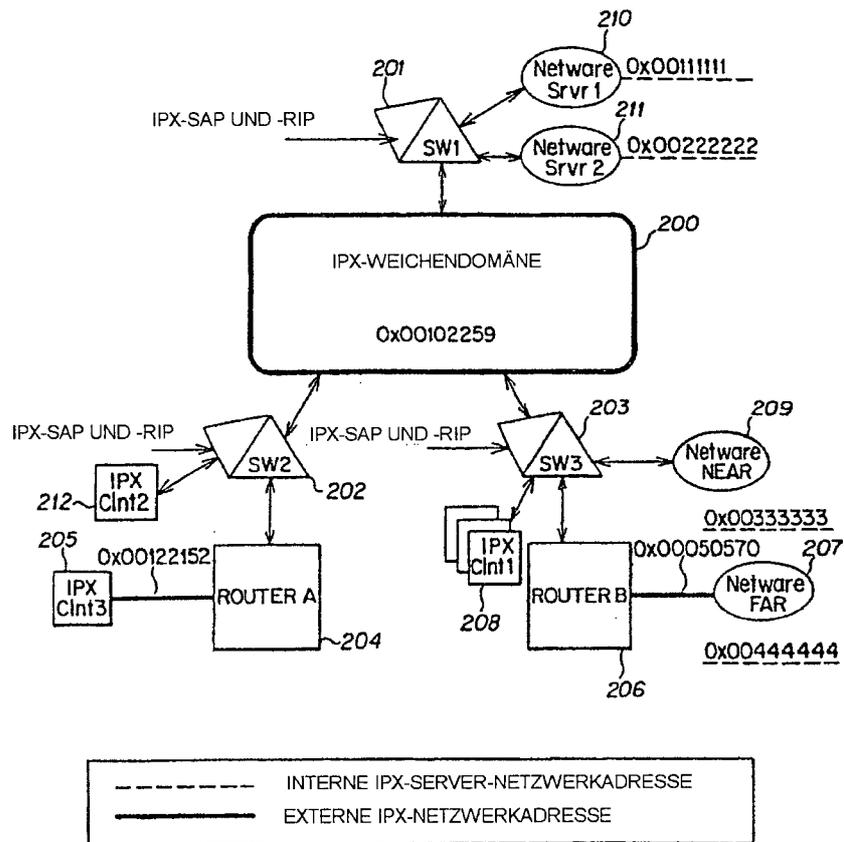


FIG. 20

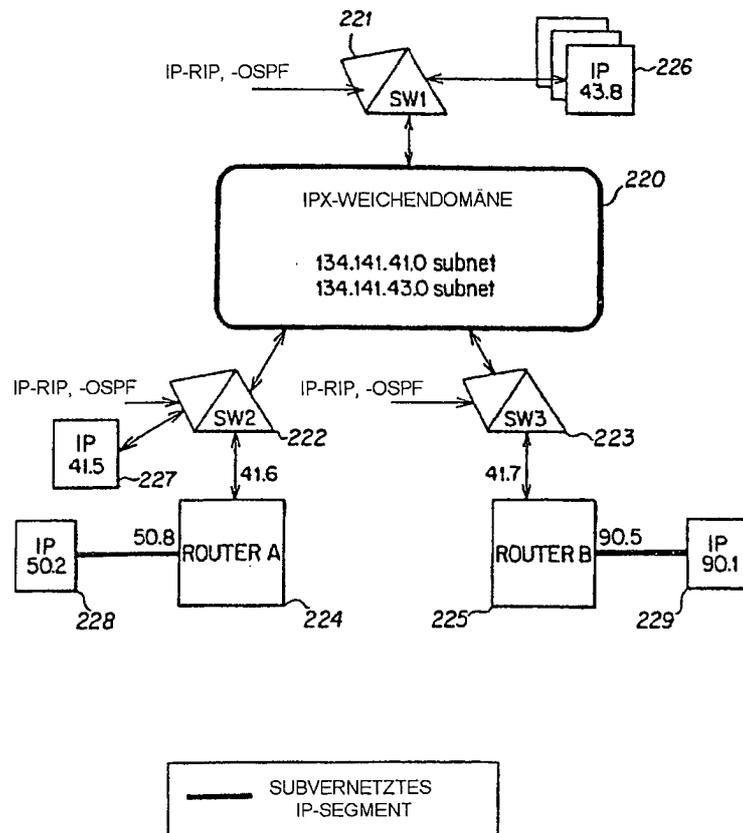


FIG. 21

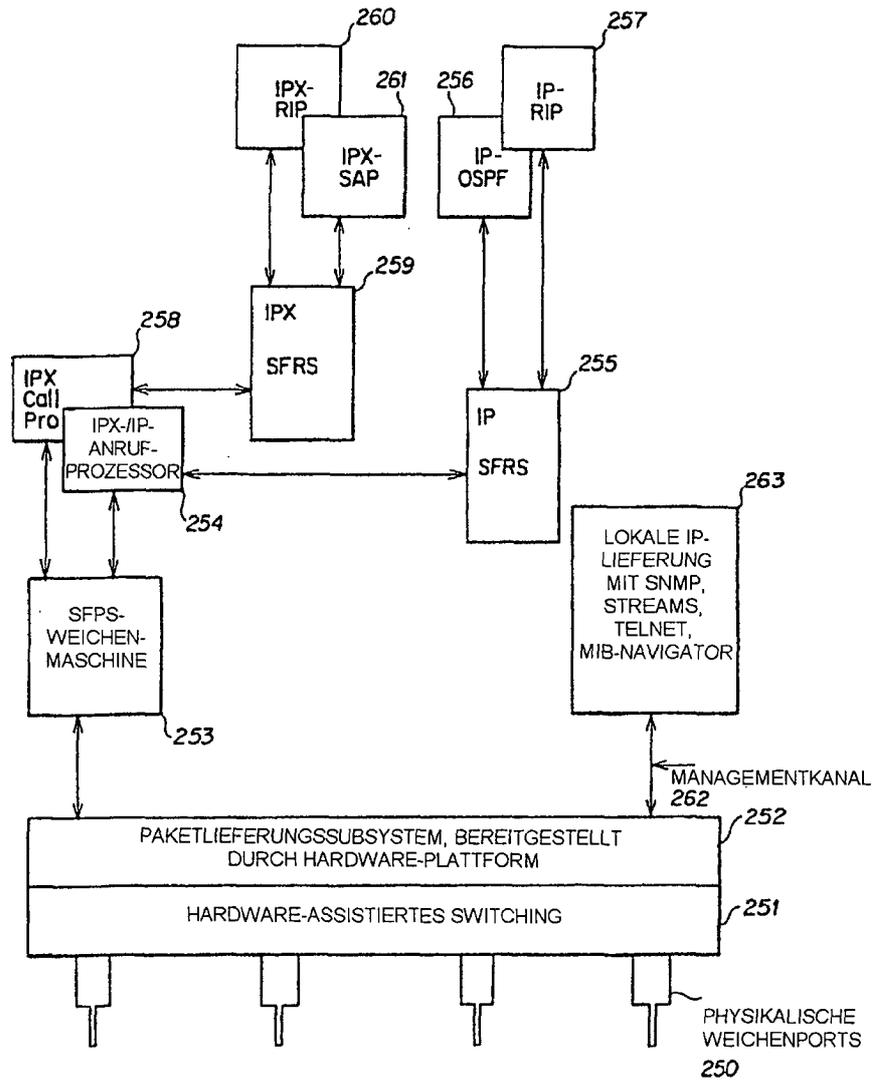


FIG. 22

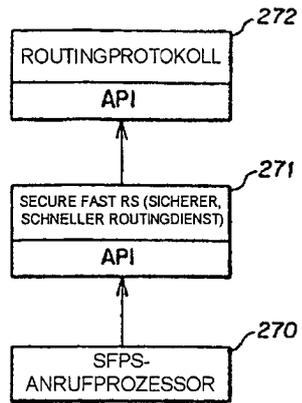


FIG. 23

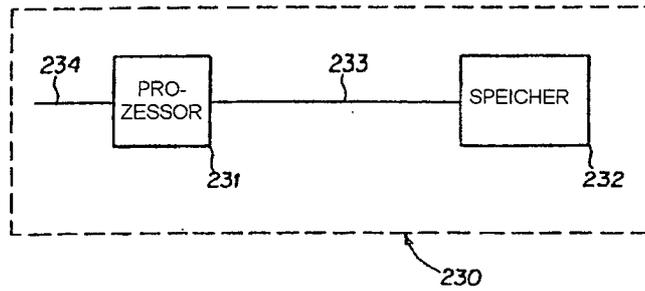


FIG. 24