



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 08 734 T2 2004.08.05**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 188 276 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 08 734.4**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/CA00/00626**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 930 939.4**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/74282**

(86) PCT-Anmeldetag: **29.05.2000**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **07.12.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **20.03.2002**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **03.03.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **05.08.2004**

(51) Int Cl.⁷: **H04L 12/46**
H04L 12/56

(30) Unionspriorität:
2273522 01.06.1999 CA

(73) Patentinhaber:
Nortel Networks Ltd., St. Laurent, Quebec, CA

(74) Vertreter:
G. Koch und Kollegen, 80339 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:
**MARTIN, W., David, Stittsville, CA; BOTTORFF, A.,
Paul, Palo Alto, US; GAGNON, J., Ronald, Nepean,
CA; CARROLL, D., Roger, Ottawa, CA; LEE, C.,
Yuet, Danville, US**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Knoten zur Leitweglenkung von Hochgeschwindigkeitsrahmen in einem maschenartigen Netzwerk sowie zugehörige Sende-Endstation**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Hintergrund der Erfindung Gebiet der Erfindung

[0001] Diese Erfindung ist auf Verbesserungen der traditionellen Ethernet-Funktionalität und insbesondere auf ein Hochgeschwindigkeits- (HS-) Ethernet auf der Grundlage der SONET-Technologie gerichtet.

Stand der Technik

[0002] In den letzten Jahrzehnten hat sich die Industrie von der Sprechkreis-Vermittlung auf die Datenmittlungs-Vermittlung und dann zur datenorientierten Paketvermittlung entwickelt. In den letzten Jahren wurden andere Technologien in den Markt eingeführt, um diese älteren Technologien zu verbessern oder zu ersetzen, wie z. B. Frame Relay, schnelles Ethernet, vermitteltes Ethernet und ATM. Dennoch lösen selbst einige dieser Technologien die derzeitigen Probleme nicht; die Frame-Relay-Technologie wird grundlegend in der Weitbereichsnetz-(WAN-) Technologie verwendet, und schnelles Ethernet und vermitteltes Ethernet dienen als Technologien für örtliche oder lokale Netze (LAN).

[0003] Im Jahr 1984 übernahm die CCITT die ersten I-Serien-Empfehlungen, was ein Meilenstein bei der Entwicklung Dienste-integrierter digitaler Netze dar. Diese Empfehlungen betreffen Dienste, Netz-Netz-Schnittstellen (NNI), Benutzer-Netz-Schnittstellen (UNI) und Gesamt-Netz-Aspekte.

[0004] OSI (Offenes Kommunikationssystem) ist ein Bezugsmodell, das ein Sieben-Schicht-Rahmenwerk von Protokollen für Datenkommunikationen definiert und das mit dem Ziel entwickelt wurde, es irgendeinem Computer an irgendeiner Stelle in der Welt zu ermöglichen, mit irgendwelchen anderen Computern zu kommunizieren, solange sie den OSI-Normen gehorchen. Die Schichtbildung unterteilt das Gesamt-Kommunikationsproblem in kleinere Funktionen, wobei gleichzeitig eine Unabhängigkeit jeder Schicht von der nächsten Schicht dadurch sichergestellt wird, dass Dienste, die von einer Schicht zur nächsten Schicht bereitgestellt werden, unabhängig davon definiert werden, wie diese Dienste ausgeführt werden.

[0005] Die unterste Schicht ist die physikalische Schicht (PHY), die sich auf die physikalischen Schnittstellen zwischen den Geräten bezieht und die Übertragung von Roh-Bits über Kommunikationskanäle betrifft, und die die Schicht 2 (Datenverbindungsstrecke) über einen Verbindungsverlust informiert. Die Funktionen der physikalischen Schicht sind beispielsweise die Hinzufügung, die Abzweigung und die Multiplexierung von Verkehr. Ein Hinzufügungs-/Abzweigungs-Multiplexer (ADM) kann irgendeinen seiner verschiedenen Teil- oder Unter-Eingänge in ein Leitungssignal multiplexieren bzw. hiervon demultiplexieren, und er kann als ein

Netzknoten, ein ADM oder ein Endgerät verwendet werden. Wenn er als ADM verwendet wird, führt er lediglich einen Zugriff auf Signale aus, die an dieser Stelle abgezweigt oder hinzugefügt werden müssen, wobei der Rest des Verkehrs unbeeinflusst hindurchläuft.

[0006] Eine wichtige Aufgabe der Datenverbindungsschicht (zweite Schicht) besteht in der Aufteilung von Daten in Rahmen und die nachfolgende Aussendung dieser Rahmen in einer Folge, und in manchen Fällen die Verarbeitung von Quittungsrahmen, die an den Empfänger zurückgesandt werden. Die Netzschicht (die dritte Schicht) stellt die Funktions- und Verfahrenseinrichtungen zum Aufbau und zur Beendigung einer Verbindung, zur Leitweglenkung von Daten und zur Steuerung des Datenflusses über das Netz bereit. Die verbleibenden Schichten sind anwendungsorientiert und befassen sich mit der Bereitstellung verschiedener Dienstefunktionen an die Benutzer, wie z. B. der Sitzungssteuerung, der Netzverwaltung und anderer Dienste.

[0007] Einige Technologien werden in besser geeigneter Weise an bestimmten Schichten angewandt. Beispielsweise ist SONET eine Technologie der physikalischen Schicht und wird als Transportdienst für ATM, SMDS, Frame-Relay, T1, E1 usw. verwendet, während ATM auf SONET, Kupfer, verdrehten Aderpaaren, FDDI als physikalische Schicht arbeitet, wobei die Datenschicht in eine ATM-Schicht und eine ATM-Anpassungsschicht unterteilt ist.

[0008] Lokale Netze (LAN's) verbinden Personalcomputer miteinander und mit gemeinsam genutzten Maschinen. Sowohl Allzweckrechner, die als Hosts oder Client bezeichnet werden, als auch Spezialzweck-Rechner, die als Server bezeichnet werden, stellen gemeinsame Dateien, e-mail usw., bereit.

[0009] Das älteste und am besten bekannte LAN ist das Ethernet, das in vielen Fällen auf einer physikalischen FDDI (Hochgeschwindigkeits-Lichtleitfaser-Datenschnittstellen-) Schicht arbeitet, wobei eine Übertragungsmittelzugriffssteuerungs- (MAC-) Schicht, die über der FDDI-Schicht liegt, die Datenschicht bildet.

[0010] Die IEEE wurde bei der Festlegung von Normen für LAN's unter dem 802-Komitee beteiligt und übernahm eine Aufgabe bei der Führung von LAN-Normungsorganisationen. Ethernet wurde als IEEE 802.3 veröffentlicht und war für Datenanwendungen auf der Grundlage eines gemeinsam genutzten Bus ausgelegt, wobei alle Stationen auf dem Netz das Medium gemeinsam nutzen.

[0011] Ein Weitverkehrsnetz (WAN) ist ein Paket-vermitteltes öffentliches Datennetz, das verschiedene Paketvermittlungsknoten und Übertragungseinrichtungen mit Kundenstandort-Ausrüstungen (Computerstationen) verbindet. Ein WAN unterscheidet sich von dem LAN hinsichtlich der geografischen Überdeckung und der Datenraten und außerdem hinsichtlich der Technologie.

[0012] Die Metropolenetz- (MAN-) Technologie un-

terscheidet sich von dem LAN und dem WAN hinsichtlich der geografischen Überdeckung und den Datenraten. Ein MAN könnte sich im Besitz irgendeiner Organisation befinden oder könnte öffentlich sein und ermöglicht es Benutzern, in wirkungsvoller Weise sehr weit verteilte Ressourcen gemeinsam zu nutzen. Ein MAN könnte weiterhin als eine Grundlage eines Netzes dienen, das verteilte LAN's miteinander verbindet. Derzeit entwickelt sich das MAN in Richtung auf WAN-Technologien in der Fernleitung, und zwar aufgrund des zunehmenden Bedarfs an Datenkommunikation.

[0013] Es wurde erkennbar, dass die gemeinsam genutzte LAN-Bus-Architektur unzureichend ist, um die Anforderungen von Anwendungen zu erfüllen, die mehr Bandbreite benötigen, und dass LAN's beginnen, zum Flaschenhals in Computerumgebungen zu werden. Aus diesem Grund wird die Aufteilung von Daten in Zellen bis in das Netz hinein zurückverlegt, wobei die Information höherer Ebene bis zur Endstation übertragen wird.

[0014] Eine vermittelte Ethernet-Technologie, die entwickelt wurde, um eine größere Kapazität für einen Endbenutzer bereitzustellen, beruht nicht auf einem gemeinsam genutzten Medium sondern stellt vielmehr eine Punkt-zu-Punkt-Bandbreite zwischen der Benutzerstation und der Vermittlung bereit, so dass anstelle der gemeinsamen Nutzung eines 10 Mbit/s-Mediums der Benutzer ein ausschließlich ihm zugeordnetes 10 Mbit/s-Medium erhält. Ein vermitteltes Ethernet-Netz ist flexibler, weil es Stationen, die einen Port oder Anschluss mit einer vorgegebenen vollen Rate verwenden, Stationen, die einen Anschluss gemeinsam nutzen oder Stationen einschließen kann, die einen Zugang an mehr als einen Anschluss haben.

[0015] Das vermittelte Ethernet ergibt jedoch lediglich eine begrenzte Bandbreite und unterstützt nur Datenverkehr. Während Ethernet-Netzknoten und Vermittlungen zunehmend verwendet werden, werden sie zu einer wenig aufwändigen Einrichtung zur Bereitstellung von mehr Bandbreite an Arbeitsstationen. Eine effizientere Lösung für Burst-artigen Verkehr wird benötigt. Es besteht weiterhin eine Notwendigkeit, die Zugangsverbindungsstrecke zu vereinfachen und zu normen, während sich gleichzeitig ein Schutz für den Zugangsverkehr ergibt.

[0016] Dennoch ist in der Ära der Datenübertragung ein wesentlicher Gesichtspunkt für Netzbetreiber die LAN-Betriebsleistung bei höheren Geschwindigkeiten. Der 10 Gb/s-Markt entwickelt sich sehr schnell in Campus- oder StandortHauptleitungsnetzen.

[0017] Zusätzlich können verschiedene vorhandene Probleme nicht durch die derzeitigen Lösungen gelöst werden. Beispielsweise wird die LAN-Bandbreite derzeit in einer starren Weise zugeteilt, obwohl viele Benutzer eine skalierbare Bandbreite für unterschiedliche Anwendungen benötigen.

[0018] Es würde äußerst nützlich sein, eine gleichförmige Architektur für LAN's, MAN's und WAN's da-

durch zu haben, dass nahtlos die LAN-Technologie auf MAN- und WAN über das gleiche Protokoll und die gleiche Übertragungstechnologie überbrückt würde.

[0019] Das überwiegende SignalfORMAT in Lichtleitfasernetzen folgt der synchronen Norm SONET in Nordamerika und SDH an anderen Stellen. Bei dieser Beschreibung ist SONET so definiert, dass es SDH einschließt. SONET ermöglicht die Multiplexierung, die Hinzufügung und Abzweigung und den allgemeinen Transport von Signalen durch diese Netze.

[0020] Für einen Dienst ist die Möglichkeit, in einfacher Weise durch ein SONET-Netz transportiert zu werden, ein wertvolles Attribut, weil der Netzbetreiber die große Basis von installierten SONET-kompatiblen Ausrüstungen nutzen kann. Außerdem ergibt SONET die Möglichkeit, Verkehr von unterschiedlichen Stellen über eine Einrichtung zu kombinieren und zu konsolidieren (Dienstzusammenfügung/Trennung) und reduziert das Ausmaß der Rücken-zu-Rücken-Multiplexierung. Noch wichtiger ist, dass Netzbetreiber die Betriebskosten ihres Übertragungsnetzes durch Verwenden der Betriebs-, Verwaltungs-, Wartungs- und Bereitstellung- (OAM&P-) Merkmale von SONET verringern können.

[0021] Die Umsetzung einer Rate oder eines Formates auf ein anderes ist gut bekannt. Bellcore GR-232 beschreibt im Einzelnen die Standard-Umsetzungen der üblichen asynchronen Übertragungsformate (DS0, DS1, DS2, DS3, usw.) auf SONET. Ähnliche Umsetzungen sind für die ETSI-Hierarchie-Abbildung auf SDH definiert. Optische Übertragungsausrüstungen, die für die Umsetzung eines proprietären Formates auf ein anderes sind ebenfalls auf dem Markt erhältlich, beispielsweise kann das Gerät FD-565 der Firma Nortel das proprietäre FD-135-Format sowie das Standard-DS3-Format übertragen.

[0022] Als eine physikalische Übertragungstechnologie und außerdem aufgrund der vorstehend aufgeführten Vorteile scheint SONET der Kandidat der Wahl zur Übertragung von Ethernet zu sein. Es sind dem Anmelder keine Versuche bekannt, die Ethernet in wirkungsvoller Weise in einen SONET-Container umsetzen, um die Vorteile der SONET-Merkmale und die installierte Basis der SONET-Ausrüstungen mit Vorteil zu nutzen. Es besteht ein Bedarf an einem effizienten Verfahren zur Umsetzung von HS- (Hochgeschwindigkeits-) Rahmen, wie z. B. Ethernet-Signalen auf maschenartige Netze, wie z. B. SONET, derart, dass die Signale mit geringen Zeitschwankungen und wenig aufwändiger Hardware zurückgewonnen werden können, wobei dies mit vorhandenen Langstrecken-Netzen kompatibel sein sollte.

[0023] Die US-A-5581566 offenbart eine Hochleistungs-Parallelschnittstelle an eine synchrone optische Überleiteinrichtung.

[0024] Die WO 98/04072 offenbart ein Verfahren zur Übertragung von LAN-Daten über ein synchrones WAN, wobei das LAN-Rahmenformat während der

Übertragung über das WAN beibehalten wird.

[0025] Die Veröffentlichung „Everything Over IP – An Overview of The Strategic Change in Voice and Data Networks“ im BT Technology Journal, BT Laboratories, Band 17, Nr. 2, April 1999, Seiten 24–30 (XP000831721 ISSN: 1358–3948) diskutiert den Transport von unterschiedlichen Datentypen über IP-Netze.

Zusammenfassung der Erfindung

[0026] Es ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung, die optische physikalische Schicht und LAN-Technologien zusammenzuführen, um ein Hochgeschwindigkeits-Ethernet bereitzustellen.

[0027] Es ist ein weiteres Ziel dieser Erfindung, die LAN-/Campus-Technologie auf MAN- und WAN-Technologien unter Verwendung des gleichen Protokolls und der gleichen Übertragungstechnologie zu entwickeln. Verbesserungen des traditionellen Ethernets werden ebenfalls geschaffen.

[0028] Gemäß der Erfindung wird ein Verfahren zur Leitweglenkung eines Hochgeschwindigkeits-HS-Rahmens in einem maschenartigen Netz geschaffen, wobei der HS-Rahmen eine Quellendresse zur Identifikation einer Quellen-Endstation umfasst und wobei das Verfahren die Versorgung des HS-Rahmens mit einem Etikett umfasst, das einen derzeitigen Pfad und eine Zieladresse zur Identifikation einer Ziel-Endstation identifiziert.

[0029] In vorteilhafter Weise können durch die Verwendung der SONET-Technologie als das Übertragungsmedium der physikalischen Schicht für Ethernet die Netzbetreiber weiterhin die große eingebettete Basis von SONET-Ausrüstungen verwenden, was zu wichtigen Kosteneinsparungen für neue Ausrüstungen führt. Das HS-Ethernet gemäß der Erfindung nutzt in vorteilhafter Weise auch die derzeitige SONET-Funktionalität aus, wie die Rahmenbildung, die Verwürfelung, die Integrität usw.

[0030] Zusätzlich ist diese Erfindung ein Schritt vorwärts bei der Integration von WAN's, MAN's und LAN's. Die Anwendungsbereiche für das HS-Ethernet reichen von bürointern (weniger als 500 Meter), Campus oder Standort (weniger als 5 km), städtisch (weniger als 50 km) und Fernstrecken (mehr als 50 km).

[0031] Die Erfindung ergibt weiterhin einen Knoten für ein maschenartiges Netz und eine Sende-Endstation für ein derartiges Netz.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0032] Die vorstehenden und andere Ziele, Merkmale und Vorteile der Erfindung werden aus der folgenden ausführlicheren Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen ersichtlich, wie sie in den beigefügten Zeichnungen gezeigt sind, in denen:

[0033] **Fig. 1A** die traditionelle LAN-Normbeziehung für das OSI-Bezugsmodell zeigt;

[0034] **Fig. 1B** die LAN-Beziehung des OSI-Bezugsmodells gemäß einer Ausführungsform der Erfindung zeigt;

[0035] **Fig. 2** ein Signal des Thin-SONET-STS-192c zeigt;

[0036] **Fig. 3A** das MAC-Rahmenformat gemäß IEEE 802.3 zeigt;

[0037] **Fig. 3B** das MAC-Rahmenformat zeigt, wie es gemäß einer Ausführungsform der Erfindung modifiziert ist;

[0038] **Fig. 3C** das Längenfeld des modifizierten MAC-Rahmens mit Einzelheiten zeigt;

[0039] **Fig. 4** zeigt, wie die MAC-Schicht von der physikalischen Schicht geführt wird, um eine Codierung mit veränderlicher Länge in der physikalischen Schicht zu ermöglichen;

[0040] **Fig. 5** das Prinzip der Etikettvermittlung zeigt;

[0041] **Fig. 6** ein Beispiel eines HS-Ethernet-Netzes gemäß einer Ausführungsform der Erfindung zeigt;

[0042] **Fig. 7** eine Verwürfelungsschaltung zur Erzielung einer hohen Randomisierung der Nutzinformation zeigt;

[0043] **Fig. 8** die Rahmensynchronisation zeigt; und

[0044] **Fig. 9** eine Verwürfelungsschaltung zur Verhinderung von Killer-MAC-Rahmen zeigt.

Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform

[0045] **Fig. 1A** zeigt die traditionelle LAN-Normbeziehung zu dem OSI-Bezugsmodell gemäß der IEEE 802.3-Norm. Die Norm definiert drei Teilschichten in L1, nämlich die physikalische Codierungs- (PCS-) Teilschicht, die physikalische Medienanschluss- (PMA-) Teilschicht und die physikalische medienabhängige (PMD-) Teilschicht. Zwei Kompatibilitäts-Schnittstellen, nämlich die medienabhängige Schnittstelle (MDI) und die medienunabhängige Schnittstelle verbinden die physikalische Schicht mit dem Medium bzw. mit einer weiteren Teilschicht von L1, nämlich der Signalisierungs-Teilschicht (PLS).

[0046] Die Datenverbindungsschicht ist ebenfalls in zwei Teilschichten unterteilt, nämlich die Medienzugangssteuerung (MAC) und die MAC-Steuer-Teilschicht.

[0047] **Fig. 1B** zeigt die LAN-Beziehung zu dem OSI-Bezugsmodell für das HS-Ethernet gemäß der Ausführungsform der Erfindung. Die physikalische Schicht ist Thin SONET, wie dies bei **4** gezeigt ist, auf der Grundlage der WDM-Technologie, die bei **2** gezeigt ist, und diese ist für Transportfunktionen verantwortlich. Die SONET-Schicht **4** führt die Rahmenbildung/Abgrenzung, die Verwürfelung, die Paritätsprüfung, die Vorwärts-Fehlerkorrektur (FEC) und den Schutz von Verkehr aus und überwacht den Nutzinformationstyp, die Dienstegüte, usw. Die WDM-Schicht **2** betrifft die Funktionen des OTN (optisches Transportnetz – definiert durch ITU-T SG15), OCH (optischer Kanal), der ersten von drei Teilschichten in dem optischen Signal-zu-Rauschver-

hältnis (OTN) und befasst sich mit der Verfolgung, OSNR, dem Schutz, und dem Nutzinformationstyp. Weiterhin wird ein Datenkommunikationskanal an der physikalischen Schicht bereitgestellt.

[0048] Die Schlüsselfunktionen für Punkt-zu-Punkt- und Netzwerk-Anwendungen darstellen, sind unterschiedlichen Teilschichten der Datenverbindungsschicht zugeordnet. Im Einzelnen ist die MAC-Teilschicht weiter in eine Punkt-zu-Punkt-Teilschicht **6** und eine Netzwerk-Teilschicht **8** unterteilt. Die Punkt-zu-Punkt-Teilschicht **6** befasst sich mit der MAC-Rahmenabgrenzung, der Anfangsblock-Prüfungserzeugung, der Nutzinformationsverwülfelung, dem Nutzinformationstyp und der FEC, der Punkt-zu-Punkt-Verwaltung von Rahmen, dem Bericht über den Betriebszustand und dem Fehlerbericht. Die Netzwerk-Teilschicht **8** befasst sich mit der Verbindungsstrecken-Adressierung, der Fluss-Leitweglenkung, der Pufferverwaltung, der Warteschlangen-Abwicklung und der Überlast-Verwaltung.

[0049] **Fig. 2** zeigt einen Thin SONET STS-Nc-Container für das HS-Ethernet als ein Beispiel zur Beschreibung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0050] Die SONET-Normen ANSI T1.105 und Bellcore GR-253-CORE definieren die physikalische Schnittstelle, die optischen Leitungsraten, die als optische Träger- (OC-) Signale bekannt sind, ein Rahmenformat und ein OAM&P-Protokoll. Die optisch/elektrische Umwandlung erfolgt an der Peripherie des SONET-Netzes, wo die optischen Signale in ein elektrisches Standardformat umgewandelt werden, das als das synchrone Transportsignal (STS) bezeichnet wird, das das Äquivalent des optischen Signals ist. Im Einzelnen werden die STS-Signale von einem jeweiligen optischen Träger übertragen, der entsprechend dem STS definiert ist, das er überträgt. Somit wird ein STS-192-Signal von einem optischen OC-192-Signal übertragen.

[0051] Der STS-1-Rahmen besteht aus 90 Spalten mal 9 Reihen von Bytes; die Rahmenlänge beträgt 125 Mikrosekunden. Ein Rahmen umfasst eine Transport-Zusatzinformation (TOH), die 3 Spalten mal 9 Reihen an Bytes belegt, und einen synchronen Nutzinformations-Umschlag (SPE), der 87 Spalten mit 9 Reihen an Bytes belegt. Die erste Spalte des SPE ist mit Pfad-Zusatzinformations-Bytes belegt. Als solches hat ein STS-1 eine Bitrate von 51.840 Mb/s.

[0052] Eine höhere Rate aufweisende STS-N-Signale werden durch Multiplexieren von Unterbündeln mit einer niedrigeren Rate aufgebaut, worin $N = 1, 3, 6, \dots 192$ oder höher ist, und wobei SONET-Einfüguungs-/Abzweigungs-Multiplexer verwendet werden. Ein STS-N-Signal wird durch Verschachteln von N STS-1-Signalen gewonnen, die getrennt mit dem Umschlag ausgerichtet werden. Das STS-N weist eine TOH auf, der aus allen N TOH's der einzelnen Unterbündel hergestellt ist, sowie einen SPE, der aus allen N SPE's der Unterbündel hergestellt ist, jeweils

mit ihrer eigenen Pfad-Zusatzinformation POH. Die einzelnen Unterbündel könnten eine unterschiedliche Nutzinformation jeweils mit einem unterschiedlichen Ziel übertragen.

[0053] Einige Dienste erfordern mehr als ein STS-1, weil sie mit einer höheren Rate arbeiten. Diese werden in einem STS-Nc-Signal (c für Verkettung) übertragen.

[0054] **Fig. 2** zeigt die TOH **10**, den Umschlag STS-Nc SPE **12** und die POH **14**. Die STS-1's in das STS-Nc-Signal werden zusammengehalten anstatt verschachtelt zu werden. Der gesamte Umschlag des STS-Nc-Signals wird als einzige Einheit anstatt als N einzelner Einheiten leitweggelenkt, multiplexiert und transportiert. Die TOH und der Anfang des SPE für die N Bestandteile sind alle miteinander ausgerichtet, weil alle die Bestandteile von der gleichen Quelle mit dem gleichen Takt erzeugt werden. Das STS-1 in dem verketteten Signal überträgt den einzelnen Satz von POH **14**, was alles ist, was für ein STS-Nc erforderlich ist. Das TOH-Feld weist 3 Spalten $\times$ 9 Reihen $\times$ N -Bytes auf, die POH belegt eine Spalte, das heißt, 9 Bytes, und die Nutzinformation hat $87 - (N/3 - 1)$ Spalten $\times$ 9 Reihen $\times$ $(N - 1)$ Bytes. Beispielsweise beträgt die STS-192c-Nutzinformationskapazität 9584640 Gb/s.

[0055] In letzterer Zeit wurde SONET in Richtung auf eine einfachere Struktur für die TOH entwickelt, das als „Thin SONET“ bekannt ist. Die TOH des Thin SONET überträgt lediglich OAM&P-Information, die für die Daten in der zugehörigen Nutzinformation von Bedeutung ist.

[0056] **Fig. 2** zeigt die Byte-Zuteilung für die TOH und TOH für Thin STS-192c gemäß der Ausführungsform der Erfindung. Die Rahmeninformation, die von den Bytes A1 und A2 übertragen wird, wird beibehalten, zusammen mit der Information bezüglich des Beginns der Nutzinformation, Bytes H1-H3. Die von dem BIP-8-Bytes B1-B3 gelieferte Fehlerinformation wird ebenfalls beibehalten, und Vorwärts-Fehlerkorrektur- (FEC-) Bytes werden in der gezeigten Weise bereitgestellt. Es sei bemerkt, dass die erste FEC-Information lediglich als Beispiel gezeigt ist, wobei andere TOH-Byte-Positionen möglich sind.

[0057] Beibehalten werden auch die Auto-Schutz-Umschalt- (APS-) Bytes K1 und K2, so dass das HS-Ethernet den Vorteil der Schutzschaltungsfähigkeiten von SONET vorteilhaft ausnutzen kann.

[0058] Die undefinierten Zusatzinformations-Bytes sind als durchkreuztes Rechteck gezeigt, während die Bytes, die definiert, jedoch als unnötig nicht verwendet werden, als ein Rechteck mit drei vertikalen Linien gezeigt sind.

[0059] Gemäß der Ausführungsform dieser Erfindung werden Ethernet-Rahmen **16** in ein Thin SONET STS-Nc SPE **12** abgebildet. **Fig. 2** zeigt eine veränderliche Länge aufweisende Rahmen **16-1** bis **16-7**, wobei weiterhin Synchronisationsfolgen **17** ge-

zeigt sind, wie dies weiter unten in Verbindung mit **Fig. 8** erläutert wird.

[0060] Die HS-Ethernet über Thin SONET-Kombination ist aus vielen Gründen vorteilhaft. Die OC-192-SONET-Leitungsrate beträgt 9953280 Gbs, was nahezu 10 Gbs ist. Dennoch ist das OC-192-Beispiel für die heutige Generation von optischen Netzen geeignet. Es sollte verständlich sein, dass diese Umsetzung auf andere SONET-Raten anwendbar ist, weil die Erfindung nicht auf die STS-192-Leitungsrate beschränkt ist. Zukünftige Generationen können auf SONET-Schritten (4 ×-) Schritten skaliert werden.

[0061] Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die Größe der Zusatzinformation (OH) im Vergleich mit anderen verfügbaren Technologien klein ist. Die Gesamt-OH-Nutzung von Thin SONET ist ungefähr 3,7%. Andere Leitungscodierschemas haben typischerweise mehr Zusatzinformationen. Beispielsweise hat 8B/10B, wie es bei 1 GB-Ethernet verwendet wird, 25% OH. Es ist ersichtlich, dass die Verwendung von Thin SONET in dieser Hinsicht vorteilhaft ist.

[0062] Weiterhin ergeben sich vielfältige Vorteile aus der Verwendung des SONET-Formats. Zunächst ermöglicht dies die Aufrechterhaltung einer Kompatibilität mit vorhandenen Langstrecken-WAN-Netzen, was zu einer einfachen WAN-LAN-Integration führt. Beispielsweise gibt es eine große installierte Basis von Langstrecken-3R-Repeatern, die sowohl hinsichtlich der Frequenz als auch des Formates der SONET-Rahmen empfindlich sind (ein 3R-Repeater ist ein elektronischer Repeater, der das ihn durchlaufende Signal neu formt, regeneriert und zeitlich nachsteuert. Wenn das SONET-Format verwendet wird, könnten diese 3R-Repeater von dem HS-Ethernet verwendet werden.

[0063] Die Lösung der Verwendung des Thin SONET ermöglicht die erneute Verwendung von im Handel erhältlichen Teilen, wie Serialisierern/Deserialisierern, Oszillatoren, optischen Sendern und Empfängern, sowohl für lange als auch kurze Strecken.

[0064] Weiterhin ermöglicht die Beibehaltung der SONET-Leitungsfrequenz, des Rahmenformates und der Abschnitts-Zusatzinformationen eine HS-Ethernet-Kompatibilität mit vorhandenen Übertragungsnetzen. Die Beibehaltung des SONET-Leitungs-Zusatzinformations-LOH und POH ermöglicht es, dass HS-Ethernet in Zukunft als Unterkanal auf eine höhere Rate aufweisenden SONET-Signalen arbeitet, wie z. B. OC-768. Weiterhin ist es durch die Beibehaltung der SONET-Übertragungsfrequenz und der Rahmen-Zusatzinformation möglich, das HS-Ethernetz über eine einzige WDM-Frequenz ohne zwischengeschaltete Vermittlungen zu übertragen.

[0065] Unter erneuter Betrachtung der **Fig. 1B** ist zu erkennen, dass die physikalische Medien-Anschluss-Teilschicht PMA die POH, LOH und Abschnitt-Zusatzinformations-SOH gemäß der Erfindung hinzufügt und eine Verwürfelung der Rahmen

unter Verwendung eines ersten Polynoms P1 ausführt. Die physikalische Codier-Teilschicht PCS führt die Verwürfelung der Rahmen unter Verwendung eines zweiten Polynoms P2 aus, um „Killer-MAC-Rahmen“ zu verhindern, das heißt Rahmen, die den PMA-Verwürfeler codieren. Die PCS führt dann die Anfangsblock-Fehlerprüfungs- (HEC-) Erzeugung und Einbettung aus.

[0066] Eine verwürfelte Codierung ergibt eine Leitungscodierungseffizienz, die äquivalent zu NRZ ist. Weitere Vorteile der Verwendung einer verwürfelten Leitungscodierung sind der sehr niedrige Prozentsatz von OH (nahezu 0%) und damit eine größere optische Reichweite verglichen mit der für Gruppen-codes (25% OH beispielsweise für Gigabit-Ethernet 8B/10B). Ein Nachteil der verwürfelten Leitungscodierung besteht darin, dass die Gleichspannungssymmetrie über Perioden von mehreren Bits ungleich Null sein kann. Die Gleichspannungssymmetrie wird dadurch aufrecht

erhalten, dass das Polynom P1 wie folgt ausgewählt wird:

$$P1 = x^7 + x^6 + 1$$

[0067] Killer-MAC-Rahmen, die die P1-Bit-Folge codieren, werden dadurch verhindert, dass alle MAC-Rahmen in der PCS unter Verwendung des Polynoms P2 verwürfelt werden:

$$P2 = x^{43} + 1$$

[0068] **Fig. 3A** zeigt ein MAC-Rahmenformat gemäß der IEEE 802.3-Norm. Der MAC-Rahmen umfasst ein Präambel-Feld **1**, ein Anfangsrahmen-Begrenzungs-feld (SDF) **3**, ein Zieladressenfeld (DA) **5**, ein Quellenadressenfeld (SA) **7**, ein Längen-Typ-Feld **9**, Daten- und Auffüllfelder **11**, **13** und ein Rahmenprüffolgen-Feld (FCS) **15**. Eine Blockssicherungsprüfung wird von dem Send- und Empfangsalgorithmen verwendet, um einen Wert für das FCS-Feld **15** zu erzeugen, das eine Funktion des Inhaltes der anderen Felder mit Ausnahme der Präambel berechnet wird.

[0069] **Fig. 3B** zeigt das MAC-Rahmenformat unter Modifikation gemäß der Ausführungsform der Erfindung.

[0070] Die Änderungen betreffen die Definition einer 8-Byte-Längen/Typ-Präambel, wie dies bei **21** und **23** gezeigt ist, anstelle der SFD-Präambel für den MAC-Rahmen. Das Feld **21** gibt unter anderem die Länge des Rahmens an und wird zur Bestimmung des Anfangs des nächsten Rahmens verwendet. Das Typ-Feld **23** zeigt an, ob der Rahmen Daten umfasst, im Leerlauf arbeitet oder Verwaltungs-/Steuerdaten umfasst. Die Steuerrahmen können zwischen Daten- und Leerlauf-Rahmen angeordnet werden und können anstelle spezieller Zeichencodes für die Verwaltung verwendet werden.

[0071] **Fig. 3C** zeigt das Feld **21** im Einzelnen. Das

Längen-Teilfeld **212** zeigt die Länge des Rahmens an. Das Teilfeld **213**, das als Zeitablauf (TTL) definiert ist, wird zur Begrenzung einer Netz-Schleifenbildung des Rahmens verwendet. Das mit Etikett bezeichnete Teilfeld **214** zeigt einen Dienst und einen Pfad zu dem Dienst an, und die Ausdrücke „Etikett“ und „Pfad“ in dieser Beschreibung und den Ansprüchen sollten entsprechend verstanden werden. Das Teilfeld **215**, das als Verhalten pro Sprungabschnitt (PHB) bezeichnet ist, zeigt die Dienstqualität an, die für die Pufferverwaltung zu verwenden ist, und das Teilfeld **216**, die Überlastbenachrichtigung (CN), wird zur Puffer-Überlastbenachrichtigung verwendet.

[0072] Eine weitere Änderung des 802.3-MAC-Rahmens ist die Hinzufügung eines Anfangsblock-Fehlerprüf- (HEC-) Feldes in dem Rahmen an der physikalischen Schicht, wie dies bei **25**, **Fig. 3B** gezeigt ist.

[0073] Die Rahmenbegrenzung, die bei der verwürfelten Leitungscodierung nicht verfügbar ist, wird durch die Verwendung eines HEC-Prüfalgorithmus im Feld **25** bereitgestellt. Dies ist der niedrigste Leitungszusatzinformations-Algorithmus, er hat eine vorhersagbare Größe und eine geringe Wahrscheinlichkeit einer Rahmen-Fehlausrichtung. Die Durchführung mehrfacher Übereinstimmungen der HEC-Folge erniedrigt die Wahrscheinlichkeit einer Rahmen-Fehlausrichtung.

[0074] Die MAC-Schicht folgt der physikalischen Schicht, um eine Codierung mit veränderbarer Länge in der physikalischen Schicht zu ermöglichen. Dies ist allgemein in **Fig. 4** gezeigt. Das TX_RDY-Signal benachrichtigt die MAC-Schicht, wenn die physikalische Schicht in der Lage ist, zu senden.

[0075] Wie dies in den **Fig. 3B** und **3C** zu erkennen ist, enthält jeder HS-Ethernet-Rahmen ein Adressentripel, nämlich eine 48-Bit-Quellenadresse **7**, eine 48-Bit-Zieladresse **5** und ein 24-Bit-Etikett-Feld **214**. Das Etikett-Feld **214** ist in der Lage, die folgenden Pfad-Typen zu identifizieren: Mehrpunkt-zu-Punkt, Punkt-zu-Punkt, und Punkt-zu-Mehrpunkt. Die **Fig. 5** und **6** zeigen das Prinzip der Etikett-Vermittlung.

[0076] Ein HS-Ethernet-Netz umfasst Etikett-Vertauschungs-Router **52** und **53**, die eine Ziel-IP-Adresse in einem Etikett-Wert entsprechend der Identifikation eines freien Pfades zwischen einer Quelle und einem Ziel in dem Netz umsetzen. Eine Etikett-Vermittlung **51** überprüft das Etikett, vergleicht es mit einer Liste von Etiketten/Ports und leitet den Rahmen aus dem entsprechend Port heraus weiter, allgemein mit einem neuen Etikett-Wert. Die Zuordnung von Etikett-Werten kann entweder über die Bereitstellung oder automatisch über ein Steuerebenen-Protokoll erfolgen.

[0077] **Fig. 6** zeigt ein Beispiel eines HS-Ethernet-Netzes gemäß der Ausführungsform der Erfindung. Das Netz umfasst Endstationen **31** und **32**, Vermittlungen **51**, **54**, **55**, **56**, **57**, **58** und Etikettvermittlungs-Router **52**, **53**, **35**, **36**, **37**. Die Verbindungsstrecken in dem Netz sind Endstation-zu-Endstation-Verbindungsstrecken **41** und **42**, die mit durchge-

zogenen Linien gezeigt sind, LSR-zu-Etikettvermittlungs-Strecken **43**, **44**, die mit unterschiedlich dicken Doppellinien gezeigt sind, und Etikettvermittlungs-zu-Etikettvermittlungs-Verbindungsstrecken, die mit doppelten Linien **45** bezeichnet sind.

[0078] **Fig. 6** zeigt weiterhin 3R-Regeneratoren **60**, die auf Verbindungsstrecken vorgesehen sind, die länger als ungefähr 400 km sind.

[0079] Eine LRS- oder LS-Station führt für die Senderichtung eine Verwürfelung des MAC-Rahmens mit P2, eine HLC-Erzeugung und Einbettung, eine Umsetzung der verwürfelten MAC-Rahmen in den Umschlag für Thin SONET, die Verwürfelung mit P1 und die Aussendung über das Netz aus. Die umgekehrten Operationen werden für die Empfangsrichtung ausgeführt.

[0080] Die Verwürfelung erfolgt, wie dies weiter oben angegeben wurde, unter Verwendung von P1 und P2. P2 wird auf den gesamten MAC-Rahmen angewandt, während P1 entsprechend der SONET-Norm auf das Abschnitts-Signal angewandt wird.

[0081] Das Polynom P1 wird unter regelmäßigen Intervallen durch Aussendung einer unverwürfelten Synchronisationsfolge synchronisiert. P1 wird zu Beginn jedes Synchronisationsrahmens neu gestartet. Die P2-Verwürfelungseinrichtung ist selbstsynchronisierend. Sie erfordert lediglich 43 verwürfelte Datenbits zur Erzielung der Synchronisation.

[0082] **Fig. 7** zeigt eine Verwürfelungseinrichtung **60**, die das Polynom P1 erzeugt. Der Takt wird mit 7 Flip-Flop-Schaltungen **18-1** bis **18-7** zwischengespeichert, so dass das Signal an dem Ausgang der Flip-Flop-Schaltung **18-7** = x^6 ist, und das Signal an dem Ausgang von **18-7** = x^7 ist. Ein erstes XOR-Verknüpfungsglied **19** liefert eine Rückführung an die Flip-Flop-Schaltung **18-1**, die an dem D-Eingang x^6 unter Exklusiv-oder-Verknüpfung mit x^7 empfängt. Ein zweites XOR **20** empfängt die Eingangsdaten und P1 und liefert die verwürfelten Ausgangsdaten.

[0083] Die Verwürfelungseinrichtungs-Synchronisation wird von dem Sender an dem Empfänger durch periodisches Aussenden einer unverwürfelten Synchronisationskette signalisiert, wie dies in **Fig. 2** durch die A1-, A2-Bytes in der SOH gezeigt ist. Jede Synchronisationskette weist einen festen Abstand in Sender-Bytes von der vorhergehenden „Sync“-Kette auf. Empfänger synchronisieren die P1-Verwürfelungseinrichtung **60** durch ein Zurücksetzen auf 1111111 am Ende der „Sync“-Folge. Der Empfänger entfernt die „Sync“-Kette aus dem Datenstrom bevor die Daten zu der PCS geleitet werden.

[0084] Die PCS führt eine MAC-Rahmensynchronisation auf der Grundlage der Anpassung einer 16-Bit-CRC (HEC) in wiederholter Weise mit den vorhergehenden Bytes aus. Diese Zustandsmaschine ist in **Fig. 8** gezeigt. Während nach einer HEC-Übereinstimmung gesucht wird, befindet sich das System im Suchzustand. Bei einer HEC-Übereinstimmung geht es in einen Vor-Synchronisationszustand über.

Wenn keine nachfolgenden HEC-Übereinstimmungen auftreten, kehrt sie zum Suchzustand zurück. Wenn nachfolgende Übereinstimmungen auftreten, bewegt es sich auf Sync, wo es eine gewisse Toleranz gegenüber HEC-Bitfehlern gibt.

[0085] **Fig. 9** zeigt eine Verwürfelungsschaltung **70** zur Verhinderung von Killer-MAC-Rahmen unter Verwendung von P2. Die Verwürfelungseinrichtung umfasst ein 43-Bit-Schieberegister **61**, das das zweite Polynom P2 liefert, das dann einer Exklusiv-oder-Verknüpfung mit den Eingangsdaten unterworfen wird, um die Ausgangsdaten unter Verwendung des XOR **62** zu gewinnen. Wie dies weiter oben angegeben wurde, wird dies zur Verhinderung von Killer-MAC-Rahmen verwendet, die das P1 codieren. Dies ist ein selbstsynchronisierendes Polynom und wird nach der Rahmensynchronisation angewandt.

[0086] Obwohl die Erfindung unter Bezugnahme auf spezielle beispielhafte Ausführungsformen beschrieben wurde, können weitere Modifikationen und Verbesserungen, die für den Fachmann ersichtlich sind, innerhalb des Umfanges der beigefügten Ansprüche durchgeführt werden, ohne von dem Schutzbereich der Erfindung in ihrem breiteren Aspekt abzuweichen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Leitweglenkung eines Hochgeschwindigkeits-, HS-, Rahmens (**16**) in einem maschenartigen Netz, wobei der HS-Rahmen eine Quellenadresse zur Identifikation einer Quellen-Endstation umfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren das Versehen des HS-Rahmens mit einem Etikett (**214**) umfasst, das einen derzeitigen Pfad und eine Zieladresse zur Identifikation einer Ziel-Endstation identifiziert, wobei die Leitweglenkung durch Umsetzen der Zieladresse auf einen Etikett-Wert entsprechend einem identifizierten freien Pfad zwischen der Quellen-Endstation und der Ziel-Endstation ausgeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Etikett einen von Mehrpunkt-zu-Mehrpunkt-, Punkt-zu-Punkt- und Punkt-zu-Mehrpunkt-Pfad-Typen identifiziert.

3. Knoten für ein maschenartiges Netz zur Leitweglenkung eines Hochgeschwindigkeits-, HS-, Rahmens in einem maschenartigen Netz von Endstationen, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Knoten Folgendes umfasst:

einen Quellen-Etikett-Vertauschungsrouter (**52**) zum Umsetzen einer Ziel-IP-Adresse in einen Quellen-Etikettwert entsprechend eines identifizierten freien Pfades zwischen zwei Endstationen;

einen Ziel-Etikett-Vertauschungsrouter (**53**) zur Umsetzung einer Quellen-IP-Adresse auf einen Ziel-Etikettwert entsprechend dem identifizierten freien Pfad; und

eine Etikett-Vermittlung (**51**) zum Vergleich des Quellen-Etikettwertes mit einer Liste von Etiketten-Ports und zur Weiterleitung des HS-Rahmens heraus zu einem entsprechenden Port.

4. Sende-Endstation für ein maschenartiges Netz, mit:

Einrichtungen zur Erzeugung eines Hochgeschwindigkeits-, HS-, Rahmens, der eine Quellenadresse, eine Zieladresse und ein Etikettfeld (**16**) umfasst; Einrichtungen zum Verwürfeln des HS-Rahmens mit einem zweiten Polynom zur Erzeugung eines verwürfelten HS-Rahmens;

Einrichtungen zur Erzeugung einer Anfangsblock-Fehlerprüffolge HEC und zu deren Einbettung in den verwürfelten HS-Rahmen (**25**);

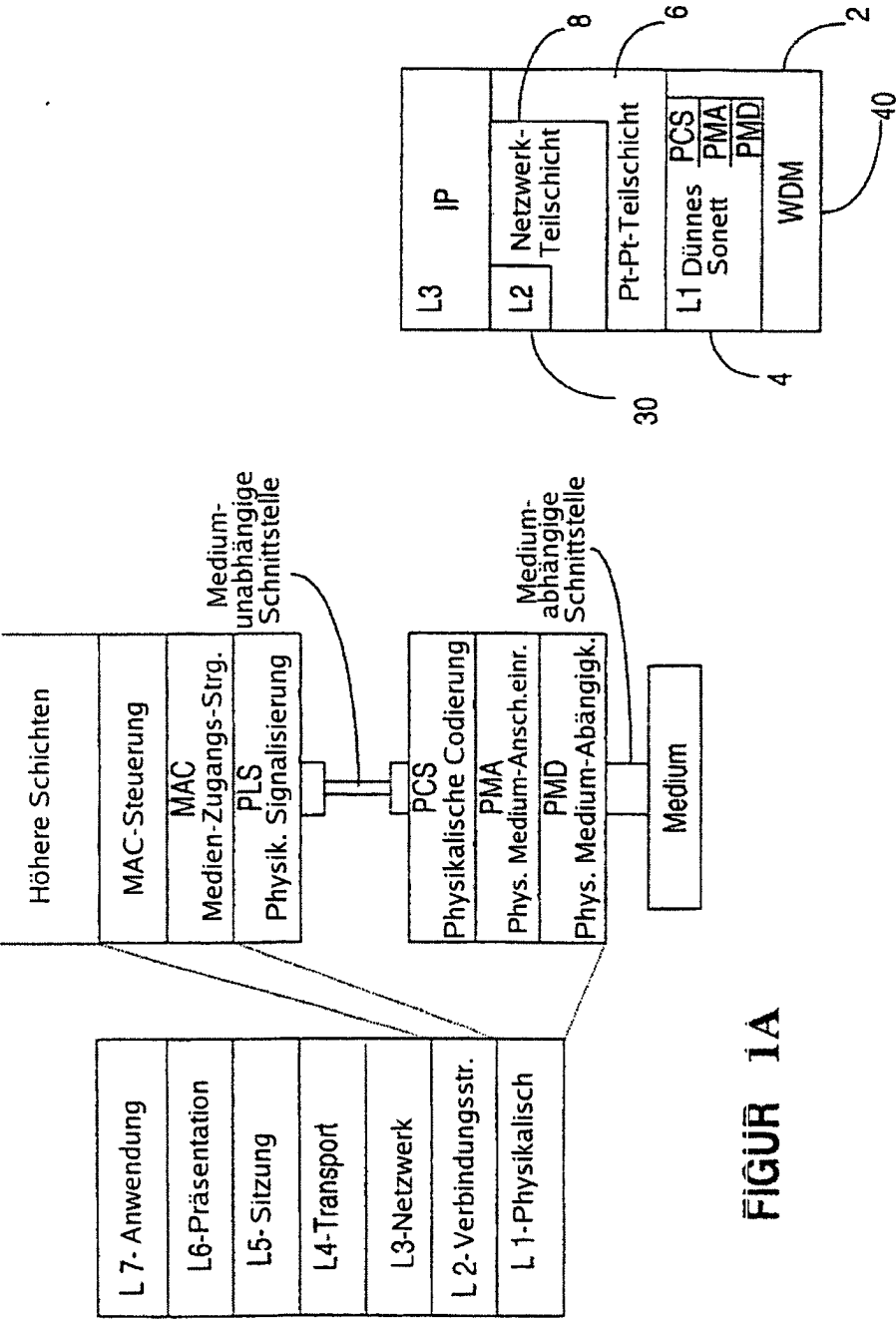
Einrichtungen zur Auswahl eines synchronen Containers, der ein Transport-Zusatzinformations-Feld TOH und ein Nutzinformationsfeld umfasst;

Einrichtungen zur Umsetzung des verwürfelten HS-Rahmens in das Nutzinformationsfeld (**12**);

Einrichtungen zum Verwürfeln des Inhaltes des Nutzinformationsfeldes mit einem ersten Polynom für eine Gleichspannungssymmetrie (**60**); und

Einrichtungen zur Aussendung des synchronen Containers über ein Netz entsprechend der Quellenadresse, einer Zieladresse und einem Etikett-Feld.

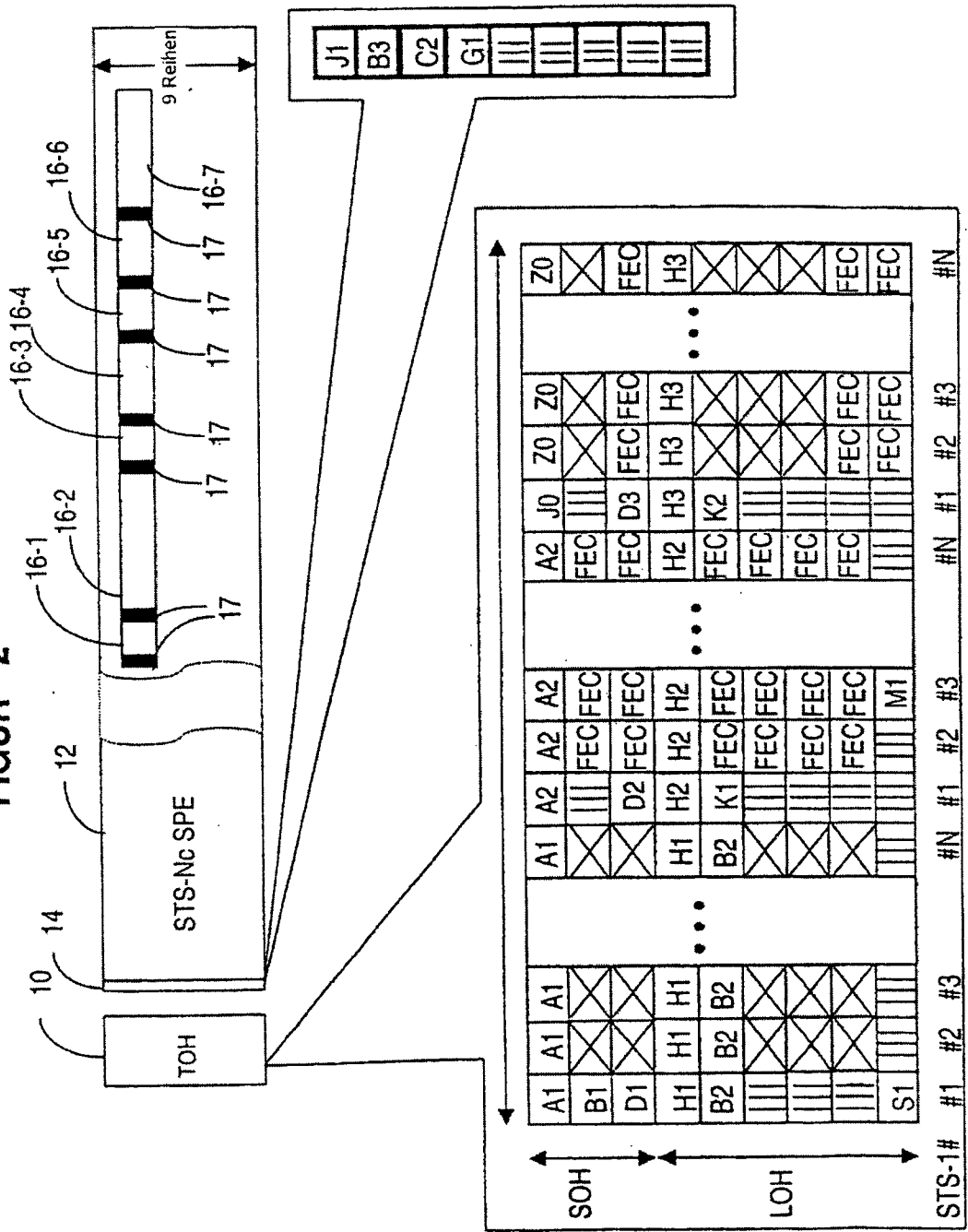
Es folgen 6 Blatt Zeichnungen



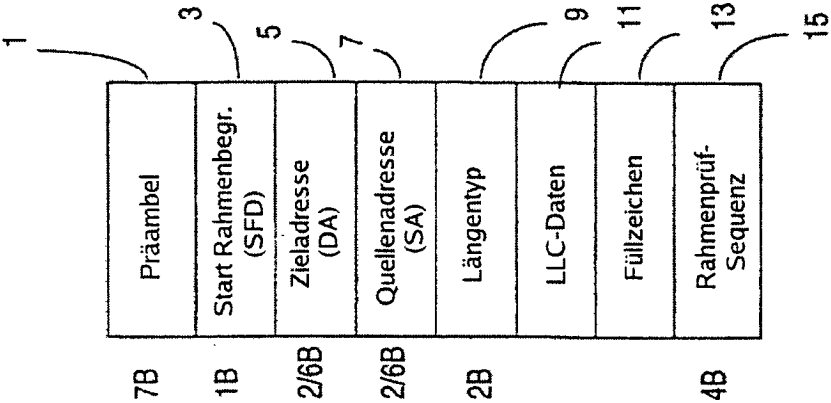
FIGUR 1B

FIGUR 1A

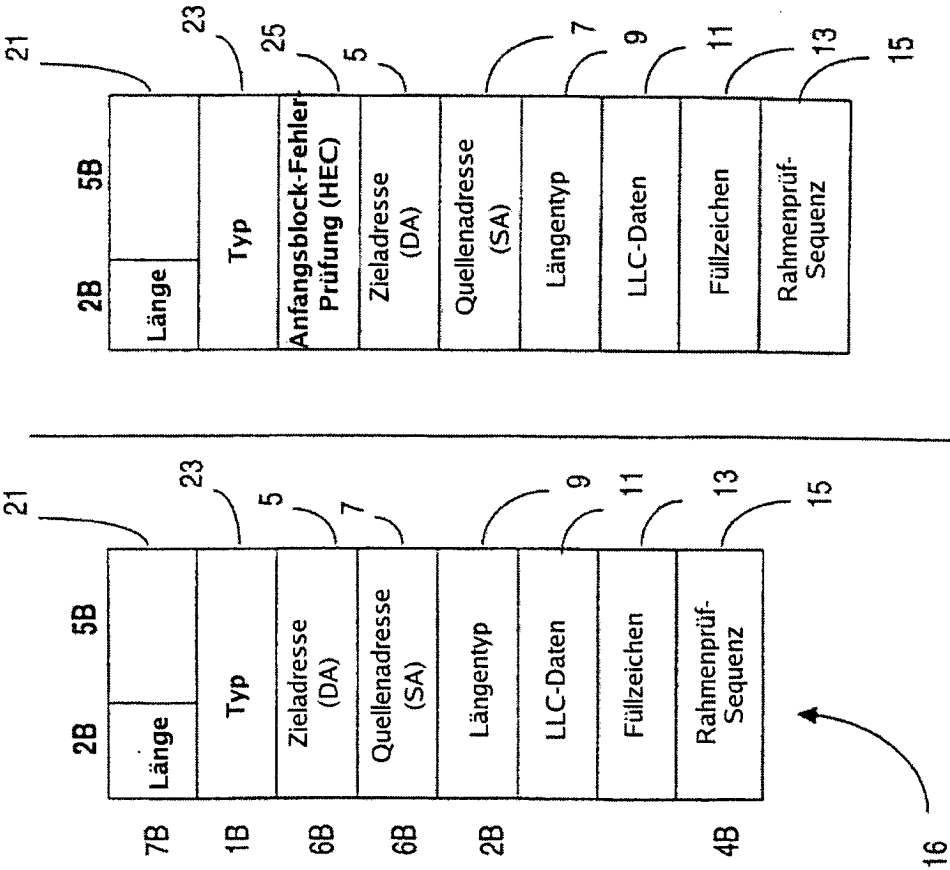
FIGUR 2



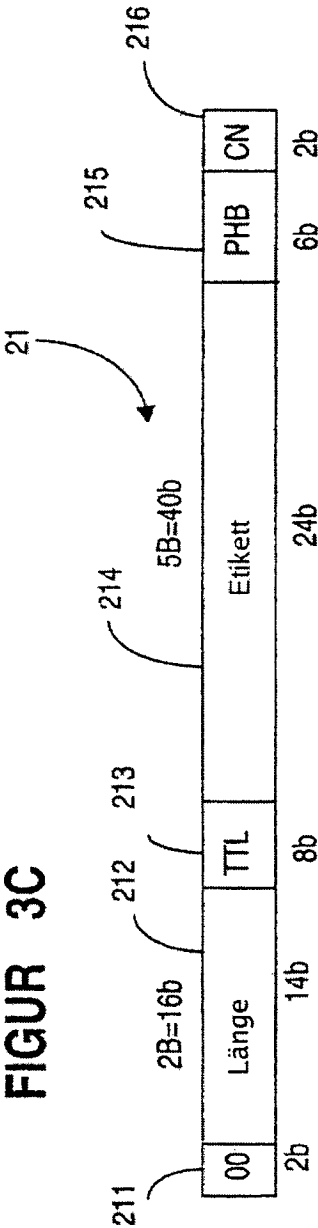
FIGUR 3A



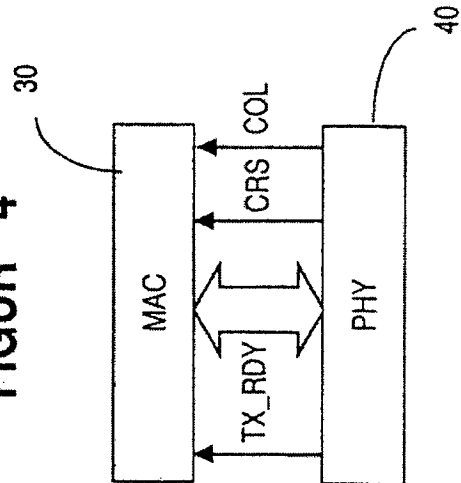
FIGUR 3B



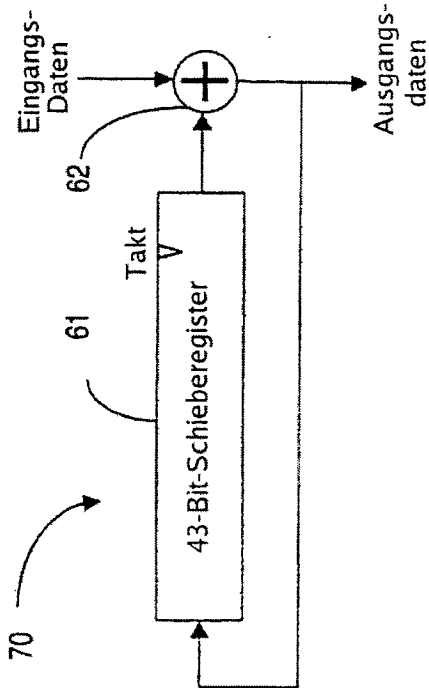
FIGUR 3C



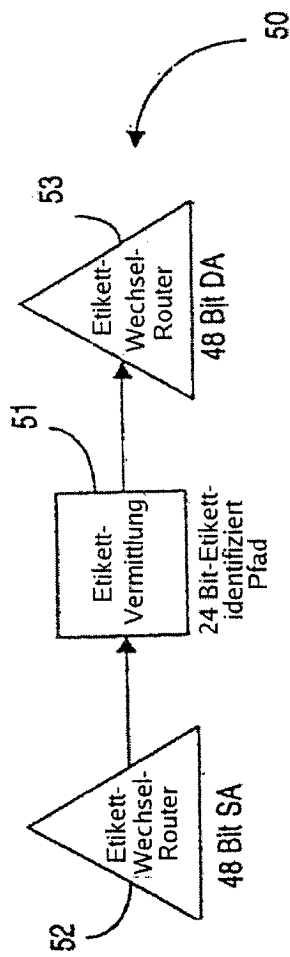
FIGUR 4



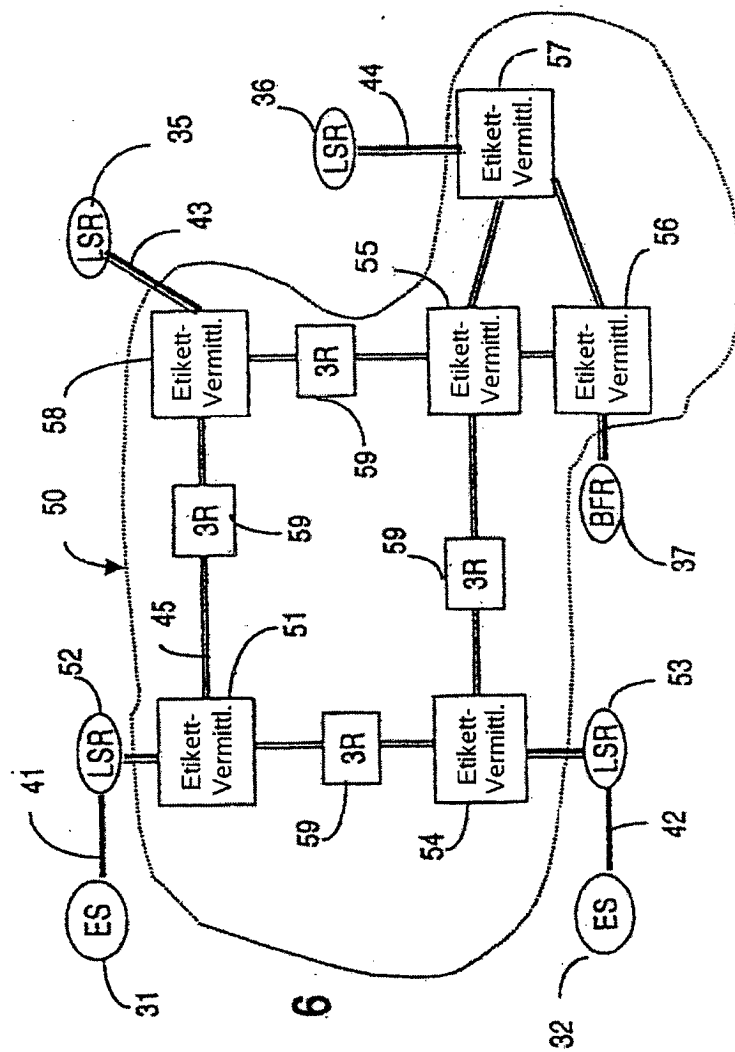
FIGUR 9

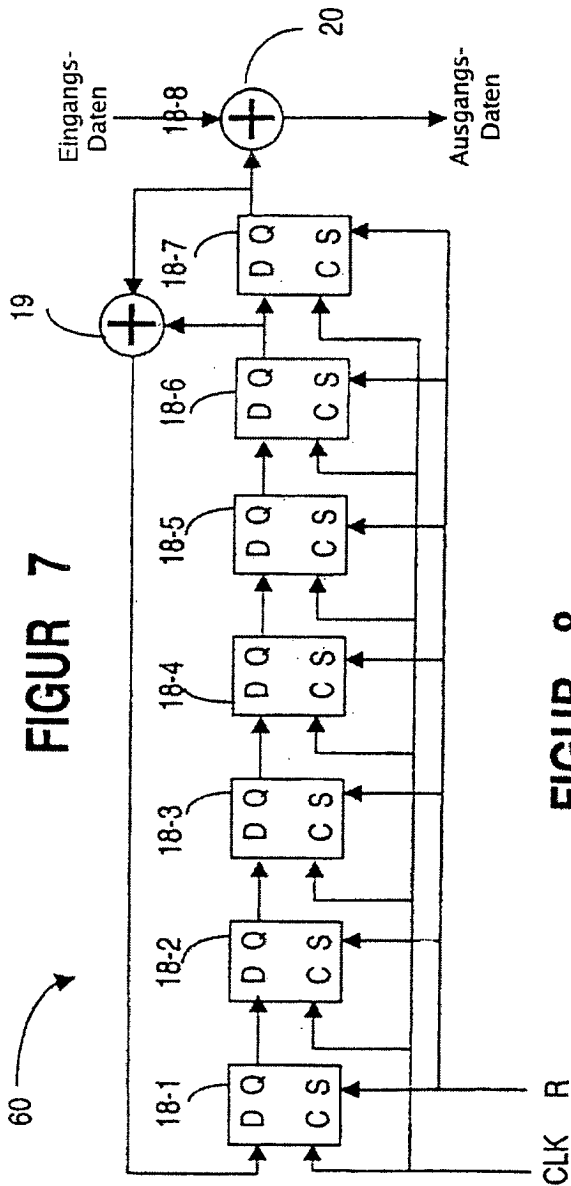


FIGUR 5



FIGUR 6





FIGUR 8

