



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 601 09 689 T2 2006.02.23

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 178 634 B1

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

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 09 689.4**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 306 553.7**

(96) Europäischer Anmeldetag: **31.07.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **06.02.2002**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **30.03.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **23.02.2006**

(30) Unionspriorität:
632867 04.08.2000 US

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

(73) Patentinhaber:
Intellon Corporation, Ocala, Fla., US

(72) Erfinder:
Markwalter, Brian E., Ocala, Florida 34471, US; Patella, James Philip, Hernando, Florida 34442, US; Yonge III, Lawrence W., Ocala, Florida 34480, US; Kostoff II, Stanley J., Ocala, Florida 34482, US; Earnshaw, William E., Ocala, Florida 34470, US

(74) Vertreter:
Strohschänk und Kollegen, 81667 München

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Protokoll zur Anpassung jeder einzelnen Verbindung in einem Mehrknoten-Netzwerk zu einer maximalen Datenrate**

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 eingelebt, 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

[0001] Die Erfindung betrifft Medium-Access-Control-Protokolle (MAC-Protokolle) in CSMA-Netzwerken.

[0002] Bei früheren Daten-Übertragungssystemen kann die zur Verfügung stehende Übertragungskanal-Bandbreite in eine Reihe von diskreten Trägern unterteilt werden. Beispiele von Daten-Übertragungssystemen, die mehrere Träger aufweisen, sind Orthogonal-Frequency-Division-Multiplexing-(OFDM)-Daten-Übertragungssysteme, in denen sich die Träger überlappen und zueinander orthogonal sind, wie z.B. die auf dem IEEE 802.11a Standard basierenden, drahtlosen Systeme, die OFDM verwenden, sowie Digital-Subscriber-Line-(DSL)-Systeme, die eine diskrete Mehrton-Modulation verwenden. Datenübertragungen in solchen mehreren Träger aufweisenden Systemen verwenden eine gewisse Anzahl von zur Verfügung stehenden Trägerfrequenzen.

[0003] In Systemen mit mehreren Knoten und mehreren Trägern, beispielsweise in Systemen, die den IEEE 802.11a Standard einsetzen, ist es möglich, jede Knoten-zu-Knoten-Verbindung an eine spezielle Datenrate anzupassen; die Daten-Raten der einzelnen Träger sind jedoch alle gleich. Die Kanal-Anpassung oder die Kanal-Informationen, die verwendet werden, um den Hauptteil (body) eines Datensatzes bzw. Rahmens (frame) zu modulieren, und die von einem empfangenden Knoten auf den Rahmen-Hauptteil für eine Demodulation angewendet werden müssen, können vom sendenden Knoten im Kopfteil des Rahmens zur Verfügung gestellt werden, der typischerweise mit der niedrigsten Datenrate übertragen wird. Zwar kann eine solche Vorgehensweise für die Weitergabe von Kanal-Informationen für eine geringe Menge von Kanal-Informationen adäquat sein, doch wird sie für Systeme ineffizient, bei denen komplexere Kanal-Informationen-Anforderungen bestehen.

[0004] Bei Punkt-zu-Punkt-Systemen mit mehreren Trägern, wie z.B. DSL, können die Träger basierend auf den Kanalmerkmalen bzw. Kanaleigenschaften für unterschiedliche Bit-Raten konfiguriert werden. Bei einer Punkt-zu-Punkt-Anwendung wie z.B. DSL besteht keine Notwendigkeit, mit einer Übertragung Kanal-Informationen zur Verfügung zu stellen, da jeder DSL-Sendeempfänger immer nur mit einem anderen DSL-Sendeempfänger Informationen austauscht.

[0005] Es gibt eine Reihe von Systemen und Verfahren, die im Stand der Technik beschrieben werden und eine Kanal-Anpassung verwenden, um Übertragungsraten entsprechend den Kanalmerkmalen anzupassen. Ein Beispiel ist in dem US-Patent 5,914,959 beschrieben, das für Marchetto, R., et al. erteilt wurde; dabei handelt es sich um ein System mit nur einem Träger, um eine Nachrichtenverbindung zwischen einer Basisstation und einem mobilen Empfänger (beispielsweise einer Pager-Einheit) aufrecht zu erhalten, wenn der Signalempfang eine schlechte Qualität besitzt. Das System sorgt für eine automatische erneute Übertragung der Signale mit einer geringeren Übertragungsrate, wenn die Qualität des vom Empfänger empfangenen Signals unter einem akzeptablen Niveau liegt. Die für die Übertragung zwischen der sendenden Basisstation und dem mobilen Empfänger verwendete Datenrate kann an die Kanal-Eigenschaften bzw. -Merkmale durch Bezugnahme auf eine Nachschlage-Tabelle (look-up table, LUT) angepasst werden, die im Empfänger gespeichert ist. Die LUT wird durchsucht, bis eine akzeptable Daten-Übertragungsrate für das betreffende Basisstation/Empfänger-Paar ermittelt worden ist. Das System kann so konfiguriert werden, dass es die LUT in Richtung abnehmender Übertragungsraten durchsucht, oder es kann alternativ aufwärts suchen, um eine höhere akzeptable Datenrate zu finden.

Zusammenfassung

[0006] Gemäß einem Gesichtspunkt der Erfindung umfasst in einem Netzwerk von Stationen, die mit einem gemeinsam verwendeten Kanal verbunden sind, wobei jede Station einen Sender und einen Empfänger besitzt, der Betrieb einer Station die Anpassung der Nachrichtenverbindung zwischen einem Sender und einem Empfänger an eine Datenrate für jeden Träger des Kanals basierend auf Merkmalen bzw. Eigenschaften eines jeden Trägers des für die Nachrichtenverbindung verwendeten Kanals.

[0007] Ausführungsformen der Erfindung können eines oder mehrere der folgenden Merkmale umfassen: Die Anpassung kann den Empfang einer vom Sender über den Kanal in einem Rahmen abgegebenen Kanal-Bewertungs-Anforderung, das Ermitteln von Kanal-Merkmalen für die Verbindung aus dem Rahmen und die Erzeugung von Kanal-Informationen aus den ermittelten Kanal-Merkmalen sowie ein Zurücksenden der Kanal-Informationen in einer Kanal-Bewertungs-Antwort an den Sender umfassen, so dass die Kanal-Informati-

onen vom Sender bei Übertragungen an den Empfänger für die Nachrichtenverbindung verwendet werden können.

[0008] Die Anpassung kann das Senden einer Kanal-Bewertungs-Anforderung an den Empfänger umfassen, um Kanal-Informationen zur Optimierung der Abgabe von nachfolgenden Nachrichten an den Empfänger zu erhalten, und das Empfangen der Kanal-Informationen in einer Kanal-Bewertungs-Antwort des Empfängers.

[0009] Die Anpassung kann während einer Rahmen-Übertragungs-Erholzeit erfolgen. Wenn die Verbindung eine existierende Verbindung ist, kann die Anpassung nach einer vorbestimmten Ablaufzeit oder, alternativ, in Reaktion auf eine Anzeige des Empfängers wiederholt werden. Die Anzeige kann vom Sender als Empfehlung interpretiert werden, eine Anpassung aufgrund einer Änderung in der Anzahl der Bit-Fehler durchzuführen, die bei Übertragungen vom Sender an den Empfänger auftreten und vom Empfänger erkannt werden.

[0010] Die Datenrate kann eine maximale Datenrate sein.

[0011] Gemäß einem anderen Gesichtspunkt der Erfindung umfasst in einem Netzwerk von Stationen der Betrieb einer Station das Führen bzw. die Pflege einer Kanal-Karte (map), die vom Empfänger basierend auf Merkmalen bzw. Eigenschaften des Kanals für die Verbindung geliefert wird und einen zugehörigen Kanal-Kartenindex aufweist, für eine Verbindung über einen Kanal zwischen einem Sender in einer Station und einem Empfänger in einer anderen Station, die Verwendung der Kanal-Karte durch den Sender zum Kodieren und Modulieren von Rahmen-Daten in einem Rahmen für eine Übertragung über einen Kanal an den Empfänger, und das Senden des zugehörigen Kanal-Kartenindexes durch den Sender in dem Rahmen, um für den Empfänger die vom Sender verwendete Kanal-Karte zu identifizieren.

[0012] Ausführungsformen der Erfindung können eines oder mehrere der folgenden Merkmale umfassen: Der Rahmen kann ein Rahmen-Steuer-Feld umfassen, das im Wesentlichen von allen Stationen im Netzwerk beobachtet werden kann, und das Rahmen-Steuer-Feld kann den zugehörigen Kanal-Kartenindex enthalten. Der Kanal-Kartenindex kann der gleiche sein wie der, der von einem anderen Empfänger verwendet wird. Der Kanal kann eine Stromnetz-Leitung sein.

[0013] Die Verwendung der Kanal-Karte zum Modulieren des Rahmens für eine Übertragung über den Kanal kann ein Modulieren des Rahmens auf OFDM-Symbole umfassen.

[0014] Zu den Vorteilen der vorliegenden Erfindung gehören die folgenden: Während die Rahmen-Steuer-Daten mit einer niedrigeren Datenrate und in einer Art und Weise übertragen werden, die sicherstellt, dass die Daten von allen Stationen gehört werden können, wird die Zur-Verfügung-Stellung der Rahmen-Nutzlast (frame payload) pro Sender/Empfänger-Paar durch die Verwendung der Kanal-Anpassung optimiert. Die Kanal-Anpassung ermöglicht es, jede Sender/Empfänger-Verbindung Träger um Träger zur Erzielung einer maximalen Datenrate zu optimieren, die auf Kanal-Attributen für diese Verbindung und Übertragungsrichtung basiert. Die vom Kanal-Anpassungs-Verfahren erzeugten Informationen werden sowohl beim Sender als auch beim Empfänger als Kanal-Karte in Verbindung mit einem durch den Empfänger zugeordneten Kanal-Kartenindex gespeichert. Der Kanal-Kartenindex für eine Kanal-Karte, der verwendet wird, um die Nutzlast eines Rahmens zu kodieren und zu modulieren, wird vom Sender an den Empfänger in den Rahmen-Steuer-Daten des Rahmens übertragen, so dass der Empfänger in der Lage ist, die geeignete Kanal-Karte für die Demodulation aufzufinden. Während ein Empfänger einen speziellen Kanal-Kartenindex nur einmal verwenden kann (d.h. der Kanal-Kartenindex muss für diesen Empfänger einmalig sein), können mehrere Empfänger den gleichen Kanal-Kartenindex verwenden.

[0015] Andere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden detaillierten Beschreibung und den Ansprüchen.

Beschreibung der Zeichnung

[0016] In der Zeichnung zeigen:

[0017] [Fig. 1](#) ein Blockdiagramm eines Netzwerkes von Netzwerkstationen, die mit einem Übertragungskanal verbunden sind, wobei jede der Stationen im Netzwerk eine Medium-Zugangs-Steuereinheit (media access control unit, MAC) und eine Vorrichtung der physikalischen Schicht (physical layer, PHY) umfasst,

[0018] [Fig. 2](#) ein detailliertes Blockdiagramm der PHY-Vorrichtung (aus [Fig. 1](#)),

[0019] [Fig. 3](#) eine Wiedergabe des Formats eines OFDM-Rahmens einschließlich eines Start-Begrenzungszeichens, auf das eine „Nutzlast“ und ein End-Begrenzungszeichen folgen,

[0020] [Fig. 4](#) eine Darstellung des Formats eines Begrenzungszeichens eines Antwort-Rahmens,

[0021] [Fig. 5A](#) eine Darstellung des Formats eines Rahmen-Steuer-Feldes im Start-Begrenzungszeichen (aus [Fig. 3](#)),

[0022] [Fig. 5B](#) eine Darstellung des Formats eines Rahmen-Steuer-Feldes im End-Begrenzungszeichen (aus [Fig. 3](#)),

[0023] [Fig. 6](#) eine Darstellung des Formats eines Rahmen-Steuer-Feldes in dem Antwort-Begrenzungszeichen (aus [Fig. 4](#)),

[0024] [Fig. 7](#) eine Darstellung des Formats eines Segment-Steuer-Feldes in der Nutzlast des in [Fig. 3](#) gezeigten Rahmens,

[0025] [Fig. 8](#) eine Darstellung des Formats eines Rahmen-Hauptteils in der Nutzlast des in [Fig. 3](#) gezeigten Rahmens,

[0026] [Fig. 9](#) eine Darstellung des Formats eines MAC-Management-Informations-Feldes im Rahmen-Hauptteil aus [Fig. 8](#),

[0027] [Fig. 10](#) eine Darstellung des Formats eines MCTRL-Feldes in dem MAC-Management-Informations-Feld aus [Fig. 9](#),

[0028] [Fig. 11](#) eine Darstellung des Formats eines MEHDR-Feldes in dem MAC-Management-Informations-Feld aus [Fig. 9](#),

[0029] [Fig. 12A](#) eine Darstellung des Formats eines MMENTRY-Daten-Eintrag-Feldes in einem MAC-Management-Informations-Feld, in dem das MEHDR-Feld den Daten-Eintrag als eine Kanal-Bewertungs-Anforderung identifiziert,

[0030] [Fig. 12B](#) eine Darstellung des Formats eines MMENTRY-Daten-Eintrag-Feldes in einem MAC-Management-Informations-Feld, in dem das MEHDR-Feld den Daten-Eintrag als eine Kanal-Bewertungs-Antwort identifiziert,

[0031] [Fig. 13A](#) eine Darstellung des Formats eines MMENTRY-Daten-Eintrag-Feldes in einem MAC-Management-Informations-Feld, in dem das MEHDR-Feld den Daten-Eintrag als eine Verbindungs-Informations-Anfrage identifiziert,

[0032] [Fig. 13B](#) eine Darstellung des Formats eines MMENTRY-Daten-Eintrag-Feldes in einem MAC-Management-Informations-Feld, in dem das MEHDR-Feld den Daten-Eintrag als eine Verbindungs-Informations-Antwort identifiziert,

[0033] [Fig. 14](#) eine Darstellung des Formats eines MMENTRY-Daten-Eintrag-Feldes in einem MAC-Management-Informations-Feld, in dem das MEHDR-Feld den Daten-Eintrag als eine Kennzeichnung für ein Setzen örtlicher Parameter (Set Local Parameters) identifiziert,

[0034] [Fig. 15](#) eine Darstellung des Formats eines MMENTRY-Daten-Eintrag-Feldes in einem MAC-Management-Informations-Feld, in dem das MEHDR-Feld den Daten-Eintrag als Kennzeichnung für ein Ersetzen der Brückenadresse (Replace Bridge Address) identifiziert,

[0035] [Fig. 16](#) eine Darstellung des Formats eines MMENTRY-Daten-Eintrag-Feldes in einem MAC-Management-Informations-Feld, in dem das MEHDR-Feld den Daten-Eintrag als eine Kennzeichnung für ein Setzen des Netzwerk-Verschlüsselungs-Schlüssels (Set Network Encryption Key) identifiziert,

[0036] [Fig. 17](#) eine Darstellung des Formats eines MMENTRY-Daten-Eintrag-Feldes in einem MAC-Management-Informations-Feld, in dem das MEHDR-Feld den Daten-Eintrag als Kennzeichnung eines Mehrfachrufs mit Antwort (Multicast With Response, MWR) identifiziert,

[0037] [Fig. 18](#) eine Darstellung des Formats eines MMENTRY-Daten-Eintrag-Feldes in einem MAC-Management-Informations-Feld, in dem das MEHDR-Feld den Daten-Eintrag als eine Kennzeichnung für das Aneinanderreihen (Concatenate) identifiziert,

[0038] [Fig. 19A](#) und [Fig. 19B](#) Darstellungen von Daten-Rahmen-Übertragungen, die einen Prioritäts- und Konkurrenzbetrieb-Zugriff ([Fig. 19A](#)) und einen Zugriff ohne Priorität und Konkurrenzbetrieb ([Fig. 19B](#)) verwenden,

[0039] [Fig. 19C](#) und [Fig. 19D](#) Darstellungen von Antwort-Rahmen-Übertragungen, die einen Prioritäts- und Konkurrenzbetrieb-Zugriff ([Fig. 19C](#)) und einen Zugriff ohne Priorität und Konkurrenzbetrieb ([Fig. 19D](#)) verwenden,

[0040] [Fig. 20](#) eine Darstellung der Prioritäts- und Konkurrenzbetrieb-Auflösungs-Slot-Signalisierung basierend auf der Ankunftszeit des zu übertragenden Rahmens,

[0041] [Fig. 21](#) ein Blockdiagramm der MAC-Einheit (aus [Fig. 1](#)), wobei die MAC-Einheit eine Zustandsmaschine (state machine) umfasst, die einen Sende-Handler (TX) und einen Empfangs-Handler (RX) umfasst,

[0042] [Fig. 22](#) ein Blockdiagramm des TX-Handlers aus [Fig. 21](#),

[0043] [Fig. 23](#) ein Flussdiagramm des Rahmen-Übertragungsverfahrens, das vom TX-Handler aus [Fig. 22](#) durchgeführt wird,

[0044] [Fig. 24](#) ein Flussdiagramm eines Antwort-Auflöse-Verfahrens, das von dem Rahmen-Übertragungsverfahren aus [Fig. 23](#) durchgeführt wird,

[0045] [Fig. 25](#) ein Flussdiagramm eines Zugangs-Konkurrenz-Verfahrens (contend-for-access), das vom Rahmen-Übertragungsverfahren aus [Fig. 23](#) durchgeführt wird,

[0046] [Fig. 26](#) ein Blockdiagramm des RX-Handlers aus [Fig. 21](#),

[0047] [Fig. 27](#) ein Flussdiagramm eines Rahmen-Empfangsverfahrens, das vom RX-Handler aus [Fig. 26](#) durchgeführt wird,

[0048] [Fig. 28](#) ein Zustandsdiagramm, das Gesichtspunkte des Rahmen-Übertragungsverfahrens und des Rahmen-Empfangsverfahrens darstellt, die in den [Fig. 23](#) bzw. 27 dargestellt sind,

[0049] [Fig. 29](#) eine Darstellung des Netzwerkes in einer Unterteilung in logische Netzwerke, von denen jedes durch einen speziellen Verschlüsselungs-Schlüssel definiert wird,

[0050] [Fig. 30](#) ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Hinzufügen einer neuen Station als Mitglied des logischen Netzwerkes (wobei eines der logischen Netzwerke, wie sie in [Fig. 29](#) dargestellt sind, als Beispiel verwendet wird),

[0051] [Fig. 31](#) eine detailliertere Beschreibung der Mitgliedsstationen des logischen Netzwerks (eines der in [Fig. 29](#) gezeigten logischen Netzwerke), wobei jede Mitgliedsstation einen Netzwerk-Schlüssel und ein Auswahlpaar für dieses logische Netzwerk gespeichert hält,

[0052] [Fig. 32](#) ein Blockdiagramm eines erweiterten Netzwerkes einschließlich von zwei zuverlässigen Sub-Netzwerken von Stationen, die mit einem unzuverlässigen Sub-Netzwerk von Stationen durch Brücken verbunden sind, wobei jede der Stationen in dem unzuverlässigen Sub-Netzwerk und die Brücken in der Lage sind, einen Brücken-Proxy-Mechanismus zu unterstützen,

[0053] [Fig. 33](#) ein Blockdiagramm des erweiterten Netzwerkes aus [Fig. 32](#), das so konfiguriert ist, dass jede der Brücken als Brücken-Proxy für Stationen in den zuverlässigen Sub-Netzwerken dient, mit denen sie verbunden sind, wenn auf diese Stationen von den Stationen des unzuverlässigen Sub-Netzwerks zugegriffen wird,

[0054] [Fig. 34](#) ein Flussdiagramm eines Brücken-Proxy-Übertragungsverfahrens,

[0055] [Fig. 35](#) ein Flussdiagramm eines Mehrfachruf-Verarbeitungsteils des Brücken-Proxy-Übertragungsverfahrens,

[0056] [Fig. 36](#) ein Flussdiagramm eines Brücken-Proxy-Empfangsverfahrens,

[0057] [Fig. 37](#) ein Netzwerk von Stationen, bei dem eine Station als Master und die anderen Stationen als Slaves dienen, um Sessionen mit Intervallen ohne Konkurrenzbetrieb zu unterstützen,

[0058] [Fig. 38](#) ein Diagramm von Zeitscheiben während einer Session mit Intervallen ohne Konkurrenzbetrieb,

[0059] [Fig. 39A](#) das Format eines MAC-Management-Daten-Eintrags für das Setzen einer Verbindung (Set Connection MAC management entry),

[0060] [Fig. 39B](#) das Format eines MAC-Management-Daten-Eintrags für das Verwenden einer Verbindung (Use Connection MAC management entry),

[0061] [Fig. 40](#) eine Darstellung einer Rahmen-Weiterleitungs-Struktur für eine Rahmen-Weiterleitung mit Antworten,

[0062] [Fig. 41](#) eine Darstellung einer Rahmen-Weiterleitungs-Struktur für eine Rahmen-Weiterleitung ohne Antwort,

[0063] [Fig. 42](#) eine Darstellung eines anderen Start-Begrenzungszeichen-Rahmen-Steuerfeld-Formats zur Verwendung bei der Rahmen-Weiterleitung, die Rahmen umfasst, welche keine End-Begrenzungszeichen verwenden,

[0064] [Fig. 43](#) eine Darstellung einer Rahmen-Weiterleitungs-Struktur, welche das Start-Begrenzungszeichen-Rahmen-Steuerfeld aus [Fig. 32](#) für eine Rahmen-Weiterleitung mit Antwort nur nach einem Rahmen-Weiterleitungsrahmen verwendet,

[0065] [Fig. 44](#) eine Darstellung einer Rahmen-Weiterleitungs-Struktur, die das Start-Begrenzungszeichen-Rahmen-Steuerfeld aus [Fig. 42](#) für eine Rahmen-Weiterleitung mit Antwort und ein NACK oder FAIL verwendet, das nach einem ersten Rahmen auftritt,

[0066] [Fig. 45](#) eine Darstellung einer Rahmen-Weiterleitungsstruktur, die das Start-Begrenzungszeichen-Rahmen-Steuerfeld aus [Fig. 42](#) für eine Rahmen-Weiterleitung ohne Antwort verwendet, und

[0067] [Fig. 46](#) eine Darstellung eines anderen End-Begrenzungszeichen-Rahmen-Steuerfeld-Formats, das ein Rahmen-Längenfeld für die Spezifizierung der Länge eines zweiten Rahmens in einem Rahmen-Weiterleitungs-Schema aufweist.

Detaillierte Beschreibung

[0068] Gemäß [Fig. 1](#) umfasst ein Netzwerk **10** Netzwerkstationen **12a**, **12b**, ... **12k**, die an ein Übertragungsmedium bzw. einen Kanal **14**, beispielsweise eine Strom-Netzleitung (PL) in der dargestellten Weise angeschlossen sind. Während einer Nachrichtenübermittlung zwischen wenigstens zwei der Netzwerkstationen **12** über das Übertragungsmedium **14** dient eine erste Netzwerkstation, beispielsweise die Station **12a** als Sender-Netzwerkstation (oder Sender) und wenigstens eine zweite Netzwerkstation, beispielsweise die Station **12b** als Empfangs-Netzwerkstation (oder Empfänger). Jede Netzwerkstation **12** umfasst eine logische Verknüpfungs-Steuer-Einheit (Logical Link Control unit, LLC) **16** für eine Verbindung mit einem Daten-Verknüpfungs-Verwender (Data Link User), d.h. einem Endgerät wie z.B. einem Host-Rechner, einem Kabel-Modem oder einem anderen Gerät (nicht dargestellt). Die Netzwerkstation **12** umfasst weiterhin eine Mediums-Zugangssteuer-Einheit (media access control unit, MAC) **18**, die mit der LLC-Einheit **16** durch eine Datenschnittstelle **20** verbunden ist, eine physische Schicht-Einheit (physical layer unit, PHY) **22**, die mit der MAC-Einheit **18** durch eine MAC-PHY-I/O-Busleitung **24** verbunden ist, und eine analoge Eingangseinheit (analog front-end unit, AFE) **26**. Die AFE-Einheit **26** ist mit der PHY-Einheit **22** durch gesonderte AFE-Eingangsleitungen **28a** und -Ausgangsleitungen **28b** und mit dem Übertragungsmedium **14** durch eine AFE-PL-Schnittstelle **30** verbunden. Jede Station **12** stellt irgendeine Kombination von Hardware, Software und Firmware dar, die anderen Stationen als einzelne funktionale und adressierbare Einheit im Netzwerk erscheint.

[0069] Allgemein entsprechen die LLC-, MAC- und PHY-Einheiten dem Open System Interconnect Modell (OSI). Insbesondere entsprechen die LLC- und MAC-Einheiten der Daten-Link-Schicht des OSI-Modells und die PHY-Schicht-Einheit der physikalischen Schicht des OSI-Modells. Die MAC-Einheit **18** führt eine Datenverkapselung/-endkapselung sowie das Mediums-Zugangs-Management für Sendefunktionen (TX) und Empfangsfunktionen (RX) durch. Vorzugsweise verwendet die MAC-Einheit **18** ein Kollisions-Vermeidungs-Mediums-Zugangs-Steuerschema wie z.B. den Träger-Mess- Mehrfachzugang mit Kollisionsvermeidung (carrier sense multiple access with collision avoidance, CSMA/CA) wie es durch den IEEE 802.11 Standard beschrieben wird, obwohl auch andere geeignete MAC-Protokolle des Kollisions-Vermeidungstyps oder andere Arten von MAC-Protokollen verwendet werden können. Beispielsweise können Time-Division-Multiple-Access-Schemata (TDMA) verwendet werden. Die MAC-Einheit **18** unterstützt auch das automatische Wiederholungs-Anforderungs-Protokoll (Automatic Repeat request, ARQ). Die PHY-Einheit **22** führt neben anderen Funktionen auch die Sendekodierung und Empfangsdekodierung aus, wie dies unten noch genauer beschrieben wird. Die AFE-Einheit **26** sorgt für eine Anbindung an das Übertragungsmedium **14**. Die AFE-Einheit **26** kann auf beliebige Weise realisiert werden und wird daher hier nicht weiter erläutert.

[0070] Die Einheit einer Nachrichtenübermittlung, die zwischen den Stationen stattfindet, hat die Form eines Rahmens bzw. Datensatzes oder Pakets. So wie sie hier verwendet werden, betreffen die Ausdrücke „Rahmen“ (frame) und „Paket“ (packet) beide eine PHY-Schicht-Protokoll-Dateneinheit (PDU). Ein Rahmen kann Daten (d.h. eine „payload“ = „Nutzlast“) in Verbindung mit einem Begrenzungszeichen oder ein Begrenzungszeichen als solches enthalten, wie dies noch erläutert wird. Das Begrenzungszeichen ist eine Kombination aus einer Präambel und Rahmen-Steuer-Informationen. Die Daten und die Rahmen-Steuer-Informationen werden von der MAC-Einheit **18** empfangen, aber von der PHY-Einheit **22** unterschiedlich behandelt, wie dies im folgenden unter Bezugnahme auf [Fig. 2](#) erläutert wird. Die Rahmen- und Begrenzungszeichen-Strukturen werden unter Bezugnahme auf die [Fig. 3](#) bis [Fig. 6](#) noch genauer beschrieben.

[0071] Gemäß [Fig. 2](#) führt die PHY-Einheit sowohl Sende-, d.h. TX-Funktionen als auch Empfangs-, d.h. RX-Funktionen für eine einzelne Station aus. Um die TX-Funktionen zu unterstützen, umfasst die PHY-Einheit **22** ein Verzerrer (scrambler) **32**, einen Daten-FEC-Kodierer **34** (zum Kodieren der von der MAC-Einheit **18** empfangenen Daten), einen Modulator **36**, einen Rahmen-Steuer-FEC-Kodierer **38** zum Kodieren der Rahmen-Steuer-Informationen, einen Synchronisationssignal-Generator **40** (zum Definieren eines Präambel-Signals, das für eine automatische Gewinnsteuerung und Synchronisation verwendet wird) und eine IFFT-Einheit **42**. Herkömmliche Post-IFFT-Einrichtungen werden aus Gründen der Vereinfachung weggelassen. Die Post-IFFT-Einrichtungen können beispielsweise einen zyklischen Präfix-Block mit angehobener Kosinus-Fenstertechnik (raised cosine windowing) und einer Scheitelbegrenzung (peak limiter) sowie eine Ausgangssignal-Pufferung umfassen. Auch ist eine TX-Konfigurations-Einheit **52** enthalten. Um die RX-Funktionen zu unterstützen, umfasst die PHY-Einheit **22** eine automatische Gewinnsteuer-Einheit (AGC) **54**, eine FFT-Einheit **58**, eine Kanal-Bewertungs-Einheit **60**, eine Synchronisations-Einheit **62**, einen Rahmen-Steuer-FEC-Dekoder **64**, einen Demodulator **66**, einen Daten-FEC-Dekoder **68**, einen Entzerrer (descrambler) **70** und eine RX-Konfigurations-Einheit **72**. In der PHY-Einheit **22** sind eine MAC-Schnittstelle **74**, eine PHY-Steuerung **76** und ein Kanal-Karten-Speicher **78** enthalten, die sowohl von den Sende- als den auch Empfangsfunktionen benutzt werden. Der Kanal-Karten-Speicher **78** umfasst einen TX-Kanal-Karten-Speicher **78a** und einen RX-Kanal-Karten-Speicher **78b**.

[0072] Während eines Daten-Übertragungs-Vorgangs werden Daten- und Steuer-Informationen an der PHY-MAC-Schnittstelle (MAC-Schnittstelle) **74** über die PHY-MAC-Busleitung **24** empfangen. Die MAC-Schnittstelle liefert die Daten an den Verzerrer **32**, der sicherstellt, dass die Daten, die an den Eingang des Daten-FEC-Kodierers **34** geliefert werden, im Wesentlichen ein Zufallsmuster aufweisen. Der Daten-FEC-Kodierer **34** kodiert das verzerrte Datenmuster in einem Vorwärts-Fehler-Korrektur-Code (forward error correction code) und verschachtelt danach die kodierten Daten. Für diesen Zweck kann jeder Vorwärts-Fehler-Korrektur-Code, beispielsweise ein Reed-Solomon-Code oder sowohl ein Reed-Solomon-Code als auch ein Faltungscode verwendet werden. Der Modulator **36** liest die FEC-kodierten Daten und die FEC-kodierten Steuer-Informationen vom Rahmen-Steuer-FEC-Kodierer **38** und moduliert die kodierten Daten und Steuer-Informationen in OFDM-Symbolen auf Träger in Übereinstimmung mit herkömmlichem OFDM-Modulationsverfahren. Diese Modulationsverfahren können kohärent oder differentiell sein. Die Modulationsart kann unter anderem ein Binary Phase Shift Keying mit $\frac{1}{2}$ Raten-Kodierung („1/2 BPSK“), Quadrature Phase Shift Keying mit $\frac{1}{2}$ Raten-Kodierung („1/2 QPSK“), ein QPSK mit $\frac{3}{4}$ Raten-Kodierung („3/4 QPSK“) sein. Die IFFT-Einheit **42** empfängt Eingangssignale vom Modulator **36**, dem Rahmen-Steuer-FEC-Kodierer **38** und dem Synchronisationssignal-Generator **40** und liefert verarbeitete Daten an die Post-IFFT-Funktionseinheiten (nicht dargestellt), die die Inhalte des Rahmens weiterverarbeiten, bevor sie sie an die AFE-Einheit **26** (aus [Fig. 1](#)) überführt.

[0073] Die TX-Konfigurations-Einheit **52** empfängt die Steuer-Informationen von der PHY-MAC-Schnittstelle (PHY-to-MAC I/F) **74**. Diese Steuer-Informationen umfassen Informationen bezüglich des Kanals, über den die Daten von der MAC-Schnittstelle **74** übertragen werden sollen. Die TX-Konfigurations-Einheit **52** verwendet diese Informationen, um eine geeignete Kanal- (oder Ton-)Karte aus dem TX-Kanal-Kartenspeicher **78A** auszuwählen. Die ausgewählte Kanal-Karte spezifiziert einen Übertragungsmodus sowie eine Modulationsart (einschließlich einer zugehörigen Kodierrate) für alle Träger (oder, alternativ, für jeden der Träger) und den Satz von Trägern, die für die Übertragung der Daten verwendet werden sollen, und spezifiziert daher die OF-DM-Symbol-Blockgrößen (sowohl fest als auch variabel), die der Datenübertragung zugeordnet sind. Ein OF-DM-Symbol-Block umfasst eine Vielzahl von Symbolen und kann einem Rahmen oder einem Teil hiervon entsprechen. Die TX-Konfigurations-Einheit **52** erzeugt TX-Konfigurations-Informationen aus den Kanal-Karten-Daten. Die TX-Konfigurations-Informationen umfassen den Übertragungsmodus, die Modulationsart (einschließlich einer zugehörigen FEC-Kodierrate) für den Satz von Trägern oder jeden Träger, die Anzahl der Symbole und die Anzahl der Bits pro Symbol. Die TX-Konfigurations-Einheit **52** liefert die TX-Konfigurations-Informationen an die PHY-Steuerung **76**, welche die Informationen verwendet, um die Konfiguration des Daten-FEC-Kodierers **34** zu steuern. Zusätzlich zu den Konfigurations-Steuersignalen liefert die Steuerung **76** auch andere herkömmliche Steuersignale an den Daten-FEC-Kodierer **34** sowie an den Verzerrer **32**, den Modulator **36**, den Rahmen-Steuer-FEC-Kodierer **38**, den Synchronisations-Signal-Generator **40** und die IFFT-Einheit **42**.

[0074] Der Rahmen-Steuer-FEC-Kodierer **38** empfängt vom MAC über die PHY-MAC-Schnittstellen-Einheit **74** Rahmen-Steuer-Informationen, die in das Begrenzungszeichen eingefügt werden sollen, wie z.B. die Begrenzungszeichenart, d.h. „Start“ (Start des Rahmens oder „SOF“), „Ende“ (Ende des Rahmens oder „EOF“) oder andere den Typ betreffende Informationen. Beispielsweise werden dann, wenn es sich bei dem Begrenzungszeichen um ein Start-Begrenzungszeichen handelt, ein Kanal-Kartenindex für die Übermittlung des Übertragungsmodus und anderer Informationen und die Anzahl von OFDM-Symbolen (die übertragen werden sollen) in einem Rahmen zur Verwendung durch die Empfangsstation **12b** zur Verfügung gestellt.

[0075] Während eines Daten-Empfangsvorganges werden OFDM-Rahmen, die über den Kanal an den empfangenden Netzwerknoten **12b** vom sendenden Netzwerknoten **12a** übertragen werden, an der PHY-Einheit **22** von der AFE-Einheit **26** durch die AGC-Einheit **54** empfangen. Das Ausgangssignal der AGC-Einheit **54** wird durch die FFT-Einheit **58** verarbeitet. Das Ausgangssignal der FFT-Einheit **58** wird der Kanal-Bewertungs-Einheit **60**, der Synchronisations-Einheit **62**, dem Rahmen-Steuer-FEC-Dekoder **64** und dem Demodulator **66** zur Verfügung gestellt. Genauer gesagt werden Phasen- und Amplituden-Werte der verarbeiteten Empfangsdaten der Kanal-Bewertungs-Einheit **60** zur Verfügung gestellt, die eine neue Kanal-Karte erzeugt, die über den Kanal an die übertragende Netzwerkstation **12a** gesandt werden kann. Die Kanal-Karte wird dann von beiden Stationen für nachfolgende Nachrichtenverbindungen untereinander in der gleichen Übertragungsrichtung verwendet (d.h., wenn die Station **12a** Paketinformationen an die Station **12b** sendet und die Station **12b** Paketinformationen empfängt, die von der Station **12a** übertragen werden). Die RX-Konfigurations-Einheit **72** empfängt den Kanal-Kartenindex und die Anzahl der OFDM-Symbole vom Rahmen-Steuer-FEC-Dekoder **64**, und entnimmt aus der RX-Kanal-Karte **78b** die Kanal-Karte, die durch den Kanal-Kartenindex spezifiziert ist, der vom Rahmen-Steuer-FEC-Dekoder **64** geliefert wird, und liefert die RX-Konfigurations-Informationen (die aus den Kanal-Karten-Parametern abgeleitet wurden) an die Steuerung **76**. Die RX-Konfigurations-Informationen werden verwendet, um den Daten-FEC-Dekoder **68** zu konfigurieren und umfassen somit Blockgrößen- und andere Informationen, die erforderlich sind, um den Rahmen zu dekodieren. Die Synchronisations-Einheit **62** liefert an die Steuerung **76** ein Rahmen-Start-Signal. In Reaktion auf diese Eingangssignale liefert die Steuerung **76** Konfigurations- und Steuersignale an den Daten-FEC-Dekoder und den Demodulator **66**. Beispielsweise gibt er den zu den empfangenen Daten gehörenden Modulationstyp an den Demodulator **66** weiter.

[0076] Der Demodulator **66** demoduliert die OFDM-Symbole in den von der FFT-Einheit **58** empfangenen, verarbeiteten Daten und konvertiert die Phasenwinkel der Daten in jedem Träger eines jeden Symbols in metrische Werte, die vom Daten-FEC-Dekoder für Dekodierzwecke verwendet werden. Der Daten-FEC-Dekoder **68** korrigiert Bitfehler, die während der Übertragung vom Daten-FEC-Kodierer **34** (eines sendenden Knotens) zum Daten-FEC-Dekoder **68** auftreten und leitet die dekodierten Daten an den Entzerrer **70** weiter, der einen Vorgang durchführt, der umgekehrt zu dem Vorgang ist, den der Verzerrer **32** durchgeführt hat. Das Ausgangssignal des Entzerrers **70** wird dann der MAC-Schnittstellen-Einheit **74** für eine Übertragung an die MAC-Einheit **18** zur Verfügung gestellt.

[0077] Der Rahmen-Steuer-FEC-Dekoder **64** erhält kodierte Rahmen-Steuer-Informationen von der FFT-Einheit **58** und Steuersignale von der Steuerung **76**. Der Rahmen-Steuer-FEC-Dekoder **64** verwendet diese Ein-

gangssignale um die Rahmen-Steuer-Informationen in dem Rahmen-Begrenzungszeichen zu dekodieren und zu demodulieren. Sobald sie dekodiert und demoduliert sind, werden die Rahmen-Steuer-Informationen an die MAC-Schnittstellen-Einheit **74** für eine Überführung an die MAC-Einheit **18** weitergeleitet. Die MAC-Einheit **18** ermittelt aus den Informationen, ob das Begrenzungszeichen einen Rahmen-Start anzeigt. Wenn ein Rahmen-Start angezeigt wird, empfängt die RX-Konfigurations-Einheit von der MAC-Einheit **18** Rahmen-Steuer-Informationen (Kanal-Kartenindex und Kanal-Karten-Länge) um anzuzeigen, dass eine weitere Dekodierung erforderlich ist, und die RX-Konfigurations-Einheit verwendet die Rahmen-Steuer-Informationen um die Steuerung anzuweisen, die Empfängereinheiten für eine weitere Dekodierung zu konfigurieren.

[0078] Aus Gründen der Vereinfachung und Klarheit wurden hier andere Details der PHY-Einheiten und der Sender/Empfänger-Funktionseinheiten (die dem Fachmann bekannt und für die Erfindung nicht wesentlich sind) weitgehend weggelassen.

[0079] In [Fig. 3](#) ist das Format eines Daten-Übertragungs-Rahmens **80** dargestellt, der über das Übertragungsmedium **14** durch die sendende Netzwerkstation **12a** übertragen werden soll. Der Daten-Übertragungsrahmen **80** umfasst eine „Nutzlast“ **82**, welche die Daten enthält, die von der MAC-Einheit **18** empfangen wurden. Diese Daten umfassen einen Kopf **84**, einen Hauptteil **86** und Rahmen-Prüfsequenzen (frame check sequences, FCS) **88**. Vorzugsweise wird die Nutzlast **82** durch die in [Fig. 2](#) gezeigten Funktionseinheiten in Übereinstimmung mit Verfahren gesendet und empfangen, die in dem US-Patent 6,397,368 mit dem Titel „Forward Error Correction with Channel Adaption“ für Lawrence W. Yonge III et al., dem US-Patent 6,442,129 mit dem Titel „Enhanced Channel Estimation“ für Lawrence W. Yonge III et al., und dem US-Patent 6,278,685 mit dem Titel „Robust Transmission Mode“ für Lawrence W. Yonge III et al. beschrieben sind, deren Inhalt durch Bezugnahme hier mit aufgenommen wird; es können jedoch auch andere Verfahren verwendet werden. Das oben erwähnte US-Patent 6,278,685 („Robust Transmission Mode“) beschreibt einen Standardmodus und einen robusten Modus mit verringrigerter Datenrate (im folgenden einfach als „ROBO-Modus“ bezeichnet), wobei der ROBO-Modus für eine extensive Diversität (hinsichtlich der Zeit und Frequenz) und Datenredundanz sorgt, um die Fähigkeit der Netzwerkstationen zu verbessern, unter ungünstigen Bedingungen zu arbeiten.

[0080] Gemäß [Fig. 3](#) umfasst der Rahmen **80** weiterhin ein oder zwei Begrenzungszeichen **90**, die allgemein als Begrenzungszeichen-Informationen bezeichnet werden. Die Begrenzungszeichen-Informationen **90** umfassen ein Begrenzungszeichen, das der Nutzlast **82** vorausgeht, d.h. ein Start- (oder SOF-)Begrenzungszeichen **92**. Vorzugsweise umfassen die Begrenzungszeichen-Informationen **90** zusätzlich zum Start-Begrenzungszeichen **92** ein Begrenzungszeichen, das der Nutzlast **82** folgt, d.h. ein End- (oder EOF-)Begrenzungszeichen **94**. Das Start-Begrenzungszeichen **92** umfasst eine erste Präambel **96** und ein erstes Rahmen-Steuerfeld **98**. Das End-Begrenzungszeichen **94** umfasst eine zweite Präambel **100** sowie ein zweites Rahmen-Steuerfeld **102**. Die Präambeln **96, 100** sind Mehrsymbol-Felder, die verwendet werden, um eine automatische Gewinnsteuerung, auf der Zeit und der Frequenz basierende Synchronisation und eine physikalische Träger-Messung durchzuführen oder zu ermöglichen. Die Präambeln **96, 100** können die gleiche Länge oder unterschiedliche Längen besitzen. Ein EFG **104** trennt das End-Begrenzungszeichen **94** und die Nutzlast **82**. Die Einfügung des EFG **104** in den Rahmen **80** ist optional.

[0081] Wie man weiterhin der [Fig. 3](#) entnimmt, umfasst der Kopf **84** ein Segment-Steuerfeld **106**, eine Bestimmungsadresse (destination address, DA) **108** und eine Quellenadresse (source address, SA) **110**. Die SA- und DA-Felder (von denen jedes 6 Bytes umfasst) sind die gleichen, wie die entsprechenden Felder, die im IEEE-Standard 802.3 beschrieben sind. Jede Adresse besitzt ein IEEE-48-Bit-MAC-Adressenformat.

[0082] Der Hauptteil **86** umfasst einen Rahmen-Hauptteil **112** und ein Auffüllfeld **114**. Gemeinsam stellen die Felder **108, 110** und **112** ein Segment einer MAC-Service-Daten-Einheit (MSDU) **116** oder eine vollständige derartige Einheit dar. Die MSDU bezieht sich somit auf alle Informationen, mit deren Transport die MAC-Schicht durch obere OSI-Schichten beauftragt worden ist (durch diejenigen OSI-Schichten, welche die MAC-Schicht bedient), zusammen mit allen MAC-Management-Informationen, die von der MAC-Schicht geliefert werden. Das letzte Segment eines Rahmens kann eine Auffüllung erfordern, um sicherzustellen, dass das Segment einen vollständigen OFDM-Block füllt. Somit liefert das Auffüllfeld **114** Nullen zwischen den Segment-Datenbits und dem FCS **88** am Ende des Segments. Das FCS **88** ist ein 16 Bits umfassendes CRC, das als Funktion des Inhaltes aller Felder beginnend mit dem ersten Bit des Segment-Steuerfeldes **106** bis zum letzten Bit des Auffüllfeldes **114** berechnet worden ist. Alternativ kann das Auffüllfeld **114** hinter dem FCS **88** angeordnet sein, wobei in diesem Fall das Auffüllfeld **114** von der FCS-Berechnung ausgeschlossen ist.

[0083] Die Nutzlast **82** hat eine maximale zeitliche Länge (aus Gründen der Wartezeit) und eine variierende Byte-Kapazität, die durch die Länge und die Kanal-Bedingungen festgelegt wird. Daher kann die Nutzlast **82**

die Kapazität besitzen, ein vollständiges MSDU oder nur ein Segment des MSDU zu enthalten. Ein „langer“ Rahmen umfasst die Begrenzungszeichen **92**, **94** sowie die Nutzlast **82**. Sowohl der Kopf **84** als auch das FCS **88** werden in Klartext (d.h. unverschlüsselt) übertragen, während ein Teil des Hauptteils **86** optional verschlüsselt sein kann. Die Nutzlastfelder werden der PHY-Einheit **22** mit dem Byte der höchsten Signifikanz zuerst und dem Bit mit der höchsten Signifikanz (MSB) zuerst dargeboten (wobei das MSB eines Bytes sieben Bit umfasst). Der lange Rahmen mit einem Start-Begrenzungszeichen, der Nutzlast und dem End-Begrenzungszeichen wird verwendet, um MSDU-Informationen in der Form von Einfach-Ruf- oder Mehrfach-Ruf-Übertragungen zu befördern.

[0084] Zwar zeigt [Fig. 3](#) Begrenzungszeichen, die eine Rahmen-Nutzlast eines Daten-Übertragungsrahmens einkapseln, doch kann ein Begrenzungszeichen auch allein auftreten, beispielsweise, wenn es als Antwort für das MAC-ARQ-Schema verwendet wird. Gemäß [Fig. 4](#) umfasst ein Antwort-Begrenzungszeichen **120** eine dritte Präambel **122** und ein drittes Rahmen-Steuerfeld **124**. Ein Rahmen, der nur ein Begrenzungszeichen enthält, d.h., das Begrenzungszeichen, das getrennt von einem Daten-Übertragungsrahmen übertragen und von einer Empfangsstation verwendet wird, um auf einen Daten-Übertragungsrahmen zu antworten, für den eine Antwort erwartet wird, wird hier als „kurzer“ Rahmen bezeichnet.

[0085] Andere beispielhafte Begrenzungszeichen können anderen Arten von „kurzen“ Rahmen zugeordnet sein, die verwendet werden, um Zugang zum Kanal zu erhalten, beispielsweise „Sende-Anforderungs-Rahmen“ („request-to-send“ frames, RTS), die verwendet werden können, um den Overhead zu vermindern, der durch Kollisionen verursacht wird, die unter Bedingungen eines starken Sendeverkehrs auftreten, und somit die Netzwerk-Effizienz verbessern. Das Begrenzungszeichen kann von einem Typ sein, der die Art von Management-Informationen umfasst, die von anderen Mediums-Zugangs-Mechanismen benötigt werden, wie z.B. TDMA (üblicherweise für einen isochronen Verkehr verwendet) und müssen somit nicht auf einen Konkurrenzbetrieb orientiert sein. Beispielsweise könnte eine TDMA-Netzwerk-Übertragung ein Baken-Begrenzungszeichen (beacon delimiter) umfassen, um die Netzwerks-Synchronisierung aufrecht zu erhalten und zu managen, wenn jeder Knoten Rahmen senden und empfangen sollte.

[0086] Das erste Rahmen-Steuerfeld **98**, das zweite Rahmen-Steuerfeld **102** und das dritte Rahmen-Steuerfeld **124** werden von dem Rahmen-Steuer-FEC-Kodierer **38** in Verbindung mit dem Modulator **36** basierend auf Steuer-Informationen erzeugt, die von der MAC-Einheit **18** erhalten werden. Allgemein umfassen die Rahmen-Steuerfelder **98**, **102** und **124** Informationen, die von allen Stationen im Netzwerk für einen Kanalzugang verwendet werden, und im Fall des Rahmen-Steuerfeldes **98** Informationen, die vom Zielort für eine Empfänger-Demodulation verwendet werden. Da die Rahmen-Steuerfelder **98**, **102** und **124** von allen Stationen „gehört“ werden sollen, ist es wünschenswert, dass die Rahmen-Steuerfelder **98**, **102** und **124** eine robuste Form der Kodierung und Modulation der physikalischen Schicht besitzen. Vorzugsweise sind sie gegen Übertragungsfehler durch einen Blockkode geschützt, der sowohl durch eine Zeit- und Frequenz-Domänen-Verschachtelung als auch durch Redundanz verstärkt ist, in Übereinstimmung mit Verfahren, die in der gleichzeitig anhängigen US-Patentanmeldung mit der Anmeldenummer 09/574,959 beschrieben sind, welche den Titel „Frame Control Encoder/Decoder for Robust OFDM Frame Transmissions“ trägt und im Namen von Lawrence W. Yonge III eingereicht wurde, deren Inhalt durch Bezugnahme hier mit aufgenommen wird, obwohl auch andere Verfahren verwendet werden können.

[0087] Allgemein unterstützt die MAC-Einheit **18** Standard-MAC-Funktionen, wie z.B. die Rahmenbildung (framing). Sie stellt auch die Quality of Service durch eine Reihe von unterschiedlichen Mechanismen sicher. Das CSMA/CA-Protokoll wird für ein Mehrpegel-Prioritätsschema optimiert, das die Verzögerung für Daten-Typen steuert, die eine bestmögliche Übermittlung (better than best effort delivery) erfordern. Vier auf Konkurrenzbetrieb basierende Zugangs-Prioritäts-Niveaus werden unterstützt. Jede Übertragung, die in den Konkurrenzbetrieb eintreten möchte, muss nur mit anderen Übertragungen der gleichen Priorität in Konkurrenzbetrieb treten. Obwohl nur vier Niveaus beschrieben werden, könnte das Prioritätsschema so erweitert werden, dass es zusätzliche Prioritätspiegel umfasst. Zusätzlich sorgt die MAC-Einheit für einen Zugang ohne Konkurrenzbetrieb, in dem sie eine Station befähigt, die Kontrolle des Mediums-Zuganges aufrecht zu erhalten oder zu dirigieren und nur für höhere Prioritäten die Kontrolle abzugeben. Eine Segmentierung wird verwendet, um die Zeitlänge zu begrenzen, für die der Kanal für höhere Prioritäten nicht zur Verfügung steht, um so die Verzögerung mit Verkehr für höhere Priorität zu begrenzen.

[0088] Zusätzlich ermöglicht die MAC-Einheit **18** eine Stations-Rahmen-Weiterleitung, so dass eine Station, die in Nachrichtenverbindung mit einer anderen Station im Netzwerk treten möchte, dies indirekt (über eine andere, dazwischen liegende Station) durchführen kann, sowie eine Überbrückung zwischen dem Netzwerk **10** und anderen Netzwerken.

[0089] Die MAC-Einheit **18** sorgt weiterhin für eine zuverlässige Rahmen-Weiterleitung. Sie unterstützt Geschwindigkeits-Adaptive PHY-Merkmale und eine Kanalbewertungs-Steuerung zwischen jedem Sender und Empfänger, um PHY-Modulationsparameter zu bilden, die für die Kanalbedingungen in jeder Richtung optimiert sind. Auch wird ARQ verwendet, um eine Abgabe für Einfach-Ruf-Übertragungen sicherzustellen. Der Empfang bestimmter Rahmenarten erfordert eine Bestätigung durch den Empfänger, und ARQ verwendet verschiedene Arten von Bestätigungen. Die Bestätigung kann in Abhängigkeit vom Status des empfangenen Rahmens positiv oder negativ sein. Ein korrekt adressierter Rahmen mit einer gültigen PHY-Rahmen-Prüfsequenz veranlasst den Empfänger, eine positive Bestätigungs-Antwort (oder „ACK“) an den Erzeuger zu senden. Sendende Stationen versuchen eine Fehler-Korrektur dadurch, dass Rahmen erneut gesendet werden, von denen bekannt ist oder vermutet wird, dass sie fehlerhaft übertragen wurden. Fehler treten aufgrund von Kollisionen oder schlechten Kanalbedingungen oder aufgrund eines Mangels an ausreichenden Ressourcen beim Empfänger auf. Es wird erkannt, dass Übertragungen fehlgeschlagen sind, wenn eine „NACK“- (im Falle von schlechten Kanal-Bedingungen) oder eine andere „FAIL“-Antwort (im Falle von nicht ausreichenden Ressourcen) empfangen wird. Es wird vermutet, dass Übertragungen aus anderen Gründen (beispielsweise aufgrund von Kollisionen) fehlgeschlagen sind, wenn keine Antwort erhalten wird, obwohl eine zu erwarten ist.

[0090] Zusätzlich zu dem Einfachruf-ARQ wird ein „partielles ARQ“ für eine erhöhte Zuverlässigkeit von Mehrfachruf- und Rundruf-Übertragungen auf dem MAC-Niveau verwendet. Das „partielle ARQ“ ermöglicht es einem Sender zu wissen, dass wenigstens eine Station den Rahmen empfangen hat.

[0091] Die MAC-Einheit **18** sorgt auch für Geheimhaltung auf einem von mehreren Benutzern verwendeten Medium durch Verschlüsselung, wie dies noch beschrieben wird.

[0092] Diese und andere Merkmale werden durch die Rahmenstruktur unterstützt, die im Folgenden durch Bezugnahme auf die [Fig. 5](#) bis [Fig. 18](#) beschrieben wird.

[0093] Die [Fig. 5A](#) und [Fig. 5B](#) zeigen die Bit-Felddefinition des Rahmen-Steuerfeldes **98** bzw. des Rahmen-Steuerfeldes **102**. Gemäß [Fig. 5A](#) umfasst das Rahmen-Steuerfeld **98** ein Konkurrenzbetrieb-Steuerfeld **130** (Contention Control field, CC), ein Begrenzungszeichen-Typ-Feld **132** (Delimiter Type, DT), ein Variant-Feld **134** (VF) und ein Rahmen-Steuer-Prüfsequenz-Feld (Frame Control Check Sequence, FCCS) **136**. Das Konkurrenzbetrieb-Steuer-Anzeige-Bit **130** wird von allen Stationen beachtet und zeigt an, ob die nächste Konkurrenzbetrieb-Periode (oder „Fenster“) auf Konkurrenzbetrieb basiert oder bezüglich aller Rahmen mit Ausnahme der anhängigen Rahmen höherer Priorität ohne Konkurrenzbetrieb ist. Für einen Zustand CC = 1, der einen Zugang ohne Konkurrenzbetrieb anzeigt, wird ein Konkurrenzbetrieb nur zugelassen, wenn die Priorität eines anhängigen Rahmens höher ist als die Priorität des Rahmens, der das gesetzte CC-Bit enthält. Bei einem Status CC = 0, der einen auf Konkurrenzbetrieb basierenden Zugang anzeigt, wird ein Konkurrenzbetrieb im nächsten Konkurrenzbetriebs-Fenster zugelassen. Das Begrenzungszeichen-Typ-Feld **132** identifiziert das Begrenzungszeichen und seine Position relativ zu dem Rahmen, zu dem es gehört. Für ein Start-Begrenzungszeichen kann das Begrenzungszeichen-Typ-Feld einen von zwei Werten annehmen, nämlich einen Wert „000“, der als Anfang eines Rahmens (Start-of-Frame, SOF) interpretiert wird, bei dem keine Antwort erwartet wird, oder einen Wert „001“, der als SOF eines Rahmens mit einer erwarteten Antwort interpretiert wird. Für jedes Begrenzungszeichen der beiden Start-Begrenzungszeichen-Typen weist das Variant-Feld **134** eine 8 Bits umfassendes Rahmenlängen-Feld **140** (Frame Length, FL) und ein 5 Bits umfassendes Kanal-Karten-indexfeld (Channel map Index, CMI) **142** auf, die von der PHY-Einrichtung in einer empfangenden Station verwendet werden, um eine empfangene Rahmen-Nutzlast zu dekodieren. Das Rahmen-Steuer-Prüfsequenz-Feld (Frame Control Check Sequence Field, FCCS) **136** umfasst ein 8 Bits aufweisendes zyklisches Redundanz-Prüffeld (Cyclic Redundancy Check, CRC). Das FCCS wird als Funktion der Sequenz berechnet, die mit dem CC-Bit beginnt und mit den VF-Bits endet.

[0094] Gemäß [Fig. 5B](#) umfasst das Rahmen-Steuerfeld **102** das gleiche allgemeine Feldformat, d.h. es umfasst die Felder **130**, **132**, **134** und **136**. Das DT-Feld kann einen von zwei Werten besitzen, nämlich einen Wert „010“, der einen Rahmen-Ende (End-of-Frame, EOF) mit keiner erwarteten Antwort entspricht, oder einen Wert „011“, der einem EOF mit einer erwarteten Antwort entspricht. Für diese beiden End-Begrenzungszeichen-Arten weist das Variant-Feld **134** ein 2 Bits umfassendes Kanal-Zugangs-Prioritätsfeld (Channel Access Priority, CAP) **144**, ein 1 Bit umfassendes Antwort-mit-erwarteter-Antwort-Feld (Response with Response Expected, RWRE) **145** und ein 10 Bits umfassendes Reserve-Feld (Reserved Field, RSVD) **146** auf. Das CAP-Feld **144** gibt ein Prioritätsniveau an, das dem momentanen Segment zugeordnet ist, wobei diese Informationen von allen Stationen im Netzwerk verwendet werden, um zu ermitteln, ob eine Mehrsegment-Übertragung oder -Burst (für welche das CC-Bit typischerweise gesetzt ist) unterbrochen werden kann. Das RWRE-Feld **145** wird verwendet, um anzugeben, dass zwei Antworten folgen sollen. Das reservierte Feld **146** wird durch den Sender

auf Null gesetzt und vom Empfänger ignoriert.

[0095] Der [Fig. 5A](#) entnimmt man, dass das Rahmen-Steuerfeld **98** des Start-Begrenzungszeichens unterschiedlich definiert werden kann (d.h. mit unterschiedlichen Feldlängen, wobei Felder hinzugefügt oder weggelassen werden). Beispielsweise kann es dann, wenn das Ende-Begrenzungszeichen nicht verwendet wird, wünschenswert sein, die zur Verfügung stehenden Bits zu verwenden, um zusätzliche Informationen aufzunehmen, wie z.B. das CAP-Feld **144** (das im Rahmen-Steuerfeld **102** in [Fig. 5B](#) dargestellt ist) im Rahmen-Steuerfeld **98** des Anfangs-Begrenzungszeichens **92**.

[0096] Gemäß [Fig. 6](#) umfasst das Rahmen-Steuerfeld **124** des Antwort-Begrenzungszeichens **120** (aus [Fig. 4](#)) das gleiche allgemeine Feldformat wie die Rahmen-Steuerfelder **98, 102**. Für einen DT-Wert, der einer Antwort entspricht (siehe folgende Tabelle 1) wird jedoch das VF-Feld **134** so definiert, dass es die Kanal-Zugangsriorität CAP **144** umfasst, die vom Variant-Feld im End-Begrenzungszeichen des Rahmens kopiert wird, für den die Antwort erzeugt wird, ein 1 Bit umfassendes ACK-Feld **145** und ein 10 Bits umfassendes Antwort-Rahmenfeld (Response Frame field, RFF) **146**. Das RFF **146** ist als Prüfsequenz für den empfangenen Rahmen (Received Frame Check Sequence, RFCS) **148** definiert, wenn der Wert von ACK = 0b01 ist (ACK). Das RFCS **148** umfasst einen Teil der dem 10 Bits mit der niedrigsten Wertigkeit des 16 Bits umfassenden CRC (FCS-Feld) entspricht, das in dem Rahmen empfangen wird, für den die Antwort gesandt wird. Die übertragende Station, die den Rahmen gesandt hat, der die Antwort erfordert, vergleicht das RFCS mit den entsprechenden übertragenen CRC-Bits in dem FCS, um die Gültigkeit der Antwort zu ermitteln. Wenn die sendende Station eine Übereinstimmung erkennt, wird die Antwort akzeptiert. Wenn das RFCS nicht zum relevanten Teil des FCS passt, wird die Antwort ignoriert und so behandelt, als wenn keine Antwort erhalten worden wäre. Andere Informationen vom Rahmen (der die Antwort erfordert hat), die in ähnlicher Weise einzigartig sind oder mit großer Wahrscheinlichkeit für den Rahmen einzigartig sind, könnten stattdessen verwendet werden. Wenn der Wert von ACK = 0b0 ist, dann ist die Antwort kein ACK und das RFF **146** wird als 1 Bit umfassendes FTYPE-Feld **149** und als reserviertes Feld RSVD **150** definiert. Das FTYPE-Feld **149** spezifiziert die Art der Antwort (wenn es eine andere als ein ACK ist). Ein Wert von 0b0 im FTYPE-Feld **149** zeigt ein NACK an. Wenn FTYPE = 0b1 ist, dann ist der Antworttyp ein FAIL. Die DT-Feld-Werte für das Antwort-Begrenzungszeichen sind in der folgenden Tabelle 1 wiedergegeben.

DT-Wert	Interpretation
100	Rahmenantwort mit positiver Bestätigung (ACK), die anzeigt, dass der Rahmen ohne FCS oder FEC-Fehler empfangen wurde (ACK = 0b1); Rahmenantwort mit negativer Bestätigung (NACK), die anzeigt, dass der Rahmen das Adressfilter durchlaufen hat, aber ein oder mehrere nicht korrigierbare FEC-Fehler enthielt, oder dass das empfangene FCS nicht mit dem berechneten (erwarteten) FCS übereinstimmte (ACK = 0b0, FTYPE = 0b0); Rahmenantwort mit Fail-Bestätigung (FAIL), die anzeigt, dass der Rahmen empfangen wurde (mit oder ohne Fehler), dass aber keine Empfänger-Ressourcen zur Verfügung standen, um ihn zu verarbeiten (ACK = 0b0; FTYPE = 0b1).
101	Rahmenantwort mit ACK/NACK/FAIL (wie oben), auf die eine weitere Antwort folgen soll („Response With Response Expected“, RWR).
110	Reserviert bei der Sendung, unberücksichtigt beim Empfang.
111	Reserviert bei der Sendung, unberücksichtigt beim Empfang.

Tabelle 1

[0097] Den [Fig. 5A](#) bis [Fig. 5B](#) und [Fig. 6](#) kann entnommen werden, dass der Inhalt des Variant-Felds **134** vom Begrenzungszeichen-Typ **132** abhängt. Bei den beispielhaften Rahmen-Steuerfeldern, die in den [Fig. 5A](#) bis [Fig. 5B](#) und [Fig. 6](#) dargestellt sind, hat das CC-Feld **130** eine Länge von 1 Bit und entspricht dem Bit 24. Das DT-Feld **132** ist 3 Bits lang und entspricht den Bits 23 bis 21. Das VF-Feld **134** ist ein 13 Bits umfassendes Feld und entspricht den Bits 20 bis 8. Das FCCS-Feld **136** ist 8 Bits lang und entspricht dem Byte mit der niedrigsten Wertigkeit (LSB), d.h. in Bits 7-0.

[0098] Gemäß [Fig. 7](#) ist das Segment-Steuerfeld **106** (aus [Fig. 3](#)) ein 40 Bits umfassendes Feld, das die Felder umfasst, die erforderlich sind, um MSDU-Segmente zu empfangen und die segmentierten MSDUs wiederzusammenzusetzen. Das Segment-Steuerfeld **106** umfasst die folgenden Sub-Felder: ein Rahmen-Protokoll-Versionsfeld **160** (Frame Control Version, FPV), ein Rahmen-Weiterleitungsfeld **161** (Frame Forwarding, FW), ein Verbindungs-Nummer-Feld **162** (Connection Number, CN); ein Mehrfachruf-Flag-Feld (Multicast Flag, MCF) **164**, ein Kanal-Zugangs-Prioritätsfeld **166** (Channel Access Priority (CAP), ein Kanal-Bewertungsfeld (Channel Estimation Field, CE) **167**, ein Segment-Längenfeld **168** (Segment Length, SL); ein Flag-Feld **170** zur Kennzeichnung des letzten Segments (Last Segment Flag, LSF), ein Segment-Zähl-Feld **172** (Segment Count, SC) und ein Segment-Nummer-Feld **174** (Segment Number, SN). Das FPV-Feld **160** ist ein 3 Bits umfassendes Feld, das verwendet wird, um die verwendete Protokoll-Version anzuzeigen. Beispielsweise setzt der Sender das Feld für eine spezielle Protokollversion auf lauter Nullen und der Empfänger ignoriert den Rahmen, wenn das Feld (nach der Dekodierung) nicht gleich Null ist. Das FW-Feld **161** wird verwendet, um dann, wenn es gesetzt ist, anzuzeigen, dass der Rahmen weitergeleitet werden soll. Das CN-Feld **162** spezifiziert eine Verbindungsnummer, die einer Verbindung zwischen zwei Stationen zugeordnet ist. Das MCF-Feld **164** zeigt an, dass der Rahmen eine Mehrruf-Nutzlast unabhängig von der Interpretation des DA-Feldes **108** umfasst (und dass somit der Empfänger anderswo für die tatsächliche DA suchen soll, um die Gültigkeit des Rahmens für Akzeptanz-Zwecke zu ermitteln, wie noch beschrieben wird). Dieses Flag-Feld ermöglicht es dem MAC, das partielle ARQ-Schema auszuführen, wie dies später noch genauer beschrieben wird. Das CAP-Feld **166** ist ein 2 Bits umfassendes Feld, das mit dem gleichnamigen Feld im Variant-Feld **134** des End-Begrenzungszeichens **102** und des Antwort-Begrenzungszeichen **124** identisch ist (in den [Fig. 5B](#) bzw. [Fig. 6](#) dargestellt). Die Informationen werden im Segment-Steuer-Feld **106** wiederholt, so dass der Empfänger in der Lage ist, diese Informationen zu extrahieren, um eine Antwort aufzubauen, ohne dass er das End-Begrenzungszeichen **94** empfangen muss. Das CE-Feld **167** ist ein Flag-Feld, das von einem Empfänger verwendet wird, um einem Sender anzuzeigen, dass ein neuer Kanal-Bewertungzyklus für die Sender/Empfänger-Verbindung empfohlen wird (wie noch beschrieben wird). Das SL-Feld **168** umfasst die Anzahl von Bytes im Rahmen-Hauptteil **112** (und umschließt somit das PAD **114** nicht). Das Last-Segment-Flag-Feld **170** ist ein 1 Bit umfassendes Flag-Feld, das gesetzt wird, wenn das momentane Segment das letzte (oder einzige) Segment des MSDU ist. Das Segment-Zähl-Feld **172** speichert den inkrementierten sequentiellen Zählerwert des oder der übertragenen Segmente und wird für die Segmentierung und das Wiederzusammensetzen der MSDUs verwendet. Das SN-Feld **174** speichert vorübergehend eine 10 Bits umfassende Sequenznummer, die einem MSDU zugeordnet ist (jedem seiner Segmente, wenn das MSDU segmentiert ist) und wird für jedes neue, zu übertragende MSDU inkrementiert. Es wird auch für das Wiederzusammensetzen und dazu verwendet, zu verhindern, dass der Rahmen, dem es zugeordnet ist, an das LLC mehr als einmal weitergeleitet wird.

[0099] Gemäß [Fig. 8](#) kann das Rahmen-Hauptteil-Feld **112** die folgenden Sub-Felder umfassen: das Verschlüsselungs-Steuer-Feld **180**, das MAC-Management-Informationsfeld **182**, das Typ-Feld **184**, das Rahmen-Datenfeld **186**, das PAD-Feld **188** und das Integritäts-Prüfwert-Feld **190** ICF). Wenn ein Rahmen eine Segmentierung erfährt, ist es das Rahmen-Hauptteil-Feld **112**, das in die verschiedenen Segmente aufgeteilt wird. Das Verschlüsselungs-Steuer-Subfeld **180** und das ICV **190** treten in jedem Rahmen-Hauptteil-Feld **112** auf, außer wenn das Rahmen-Hauptteil-Feld segmentiert wird. Andere Sub-Felder des Rahmen-Hauptteil-Feldes **112** müssen nicht in jedem Rahmen auftreten.

[0100] Das Verschlüsselungs-Steuer-Feld **180** umfasst ein Verschlüsselungs-Schlüssel-Auswahl-Subfeld (Encryption Field, EKS) **192** und ein Initialisierungs-Vektor-Subfeld **194** (Initialization Vector, IV). Das 1-octet-EKS-Feld **192** wählt entweder einen Standard-Verschlüsselungs/Entschlüsselungs-Schlüssel (EKS = 0x00) oder einen von 255 Netzwerk-Schlüsseln. Das 8-oktet-IV-Feld **194** wird mit dem ausgewählten Schlüssel verwendet, um die Rahmendaten zu verschlüsseln/entschlüsseln. Daten, die verschlüsselt oder entschlüsselt werden sollen, beginnen mit dem ersten Byte, das auf dem IV-Feld **194** folgt und enden mit dem ICV **190** (das sie umschließen). Wenn das IV-Feld **194** auf lauter Nullen gesetzt wird, so bewirkt dies, dass der Sender die Verschlüsselung überspringt und der Empfänger die Entschlüsselung überspringt (d.h. das Senden und der Empfang erfolgen im Klartext).

[0101] Das Typ-Feld **184** und das Rahmendaten-Feld **186** sind in allen Rahmen vorhanden, die ein MSDU tragen. Das Ausmaß des erforderlichen Ausfüllens (d.h. der Anzahl von Bits, die zum Rahmen-Hauptteil **112** hinzugefügt werden müssen), das durch die Segmentlänge **168** des SC-Feldes **106** bestimmt wird, ist von der Realisierungsform abhängig. Bei der beschriebenen Ausführungsform addiert deswegen, weil die Verschlüsselungs-Verfahrens-Daten in Blöcken dargestellt sind, die durch 64 Bits teilbar sind, das Auffüll-Feld **188** Nullen zum Rahmen-Hauptteil **112**, um die Anzahl von Bits im Rahmen zu einem ganzzahligen Vielfachen von 64 Bits zu machen. Das ICV **190** ist eine 32-bit-zyklische Redundanz-Überprüfung, die über die Bytes berechnet wird, die mit dem ersten auf IV folgenden Byte beginnen und mit dem PAD-Feld **188** enden (wenn das PAD-Feld **188**

vorhanden ist). Das Polynom, das verwendet wird, um das ICV **190** zu berechnen, ist das 32-Bits-CRC-CCI-TT-Polynom, das in IEEE Standard 802.11 verwendet wird; es können jedoch auch andere CRCs, beispielsweise CRCs, die auf anderen Polynomen basieren, verwendet werden. Bei einer anderen Realisierungsform ist es möglich, dass die verschlüsselten Informationen das ICV **190** nicht umschließen.

[0102] Das ICV-Feld **190** wird von einem Empfänger für eine Rahmenfilterung verwendet (d.h., um zu verhindern, dass ein entschlüsselter Rahmen zu dem LLC weitergegeben wird), wenn der Rahmen fehlerhaft entschlüsselt worden ist. Beispielsweise könnte ein Rahmen mit dem falschen Netzwerkschlüssel entschlüsselt werden, wenn das EKS nicht einmalig ist, sondern in Wirklichkeit von zwei oder mehr Netzwerkschlüsseln verwendet wird. Diese Auswahlsituation für einen allgemeinen Schlüssel könnte auftreten, wenn verschiedene logische Netzwerke den gleichen EKS für verschiedene Netzwerkschlüssel wählen.

[0103] Der Rahmenhauptteil **112** kann die MAC-Management-Informationen **182** enthalten. Wenn dieses Feld im Rahmen-Hauptteil **112** vorhanden ist, hat es das folgende Format und die folgenden Inhalte:

[0104] Gemäß [Fig. 9](#) umfassen die MAC-Management-Informationen **182** die folgenden Sub-Felder: das Type-Feld **200**, das MAC-Steuerfeld (MCTRL) **202**; und N-Eintragsfelder **204**, wobei jedes Eintragsfeld **204** einen MAC-Eintragskopf **206** (MAC Entry Header, MEHDR), ein MAC-Eintrags-Längen-Feld **208** (MAC Entry Length, MELEN) und ein MAC-Management-Eintragsdaten-Feld **210** (MAC Management Entry Data, MMENTRY) umfasst. Das Typ-Feld **200** spezifiziert, dass der Rahmen MAC-Management-Informationen umfasst und dass die MAC-Management-Informationsfelder folgen müssen. Das MELEN-Feld **208** spezifiziert, wie viele Bytes in dem zugehörigen MMENTRY-Feld **210** des momentanen Eintragsfeldes **204** enthalten sind und dient somit als Zeiger auf das nächste Eintragsfeld **204**.

[0105] Gemäß [Fig. 10](#) umfasst das MCTRL-Feld **202** zwei Subfelder: ein 1 Bit umfassendes Reservefeld **212** und ein zweites 7 Bits umfassendes Feld, ein Anzahl-der-Einträge-Feld **214** (Number of Entries, NE), das die Anzahl der MAC-Einträge **204** (NE) angibt, die in den MAC-Management-Informationen folgen.

[0106] Gemäß [Fig. 11](#) umfasst das MEHDR-Feld **206** zwei Subfelder: ein MAC-Eintrags-Versions-Feld **216** (MAC Entry Version, MEV) und ein MAC-Eintrags-Typ-Feld **218** (MAC Entry Type, MTYPE). Das MEV-Feld **216** ist ein 3 Bits umfassendes Feld zur Anzeige der Interpretations-Protokoll-Version, die gerade verwendet wird. Der Sender setzt MEV auf lauter Nullen. Wenn der Empfänger feststellt, dass MEV $\neq 0b000$ ist, verwirft der Empfänger den gesamten Schicht-Management-MAC-Rahmen. Das 5 Bits umfassende Feld MAC-Eintrags-Typ **218** definiert den MAC-Eintrags-Befehl oder die MAC-Eintrags-Anforderung, der bzw. die folgt. Die verschiedenen MAC-Eintrags-Typ-Werte und Interpretationen sind in Tabelle 2 dargestellt.

MTYPE Wert	MTYPE Wert Interpretation	Örtliche Verwendung (Host-an-MAC)	Einem Rahmen vorhängig /Übertragung für Fernverwendung	Übertragung für Fernverwendung
0 0000	Kanalbewertung Anforderung		X	X
0 0001	Kanalbewertung Antwort		X	X
0 0010	Setze örtliche Parameter	X		
0 0011	Ersetze Brückenadresse		X	X
0 0100	Setze Netzwerk-Verschlüsselungsschlüssels	X	X	X
0 0101	Mehrfachruf mit Antwort		X	X
0 0110	Setze Verbindung	X		
0 0111	Verwende Verbindung	X		
0 1000	Parameter und Statistiken Anforderung	X	X	X
0 1001	Parameter und Statistiken Antwort	X	X	X
0 1010	Verbindungsinformationen Anforderung		X	X
0 1011	Verbindungsinformationen Antwort		X	X
0 1100	Pseudorahmen		X	X
0 1101	Verketten			X
-1 1111	Reserviertes MTYPE bei Sendung, Verwerfen des gesamten Schicht-Management-Rahmens beim Empfang			

Tabelle 2

[0107] Tabelle 2 zeigt auch in den Spalten 3 bis 5 an, ob der Eintrag von dem MAC einer Station von einer höheren Schicht für eine örtliche Verwendung durch dieses MAC empfangen wird (Spalte 3), einem Datenrahmen vorhängig (d.h. ein MSDU oder MSDU-Segment) für eine Übertragung über das Medium ist (Spalte 4) oder ob es über das Medium ohne einen Datenrahmen übertragen wird (Spalte 5).

[0108] Gemäß [Fig. 12A](#) ist das MMENTRY-Feld **210**, das dem MTYPE-Feld **218** (in den MEHDR-Feld **206**) folgt und die Kanalbewertungs-Anforderung spezifiziert, ein Kanal-Bewertungs-Anforderungs-MAC-Management-Eintragsfeld **210A**. Das Kanal-Bewertungs-Anforderungs-MAC-Management-Eintragsfeld **210A** umfasst ein Kanal-Bewertungs-Versions-Feld **220** und ein reserviertes Feld **222**. Wenn CEV **220** nicht gleich Null ist, wird dieser Eintrag ignoriert.

[0109] Gemäß [Fig. 12B](#) veranlasst das Kanal-Bewertungs-Anforderungs-MAC-Management-Eintragsfeld **210A** (aus [Fig. 12A](#)) die empfangende Station eine Kanal-Bewertungs-Antwort in der Form eines Kanal-Bewertungs-Antwort-MAC-Management-Eintragsfeldes **210B** zurückzusenden. Dieses Feld ist das MMENTRY-Feld, das einem MTYPE-Feld **218** folgt, das die Kanal-Bewertungs-Antwort spezifiziert. Das Kanal-Bewertungs-Antwort-Eintragsfeld **210B** ist ein MAC-Dateneintrag mit variabler Länge, der von einem Empfänger ausgesandt wird, nachdem er eine Kanal-Bewertungs-Anfrage erhalten hat. Diese Sequenz ist Teil der MAC-Kanal-Bewertungs-Steuerfunktion, wie im Folgenden noch beschrieben wird.

[0110] Wie [Fig. 12B](#) weiterhin zeigt, umfassen die Sub-Felder des Kanal-Bewertungs-Antwort-Eintragfeldes **210B** folgendes: ein Kanal-Bewertungs-Antwort-Versionsfeld **224** (Channel Estimation Response Version, CERV); Reservefelder **226** und **228** (RSVD); ein Empfangs-Kanal-Kartenindexfeld **230** (Receive Channel Map Index, RXCMI), das durch die anfordernde Station in das CMI **142** eingesetzt werden muss; ein Ton-Gültig-

keits-Flags-Feld **232** (Valid Tone Flags, VT); ein FEC-Raten-Feld **234** (RATE); ein Brücken-Proxy-Feld **236** (Bridge Proxy, BP); ein Modulations-Verfahren-Feld **238** (Modulation Methods, MOD); ein weiteres reserviertes Feld **240**, ein die Anzahl der Brückenbetriebs-Zielort-Adressen enthaltendes Feld **242** (Number of Bridged Destination Addresses, NBDAS) und ein Feld **244** für Brückenbetriebs-Bestimmungsadressen, das das Feld **246** für die im Brückenbetriebs verwendeten Bestimmungsadressen 1 bis n (Bridged Destination Addresses 1 through n, BDAn) umfasst. Das RXCMI-Feld **230** enthält den Wert, welcher der Quellenadresse der Station zugeordnet werden soll, welche die Kanal-Bewertungs-Antwort zurücksendet. Die Station, die diese Antwort erhält, setzt somit den Wert in das CMI-Feld **142** des Rahmen-Start-Begrenzungszeichens **498** ein, wenn es an den Antwortgeber sendet. Die Valid-Tone Flags **232** zeigen an, ob ein spezieller Ton gültig ist (VT[x] = 0b1) oder nicht gültig ist (VT[x] = 0b0). Das Rate-Feld-Bit **234** zeigt an, ob die Faltungs-Kodierrate $\frac{1}{2}$ (RATE = 0b0) oder $\frac{3}{4}$ (RATE = 0b1) ist. Das Brücken-Proxy-Bit **236** zeigt an, dass die Kanal-Karte für eine oder mehrere Bestimmungs- bzw. Zieladressen in einem Proxy-Verfahren eingesetzt wird. Das NBDAS **242** zeigt die Anzahl der im Proxy-Verfahren eingesetzten Bestimmungsadressen an und jedes der Felder BDA1...n **246** enthält eine andere Bestimmungsadresse. Das MOD-Feld **238** spezifiziert eine von vier verschiedenen Modulationsarten: ein MOD-Wert „00“ entspricht dem ROBO-Modus, ein MOD-Wert „01“ entspricht der DBPSK-Modulation, ein MOD-Wert „10“ entspricht einer DQPSK-Modulation und ein MOD-Wert „11“ ist ein reservierter Wert (der dann, wenn er bei der Sendung verwendet wird, beim Empfang ignoriert wird).

[0111] Im Netzwerk **10** können der Kanal oder die Verbindung zwischen zwei beliebigen Stationen **12** einmalig bezüglich der Funktionsfähigkeit von Tönen (Trägern) und der Akzeptierbarkeit verschiedener Modulationsarten sein. Daher stellt die MAC-Einheit **18** eine Kanal-Bewertungs-Steuerfunktion zur Verfügung, um die Attribute des Kanals zu erkennen. Die Kanal-Bewertungs-Funktion entwickelt eine Punkt-zu-Punkt-Sender-Empfänger-Verbindung und speichert diese zumindest vorübergehend, um eine maximale Übertragungsrate bzw. Übertragungsgeschwindigkeit zu erzielen. Mehrruf-Übertragungen werden im ROBO-Modus ausgeführt, der keine Abhängigkeit von den Kanalmerkmalen zwischen dem Sender und dem Empfänger besitzt. Einruf-Übertragungen an eine spezielle Zieladresse, für die eine gültige Kanal-Karte nicht existiert, werden ebenfalls im ROBO-Modus durchgeführt.

[0112] Wenn die Verbindung neu ist (der Sender hat mit dem Empfänger noch keine Nachrichten ausgetauscht oder, hierzu äquivalent, es existiert keine gültige Kanal-Karte für das DA) schließt der Sender das Kanal-Bewertungs-Anforderungs-MAC-Management-Eintragsfeld **210A** ([Fig. 12A](#)) mit dem MMSDU in den Rahmen ein, bevor er den Rahmen an den Empfänger im ROBO-Modus sendet. Beim Empfang des Kanal-Bewertungs-Anforderungs-MAC-Management-Eintragfeldes **210A** analysiert der Empfänger die Merkmale des ersten empfangenen Blocks (der 40 Symbole umfasst) oder mehrerer Blöcke des Segments oder sogar den gesamten Rahmen, um den besten Satz von Tönen und die optimale Modulationsart für die Verbindung zu ermitteln. Diese Analyse wird die durch die CE-Einheit **60** in der PHY-Einrichtung **22** ([Fig. 2](#)) der empfangenden Station vorzugsweise nach einem Kanal-Bewertungs-Verfahren durchgeführt, wie es in der oben beschriebenen US-Patentanmeldung mit der Anmeldenummer 09/455,110 beschrieben ist. Die empfangende Station sendet eine Kanal-Karte, die sich aus der Kanal-Bewertung ergibt, in dem Kanal-Bewertungs-Antwort-MAC-Eintragsfeld **210B** ([Fig. 12B](#)) zurück. Das Kanal-Bewertungs-Antwort-MAC-Eintragsfeld **210B** wird ebenfalls im ROBO-Modus übertragen, wenn für diese Richtung keine Kanal-Karte existiert. Beim Empfang dieser Antwort verwendet der Sender die Kanal-Karte – das Valid-Tone-Flags-Feld **232**, das FEC-Ratenfeld **234** und das Modulationsfeld **238** –, die in der Antwort spezifiziert ist, zusammen mit dem zugehörigen Kanal-Kartenindex (den er in den CMI-Feld 142 im Begrenzungszeichen **98** der [Fig. 5A](#) zur Verfügung stellt) für jede weitere Übertragung an die DA-Station, wenn die Kanal-Karte (welcher das Kanal-Kartenindexfeld **142** entspricht) gültig ist.

[0113] Wenn die Verbindung nicht neu ist (d.h. wenn ein vorausgehender Kanal-Bewertungs-Zyklus durchgeführt worden ist), kann die Kanal-Karte dennoch veraltet sein, d.h. die Verbindung erfolgt nach einer gewissen Bewertungs-Ablaufzeit oder sie kann alternativ nicht mehr die optimale Datenrate darstellen (wie dies vom Empfänger ermittelt worden ist). Nach der Bewertungs-Ablaufzeit bewirkt jede nachfolgende Übertragung auf dieser Verbindung, dass ein neuer Kanal-Bewertungs-Zyklus auftritt, wodurch sichergestellt wird, dass die Verbindung in einem optimalen Status gehalten wird. Wenn der Empfänger ermittelt, dass sich die Kanalbedingungen verbessert oder verschlechtert haben (indem er eine Abnahme in der Anzahl der Fehler bzw. eine Zunahme in der Anzahl der Fehler detektiert), kann er dem Sender empfehlen, dass eine neue Kanal-Bewertung durchgeführt wird. Der Empfänger macht diese Empfehlung dadurch, dass er das CE-Flag-Feld 167 im Segment-Steuer-Feld **106** ([Fig. 7](#)) in einen Rahmen setzt, der an den Sender gesandt wird. Der Empfang des Rahmens mit dem gesetzten CE-Flag-Feld **167** veranlasst den Sender, eine Kanal-Bewertung mit einem Rahmen einzuleiten, der im ROBO-Modus gesandt wird. Alternativ könnte der Empfänger die Empfehlung unter Verwendung eines MAC-Management-Eintrags durchführen. Eine Kanal-Bewertung tritt auch als Teil eines Rückgewinnungs-Verfahrens während einer Rahmen-Übertragung auf, wenn vom Sender gefordert wird, während

der erneuten Übertragung auf den ROBO-Modus zurückzufallen, wie dies noch erläutert wird.

[0114] Gemäß den [Fig. 13A](#) bis B sind die MMENTRY-Felder **210**, die auf die MTYPE-Felder **218** folgen, welche die Verbindungs-Informations-Anforderungs- und Verbindungs-Informations-Antwort-Arten spezifizieren, das Verbindungs-Informations-Anforderungs-Feld **210C** ([Fig. 13A](#)) bzw. das Verbindungs-Informations-Antwort-Feld **210D** ([Fig. 13B](#)). Gemäß [Fig. 13A](#) umfasst das Verbindungs-Informations-Anforderungs-Feld **210C** ein Bestimmungs-Adressen-Feld **247** (Destination Address Field, DA). Die durch das DA-Feld **247** spezifizierte DA ist die Adresse der Station, für welche die anfordernde Station Verbindungs-Informationen wünscht. Gemäß [Fig. 13B](#) umfasst das Verbindungs-Informations-Antwort-Feld **210D** ein DA-Feld **248**, das eine Kopie der DA enthält, die durch das gleichnamige Feld in dem Verbindungs-Informations-Anforderungs-Feld **210C** spezifiziert worden ist. Das Verbindungs-Informations-Antwort-Feld **210D** umfasst weiterhin ein Bytes-Feld **249**, das die Anzahl der Bytes in einem vierzig Symbole umfassenden Block (oder alternativ die Anzahl von Bytes in einem Rahmen mit maximaler Länge) basierend auf der TX-Kanal-Karte der an die DA antwortenden Station spezifiziert. Die Verbindungs-Informations-Anforderung und die Verbindungs-Informations-Antwort werden für eine Rahmen-Weiterleitung verwendet, wie dies weiter unten unter Bezugnahme auf die [Fig. 40](#) bis [Fig. 46](#) beschrieben wird.

[0115] Gemäß [Fig. 14](#) ist ein Setze-Örtliche-Parameter-Feld **210E** (Set Local Parameters Field) ein 17 Bytes umfassender Dateneintrag, der eine örtliche Stations-MAC-Adresse **250** (wobei MA[47-0] ein IEEE 48 Bits umfassendes MAC-Adressenformat ist) und eine Ton-Maske **252** setzt, welche die Töne anzeigen, die vom Netzwerk verwendet werden können. Auf nicht verwendete Töne werden keinerlei Signale angewendet. Die Ton-Maske **252** weist 84 Bit-Flags für verwendbare Töne auf, um anzusehen, ob ein spezieller Ton verwendet werden kann ($TM[x] = 0b1$) oder nicht verwendet werden kann ($TM[x] = 0b0$). $TM[0]$ entspricht dem Ton mit der niedrigsten Frequenz.

[0116] Gemäß [Fig. 15](#) ist das MMENTRY-Feld **210**, das einem MTYPE **218** folgt und einen Brücken-Adressen-Ersetzen-Eintrags-Typ spezifiziert, ein Brücken-Adressen-Ersetzen-Eintragsfeld **210E** (Replace Bridge Address Entry Field). Das Eintragsfeld umfasst 6 Bytes, um eine ursprüngliche Bestimmungsadresse **260** (Original Destination Address, ODA) einer Station zu identifizieren, die sich an einem anderen Übertragungsmedium befindet und auf die über eine Brücke zugegriffen wird. Das Eintragsfeld **210D** umfasst weiterhin 6 Bytes, um die ursprüngliche Quellenadresse **262** (Original Source Address, OSA) einer Station zu identifizieren, die sich an einem anderen Übertragungsmedium befinden kann und zu welcher der Zugang über eine Brücke erfolgt. Die diesen Eintrag empfangende Station verwendet diese Felder, um den ursprünglichen Ethernet-Rahmen zu rekonstruieren. Der Brücken-Proxy-Mechanismus wird unter Bezugnahme auf die [Fig. 32](#) bis [Fig. 37](#) noch genauer beschrieben.

[0117] Gemäß [Fig. 16](#) ist das MMENTRY-Feld **210**, das dem MTYPE-Feld **218** folgt und einen gesetzten Netzwerk-Verschlüsselungs-Schlüssel spezifiziert, ein Eintragsfeld **210G** für den gesetzten Netzwerk-Verschlüsselungs-Schlüssel (Set Network Encryption Key). Das Eintragsfeld **210G** umfasst ein Verschlüsselungs-Schlüssel-Auswahl-Feld **266** (Encryption Key Select, EKS) und ein Netzwerk-Verschlüsselungs-Schlüssel-Feld **268** (Network Encryption Key, NEK). Der MAC-Geheimhaltungsmechanismus, zu dem diese Felder passen, wird weiter unten unter Bezugnahme auf die [Fig. 29](#) bis [Fig. 31](#) beschrieben.

[0118] Gemäß [Fig. 17](#) ist das MMENTRY-Feld **210**, das auf das MTYPE-Feld **218** folgt und einen Mehrfachruf mit Antwort spezifiziert, ein Mehrfachruf-mit-Antwort-Eintragsfeld **210H** (Multicast with Response Entry) und wird verwendet, um ein partielles ARQ für Mehrfachruf-Übertragungen zu unterstützen. Das Mehrfachruf-mit-Antwort-Eintragsfeld **210H** umfasst die Mehrfachruf-Bestimmungsadressen **272** (oder, alternativ, wenigstens eine Mehrfachruf-Bestimmungsadresse, die eine Gruppe von Mehrfachruf-Bestimmungsadressen darstellt) und ein Mehrfachruf-Bestimmungs-Adressen-Zählfeld **274** (MDA), das der Anzahl von Mehrfachruf-Bestimmungs-Adressen im Eintrag entspricht. Wenn dieser Eintrag verwendet wird, ist die DA **108** im Rahmenkopf **84** ([Fig. 3](#)) ein Proxy für die Mehrfachruf-Bestimmungs-Adressen **272** und erzeugt eine Antwort, wenn die Begrenzungszeichen-Art eine Antwort erfordert, wie dies oben beschrieben wurde (unter Bezugnahme auf die [Fig. 5A](#)–[Fig. 5B](#)).

[0119] Gemäß [Fig. 18](#) ist das MMENTRY-Feld **210**, das auf das MTYPE-Feld **218** folgt und einen Verkettnings-Typ spezifiziert, ein Verkettungs-Eintrags-Feld **210I**. Dieses Eintragsfeld liefert einen Mechanismus, mittels dessen der Host eine Anzahl von kleineren Rahmen für eine Abgabe an ein bestimmtes Ziel mit dem gleichen CAP verkettet. Dies erhöht den Netzwerk-Durchsatz, da kleinere Rahmen nicht effizient sind, da mit jedem Rahmen ein fester Overhead verbunden ist (z.B. SOF-Begrenzungszeichen, EOF-Begrenzungszeichen, Antwort sowie verschiedene Zwischenrahmen-Intervalle, die später beschrieben werden). Das Verket-

tungs-MMENTRY-Datenfeld **210I** umfasst die folgenden Felder: ein NF-Feld **276** zur Angabe der Anzahl von Rahmen, die miteinander verkettet sind, und für jeden Rahmen, der im Eintrag vorhanden ist, ein Remove-Längen-Feld **277** (Remove Length, RL), ein Nutzlast-(Rahmen)-Längen-Feld **278** (Payload (Frame) Length Field, FRAMELEN) und ein Nutzlast-Feld (Payload) **279**. Das RL-Feld zeigt dann, wenn es gesetzt ist, (RL = 0b1) den Empfänger an, dass das FRAMELEN-Feld **278** für den Rahmen entfernt werden soll, um den ursprünglichen Rahmen zu extrahieren. Der Einschluss des RL-Feldes wird verwendet, um die Verdoppelung eines Rahmen-Längen-Feldes zu verhindern, wenn ein originales Typ-Feld im Rahmen tatsächlich die Rahmenlänge spezifiziert. Wenn RL = 0b0 ist, ist das FRAMELEN-Feld **278** das Ursprungs-Typ-Feld für den Rahmen und ist somit Teil des ursprünglichen Rahmens. Wenn dieser Eintrag in den MAC-Schicht-Management-Informationen **182** eingeschlossen ist, ist es der letzte Eintrag. Sein Vorhandensein schließt die Verwendung von Nutzlast-Feldern **184** und **186** aus. Für diese Eintragsart wird MELEN auf einen gewissen Wert gesetzt, beispielsweise einen, der dem Empfänger anzeigt, dass die Gesamtlänge nicht spezifiziert ist und dass der Empfänger daher auf jedes Auftreten von FRAMELEN achten muss, um die ursprünglichen Rahmen zu extrahieren.

[0120] Obwohl dies nicht dargestellt ist, werden Einträge, die MTYPE-Werten entsprechen, welche Anforderungs-Parameter und Statistiken sowie Antwort-Parameter und Statistiken spezifizieren (wie oben in Tabelle 2 dargestellt) verwendet, um Stations-spezifische Parameter und Netzwerk-Verhaltens-Statistiken zu sammeln, die für Diagnosezwecke nützlich sind.

[0121] Es ist auch möglich, andere MAC-Management-Eintragstypen zu definieren und zu verwenden.

[0122] Gemäß Tabelle 2 werden Einträge, die den MTYPE-Werten für Setze-Verbindung (Set Connection) und Verwende-Verbindung (Use Connection) sowie Schein- bzw. Attrappen-Rahmen (Dummy Frame) entsprechen, verwendet, um Sessionen von Intervallen ohne Konkurrenzbetrieb für QoS in einem CSMA-Netzwerk zu unterstützen. Der Attrappenrahmen-Eintrag zeigt dem Empfänger an, dass die Rahmen-Nutzlast des Rahmens, in dem dieser Eintrag enthalten ist, verworfen werden soll. Das Format der Setze-Verbindung- und Verwende-Verbindung-Einträge und die Arbeitsweise des Zugangsmechanismus ohne Konkurrenzbetrieb, der diese Einträge (sowie den Attrappenrahmen-Eintrag) verwendet, werden im Einzelnen weiter unten unter Bezugnahme auf die [Fig. 39A](#) bis [Fig. 39B](#) bzw. [Fig. 37](#) bis [Fig. 38](#) erläutert.

[0123] In einem verteilten Medium-Zugangs-Schema, wie es von der MAC-Einheit **18** verwendet wird, erfasst die sendende Station **12A** das Übertragungsmedium **14** in messender Weise über einen Träger-Mess-Mechanismus, um festzustellen, ob andere Stationen senden. Die messende Erfassung des Trägers ist ein fundamentaler Teil des verteilten Zugangs-Verfahrens. Eine physikalische Trägermessung erfolgt durch das PHY mittels der Detektion der Präambel und der Verfolgung von OFDM-Symbolen durch den Paket-Hauptteil. Zusätzlich zu der physikalischen Träger-Mess-Signalisierung, die von dem PHY-MAC zur Verfügung gestellt wird, verwendet das MAC auch einen virtuellen Träger-Mess-Mechanismus (Virtual Carrier Send Mechanism, VCS) für eine bessere Zeitsteuergenauigkeit. Der VCS-Mechanismus verwendet einen Zeitgeber (um einen VCS-Ablaufzeit-Wert zu pflegen) und ein Flag, um die erwartete Dauer der Kanalbelegung basierend auf Informationen zu verfolgen, die in den Rahmen-Steuer-Feldern dargestellt sind. Daher wird angenommen, dass das Medium besetzt ist, wenn dies entweder die physikalische oder die virtuelle Träger-Messung anzeigt. Es wird auch angenommen, dass das Medium belegt ist, wenn die Station sendet.

[0124] In den [Fig. 19A](#) bis [Fig. 19D](#) ist ein Medium-Sharing-Verfahren dargestellt, das Prioritäts-Auflösung und Konkurrenzbetrieb verwendet, die Belegt-Zuständen auf dem Kanal folgen. Ein Konkurrenzbetrieb-Zwischenraum-Rahmen-Raum **280** (Contention Interspace Frame Space, CIFS) definiert den Zwischenrahmen-Abstand zwischen dem Ende der letzten, korrekt empfangenen Rahmenübertragung, für die keine Antwort erwartet wird, und dem Start eines Prioritäts-Auflösungszeitraums **284** (Priority Resolution Period, PRP), der verwendet wird, um die Priorität für neue Übertragungen festzustellen. Gemäß [Fig. 19A](#) hat eine letzte Rahmenübertragung die Form der Daten-Rahmen-Übertragung **80**. Die Prioritäts-Auflösungs-Periode **284** umfasst einen ersten Prioritäts-Auflöse-Slot P_0 **286** und einen zweiten Prioritäts-Auflöse-Slot P_1 **288**. Es gibt vier Niveaus der Kanal-Zugangs-Priorität (Channel Access Priority, CAP): die höchste Priorität wird dadurch angezeigt, dass CA3 = 0b11 ist, und die niedrigste Priorität wird dadurch angezeigt, dass CA0 = 0b00 ist. Die folgende Tabelle 3 stellt die Verbindung zwischen dem CAP und den Prioritäts-Auflöse-Slots **286** und **288** her.

Kanal-Zugangs-Priorität	P_0 -Status	P_1 -Status
CA3	1	1
CA2	1	0
CA1	0	1
CA0	0	0

Tabelle 3

[0125] Die zurzeit gültige Version des IEEE 802.1-Standards beschreibt die Verwendung von Nutzerprioritäten und Zugangsprioritäten in einer Umgebung eines mit Brücken versehenen Netzwerkes. Nutzerprioritäten sind Prioritäten, von denen ein Anwendungsnutzer anfordert, dass sie seinem Datenverkehr zugeordnet werden. Zugangsprioritäten sind eine Reihe von verschiedenen Verkehrsklassen, die ein MAC zur Verfügung stellt. Der Unterabschnitt 7.7.3, 802.1 D liefert eine tabellenartige Zuordnung der Nutzerprioritäten zu Verkehrsklassen. Die fünf verschiedenen Verkehrsklassen, die hier erläutert werden, d.h. diejenigen, die den vier Kanal-Zugangsprioritäten (CA0 bis CA3) entsprechen, und der Zugang ohne Konkurrenzbetrieb entsprechen jeweils den Verkehrsklassen 0 bis 4. Gemäß [Fig. 19A](#) wird die Absicht, sich während eines Konkurrenzbetrieb-Fensters **290** nach einem zufälligen Backoff-Intervall **292** mit einer speziellen Priorität am Konkurrenzbetrieb zu beteiligen, die in Ausdrücken der Konkurrenzbetrieb-Auflösungs-Slots C_0, \dots, C_N ausgedrückt wird, in der Prioritäts-Auflösungs-Periode **284** in der folgenden Weise signalisiert. Eine Station, die Zugang zum Kanal anfordert, ermittelt, ob das Begrenzungszeichen, das unmittelbar vor dem PRP **284** (in dem Beispiel das EOF-Begrenzungszeichen **94**, wie in [Fig. 5B](#) gezeigt) empfangen wurde, in seinem Rahmen-Steuer-Feld ein gesetztes Konkurrenzbetrieb-Steuer-Bit **130** enthalten und im CAP-Feld **144** eine Priorität spezifiziert hat, die größer oder gleich der Priorität ist, die ansonsten durch die Station im PRP **284** angezeigt worden wäre. Wenn dies der Fall ist, unterlässt die Station die Anzeige einer Absicht, im Konkurrenzbetrieb in das momentane PRP einzutreten. Stattdessen aktualisiert die Station den Wert des VCS und wartet die Dauer eines erweiterten Zwischenrahmen-Zwischenraums (Extended Interframe Space, EIFS) ab oder wartet so lange, bis sie das Ende der nächsten Übertragung erkennt, je nach dem welches Ereignis zuerst auftritt.

[0126] [Fig. 19B](#) zeigt eine exemplarische Rahmenübertragung **294** ohne Konkurrenzbetrieb, die unmittelbar dem PRP **284** folgt. In diesem Beispiel wurde der Status ohne Konkurrenzbetrieb von der Station etabliert, die die Datenrahmen-Übertragung **80** ausgesandt hat, in dem sie ein gesetztes Konkurrenzbetrieb-Steuer-Bit **130** im Begrenzungszeichen **92** verwendet und den Konkurrenzbetrieb während eines vorausgehenden Konkurrenzbetrieb-Fensters **290** gewonnen hat.

[0127] Andernfalls signalisiert, wie in [Fig. 19A](#) gezeigt, die Station ihre Priorität während des PRP **284**. Während P_0 **286** prägt die Station ein Prioritäts-Auflösungs-Symbol ein, wenn die Priorität eine binäre Eins im Slot **0** erfordert (d.h. CA3 oder CA2). Alternativ (bei einer niedrigeren Priorität) detektiert die Station, ob ein Prioritäts-Auflösungssymbol durch eine andere Station übertragen worden ist. Wenn die Station im letzten Slot signalisiert hat und die Priorität der Station erfordert, dass das Stationssignal in diesem Slot liegt, führt die Station dies während P_1 **288** durch. Wenn die Station im P_0 -Slot **286** und nicht im P_1 -Slot **288** signalisiert hat, aber (während des P_1 -Slots **288**) erkennt, dass eine andere Station in diesem Slot signalisiert, gibt sie der Station mit höherer Priorität nach und unterlässt es, während des Konkurrenzbetrieb-Fensters **290** zu senden. Die Station setzt auch das VCS auf einen geeigneten Wert (nach Regeln, die später noch beschrieben werden). Wenn die Station im P_0 -Slot **286** nicht signalisiert hat und erkennt, dass dies durch eine andere Station erfolgte, unterlässt sie es, in dem P_1 -Slot **288** oder im Konkurrenzbetrieb-Fenster **290** zu senden. Wiederum setzt sie VCS auf einen geeigneten Wert. Somit unterlässt es die Station, in irgendeinem der verbleibenden Slots **286, 288** oder dem Konkurrenzbetrieb-Fenster **290** zu senden, wenn sie ein Prioritäts-Auflösungs-Symbol in einem der Slots **286, 288** entdeckt hat, in denen die Station kein Signal aufgeprägt hat. Auf diese Weise ermittelt jede Station das höchste Prioritäts-Niveau, für das eine Übertragung anhängig ist und steht zurück, wenn die eigene anhängige Übertragung eine niedrigere Priorität besitzt. Wenn die Prioritäts-Signalisierung durchgeführt worden ist und die Station nicht einer höheren Priorität Vorrang einräumen musste, bewirbt sie sich konkurrierend für einen Zugang in einem Konkurrenzbetrieb-Fenster **90** entsprechend einem Backoff-Verfahren, das noch beschrieben wird.

[0128] Gemäß [Fig. 19C](#) wartet dann, wenn die letzte Datenübertragung **80** eine Antwort erfordert und eine Antwort **124** auf sie folgt, die Station einen Antwort-Zwischenrahmen-Zwischenraum **298** (Response Interframe Space, RIFS) ab, d.h. die Zeit zwischen dem Ende der Datenrahmen-Übertragung **80** und dem Beginn der zugehörigen Antwort **124**. Das CIFS **280** folgt auf die Antwort **124**. Viele Protokolle weisen Antworten den kürzesten Zwischenrahmen-Zwischenraum zu, so dass die Herrschaft über den Kanal von den Stationen aufrecht

erhalten wird, die in den Austausch involviert sind. Das MAC verwendet Informationen im Rahmen-Kopf, um Stationen darüber zu informieren, ob eine Antwort erwartet wird. Wenn keine Antwort erwartet wird, ist das CIFS wirksam.

[0129] [Fig. 19D](#) zeigt eine beispielhafte Übertragung ohne Konkurrenzbetrieb, die nach einer Antwort auftritt. In diesem Beispiel wurde der Status ohne Konkurrenzbetrieb durch die Station etabliert, welche die letzte Datenübertragung **80** mit einem gesetzten Konkurrenzbetrieb-Steuer-Bit gesandt hat und somit die Rücksendung der Antwort **124** mit einem gesetzten Konkurrenzbetrieb-Steuer-Bit verursacht hat und den Konkurrenzbetrieb während eines früheren Konkurrenzbetrieb-Fensters **290** gewonnen hat.

[0130] Der oben erwähnte erweiterte Zwischenrahmen-Zwischenraum (Extended Interframe Space, EIFS) wird dadurch berechnet, dass das PRP, das CIFS und das RIFS zur maximalen Rahmenzeit (d.h. der maximal erlaubten Rahmenlänge und dem oder den Begrenzungszeichen in Symbolen multipliziert mit der Symbolzeit) und der Antwortzeit (Antwortlänge in Symbolen multipliziert mit der Symbolzeit) hinzu addiert werden. Das EIFS wird von einer Station verwendet, wenn ein Zugang ohne Konkurrenzbetrieb nicht unterbrochen werden kann (wie oben erläutert). Es wird auch verwendet, wenn die Station keine vollständige Kenntnis bezüglich des Status des Mediums besitzt. Dieser Zustand kann auftreten, wenn eine Station nur eine Seite eines Rahmen-Austausches zwischen zwei anderen Stationen hört, wenn sich die Station das erste Mal an das Netzwerk anschließt oder wenn Fehler in den empfangenen Rahmen es unmöglich machen, sie in eindeutiger Weise zu decodieren. Das EIFS ist beträchtlich länger als die anderen Zwischenrahmen-Zwischenräume und liefert somit einen Schutz gegen eine Kollision für eine laufende Rahmenübertragung oder einen Segment-Burst, wenn irgendeine dieser Bedingungen auftritt. Wenn das Medium für die minimale EIFS unbenutzt war, ist kein Kanal-Zugangs-Wettbewerb erforderlich und der Rahmen kann sofort gesendet werden.

[0131] Gemäß den [Fig. 19A](#) und [Fig. 19C](#) erzeugt die Station die zufällige Backoff-Zeit 292, um eine zusätzliche Verzögerung zu erzeugen, außer das Backoff ist bereits wirksam und es wird kein neuer Zufalls Wert benötigt. Die Backoff-Zeit ist definiert als:

$$\text{BackoffTime} = \text{RandomQ} * \text{SlotTime} \quad (1)$$

wobei RandomQ eine gleichförmig verteilte, pseudozufällige ganze Zahl aus dem Intervall [0, Konkurrenzbetrieb-Fenster] ist, wobei der Konkurrenzbetrieb-Fenster-Wert (Contention Window, CW) von einem Minimalwert von 7 bis zu einem Maximalwert von 63 variiert und SlotTime als vorbestimmte Slot-Zeit definiert ist. Eine Station, die in das Backoff-Verfahren eintritt, setzt die BackoffTime wie oben beschrieben.

[0132] Die MAC-Einheit **18** betreibt bzw. pflegt eine Reihe von Zeitgebern, Zählern, Steuer-Flags und andere Steuerinformationen, um den Kanalzugang zu steuern. Der Backoff-Time-Wert ist in einem Backoff-Zähler oder -Zählerwert (BC) enthalten, der für jede SlotTime dekrementiert wird, von der sowohl die physikalische als auch die virtuelle Trägerüberprüfung ermittelt, dass sie unbenutzt ist. Der BC-Zählerwert wird für jeden Slot stillgelegt, in welchem die Träger-Messung aktiv ist. Eine Übertragung tritt auf, wenn der BC-Zählerwert auf Null heruntergezählt ist. Der VCS-Wert ist in einem VCS-Zeitgeber enthalten und wird durch ein virtuelles Träger-Mess-Zeiger-Flag (Virtual Carrier Sense Pointer Flag, VPF) interpretiert. Der VCS-Zeitgeber-Wert wird immer dann aktualisiert, wenn gültige Rahmen-Steuer-Informationen empfangen oder gesendet werden, selbst dann, wenn kein Rahmen anhängig ist. Das VPF wird auf eine 1 immer dann gesetzt, wenn gültige Rahmen-Steuer-Informationen empfangen werden, außer die Bedingungen diktieren, dass das VCS auf EIFS gesetzt werden muss. Wenn VCS auf EIFS gesetzt wird, dann wird VPF auf eine 0 gesetzt. Wenn VPF auf eine 1 gesetzt ist, dann zeigt der VCS-Wert auf den nächsten Konkurrenzbetrieb. Wenn VPF auf eine 0 gesetzt ist, zeigt der VCS-Wert auf eine Netzwerk-Leerlaufzeit. Die Einstellungen von VCS und VPF werden noch genauer weiter unten unter Bezugnahme auf die Tabelle 4 beschrieben.

[0133] Alle Stationen betreiben auch einen Sendezähler (Transmit Counter, TC), einen Rückhaltezähler (Deferal Counter, DC), einen Backoff-Verfahrens-Zähler (Backoff Procedure Counter, BPC), einen NACK-Antwort-Zähler (NACKcount) und einen „Keine Antwort“-Zähler („No Response“ Counter, NRC). Alle diese Zähler werden anfangs auf 0 gesetzt.

[0134] TC wird immer dann inkrementiert, wenn ein Rahmen gesendet wird, BPC wird jedes Mal dann inkrementiert, wenn das Backoff-Verfahren aufgerufen wird. Das NRC wird jedes Mal dann inkrementiert, wenn keine Antwort erhalten wird, obwohl eine Antwort erwartet wurde. Die MAC-Einheit betreibt auch einen Rahmen-Zeitgeber („FrmTimer“), der mit einem maximalen Rahmen-Lebensdauer-Wert gesetzt wird. Ein zu übertragendes Paket (oder erneut zu übertragendes Paket) wird fallen gelassen, wenn der FrmTimer abläuft (Null

erreicht), außer während der Übertragung (einschließlich dem Antwort-Intervall).

[0135] CW nimmt einen Anfangswert von sieben an und nimmt bei jeder nicht erfolgreichen Übertragung oder wenn DC gleich Null ist den nächsten Wert in der binären Exponentialreihe an. CW und BPC werden nach einer erfolgreichen Übertragung und dann zurückgesetzt, wenn die Übertragung abgebrochen wird (weil TC seinen maximal zulässigen Schwellenwert erreicht oder der Rahmen die maximale Lebensdauer von FrmTimer überschreitet.) TC wird nach jeder Übertragung auf Null zurückgesetzt, für die ein ACK empfangen wird, wenn ein ACK erwartet wird, oder die Übertragung für einen nicht bestätigten Service durchgeführt ist. Die gerundete Binärexponential-Reihe für CW ist definiert als $2^n - 1$, wobei n von 3 bis 6 läuft. CW und DC werden basierend auf dem Wert von BPC gemäß der folgenden Regeln gesetzt: Für eine anfängliche Übertragung ($BPC = 0$), $CW = 7$ und $DC = 0$; für eine erste erneute Übertragung (retransmission) ($BPC = 1$), $CW = 15$ und $DC = 1$; für eine zweite erneute Übertragung ($BPC = 2$), $CW = 31$ und $DC = 3$; und für eine dritte und nachfolgende erneute Übertragung ($BPC > 2$), $CW = 63$ und $DC = 15$.

[0136] Zusätzlich zum VPF speichert und pflegt die MAC-Einheit **18** auch ein Konkurrenzbetrieb-Steuer-Flag (Contention Control Flag, CC), das den CC-Bit in den gleichnamigen Feldern in den Rahmen-Steuer-Feldern **98**, **102** und **124** entspricht. Das CC-Flag wird gesetzt oder gelöscht basierend auf den Rahmen-Steuer-Informationen in jedem empfangenen Begrenzungszeichen und wird auch gelöscht, wenn der VCS-Wert 0 erreicht und VPF gleich 0 ist. Ein Wert von Null zeigt einen normalen Konkurrenzbetrieb an. Ein Wert von 1 zeigt an, dass kein Konkurrenzbetrieb stattfindet (d.h. einen Zugang ohne Konkurrenzbetrieb), außer es ist ein Rahmen mit höherer Priorität anhängig.

[0137] Gemäß [Fig. 20](#) bestimmt die Rahmen- oder Paket-Ankunftszeit das Ausmaß, in welchem die Station an der PRP- und Konkurrenzbetrieb-Fenster-Signalisierung teilnimmt. Wenn die Paket-Ankunftszeit (d.h. der Zeitpunkt, zu welchem das Paket für die Übertragung an den PHY in die Warteschlange eingereiht und somit als „anhängig“ betrachtet wird) während der Übertragung eines anderen Paketes oder nach dem CIFS-Intervall auftritt (, was als erste Paket-Ankunftszeit **300** angegeben ist), dann nimmt die Station, die zu senden beabsichtigt, an den PRP-Slots **286**, **288** und dem Konkurrenzbetrieb-Fenster **290** gemäß dem oben beschriebenen Kanal-Zugangsverfahren teil. Wenn der Rahmen für eine Übertragung durch das MAC während P_0 **286** in die Warteschlange eingereiht wird (was als zweite Paket-Ankunftszeit **302** angegeben ist), dann kann die Station in dem P_1 -Slot **288** so lange teilnehmen, als die Priorität des Rahmens nicht bereits unter den oben erläuterten Regeln für die Prioritäts-Auflösung zurückgestellt wurde. Der Rahmen kann dem Backoff-Verfahren folgen, wenn die Station in der Lage ist, basierend auf den Ergebnissen der Prioritäts-Auflösung in den Konkurrenzbetrieb einzutreten. Wenn der Rahmen für eine Übertragung während P_1 **288** oder dem Konkurrenzbetrieb-Fenster **290** in die Warteschlange eingereiht wird (was als dritte Paketankunftszeit **304** angegeben ist), kann die Station nicht während des PRP teilnehmen, sondern folgt dem Backoff-Verfahren während des Konkurrenzbetrieb-Fensters **290** so lange, wie die Priorität des zu übertragenden Rahmens nicht unter den obigen Regeln für die Prioritäts-Auflösung zurückgestellt wird.

[0138] Nach der Übertragung eines Rahmens, der eine Antwort verlangt, wartet der Sender ein Antwort-Intervall ab, bevor er feststellt, dass die Rahmen-Übertragung fehlgeschlagen ist. Wenn der Rahmen-Empfang am Ende des Antwort-Intervalls nicht begonnen worden ist, ruft der Sender sein Backoff-Verfahren auf. Wenn der Rahmenempfang begonnen hat, wartet die Station auf das Rahmen-Ende, um zu ermitteln, ob die Rahmenübertragung erfolgreich war. Der Empfang eines gültigen ACK wird verwendet, um die Rahmenübertragung als erfolgreich einzustufen und mit dem nächsten Segment zu beginnen oder eine erfolgreiche Übertragung zu berichten. Der Empfang eines gültigen NACK veranlasst den Sender, sein Backoff-Verfahren für eine erneute Übertragung des Rahmens aufzurufen und BPC auf Null zurückzusetzen. Wenn der Sender ein gültiges FAIL erhält, verzögert der Sender eine vorbestimmte Zeitdauer bevor er BPC zurücksetzt und das Backoff-Verfahren aufruft. Der Empfang irgendeines anderen gültigen oder ungültigen Rahmens wird als fehlgeschlagene Übertragung interpretiert. Die Station ruft das Backoff-Verfahren am Ende des Empfanges auf und verarbeitet den empfangenen Rahmen.

[0139] Die sendenden Stationen fahren mit der erneuten Übertragung fort, bis der Rahmen-Austausch erfolgreich ist oder die entsprechende TC-Grenze erreicht ist, oder bis die Sende-Lebensdauer (FrmTimer) überschritten ist. Die Stationen speichern und pflegen den Übertragungs-Zählwert für jeden übertragenen Rahmen. Der TC wird bei jeder Übertragung des Rahmens inkrementiert. Der Übertragungs-Zählwert wird auf Null zurückgesetzt, wenn der Rahmen erfolgreich übertragen worden ist oder wenn der Rahmen verworfen wird, weil entweder die Grenze für die erneute Übertragung oder die Übertragungs-Lebensdauer überschritten worden ist.

[0140] Wie oben angegeben, wird der VCS-Zeitgeber von allen Stationen gepflegt, um die Zuverlässigkeit des Kanalzugangs zu verbessern. Der VCS-Zeitgeber wird basierend auf Informationen gesetzt, die im Rahmen-Steuer-Feld der Rahmen-Begrenzungszeichen enthalten sind. Die Stationen verwenden diese Informationen, um den erwarteten Belegungs-Zustand des Mediums zu berechnen, und speichern diese Informationen im VCS-Zeitgeber. Der VCS-Zeitgeber wird mit den Informationen von jedem korrekt empfangenen Rahmen-Steuer-Feld aktualisiert. Die empfangenden Stationen folgen den in Tabelle 4 definierten Regeln basierend auf dem Empfang der spezifizierten Begrenzungszeichen-Typen, wobei die Rahmenlänge durch die Anzahl von Symbolen gemessen wird.

Typ des empfangenen Rahmen-Steuer-Begrenzungszeichens	Neuer VCS-Zeitgeber-Wert	Neuer VPF-Wert
Start eines Rahmens ohne erwartete Antwort	Rahmenlänge x SymbolTime + EFG + DelimiterTime + CIFS	1
Start eines Rahmens mit erwarteter Antwort	Rahmenlänge x SymbolTime + EFG + DelimiterTime + RIFS + DelimiterTime + CIFS	1
Ende eines Rahmens ohne erwartete Antwort	CIFS	1
Ende eines Rahmens mit erwarteter Antwort	RIFS + DelimiterTime + CIFS	1
Rahmenantwort beliebiger Art	CIFS	1
Prioritäts-Auflösungssymbol größer als der für die Übertragung in die Warteschlagen eingereihte Rahmen	EIFS	0
Reservierter Rahmentyp für Rahmen mit schlechtem CRC	EIFS	0
Rahmensteuerung mit schlechterem CRC	EIFS	0
Start des Rahmen-Längenfeldes mit reserviertem Wert	EIFS	0

Tabelle 4

[0141] Der VCS-Zeitgeber wird auch am Ende eines PRP aktualisiert, wenn die Station ermittelt, dass sie für einen Zugang nicht in Wettbewerb treten kann.

[0142] Wie oben erwähnt, unterstützt die MAC-Einheit **18** die Segmentierung und das Wiederzusammensetzen. Der Vorgang der Unterteilung von MSDUs durch den Host in kleinere MAC-Rahmen wird als Segmentierung bezeichnet. Der umgekehrte Vorgang wird als Wiederzusammensetzung bezeichnet. Die Segmentierung verbessert die Chancen einer Rahmen-Weitergabe über schwierige Kanäle und trägt zu besseren Wartezeit-Merkmalen für die Stationen mit höherer Priorität bei. Alle Formen der adressierten Weitergabe (Einfachruf, Mehrfachruf, Rundruf) können der Segmentierung unterworfen sein.

[0143] Eine MSDU, die an der MAC-Einheit **18** ankommt, wird in einem oder mehreren Segmenten) in Abhängigkeit von der Größe der MSDU und der Datenrate untergebracht, die die Verbindung aufrechterhalten kann. Es wird alles versucht, um alle Segmente einer einzigen MSDU in einem einzigen, kontinuierlichen Burst von MAC-Rahmen zu übertragen. Die Bestätigungen und erneuten Übertragungen treten für jedes Segment unabhängig auf.

[0144] Wenn ein MSDU in eine Reihe von Segmenten segmentiert wird, werden die Segmente nach Mögliche-

keit in einem einzigen Burst gesendet, um die Anforderungen an die Ressourcen des Empfängers zu minimieren und den Durchsatz des Netzwerkes zu maximieren, während gleichzeitig Wartezeit-Antwort- und Jitter-Verhalten berücksichtigt werden. Die Burst-Aussendung der Segmente wird unter Verwendung der Konkurrenzbetrieb-Steuerung- und Kanal-Zugangs-Prioritäts-Felder in der Rahmen-Steuerung durchgeführt, wie dies weiter oben unter Bezugnahme auf die [Fig. 5B](#) beschrieben wurde. Ein Segment-Burst kann durch eine Station mit einer Übertragung mit höherer Priorität zurückgestellt werden.

[0145] Wenn ein Segment-Burst gesendet wird, tritt die Station für das Medium in normaler Weise in den Konkurrenzbetrieb ein, d.h. in der oben beschriebenen Weise. Sobald die Station die Kontrolle über das Medium übernommen hat, setzt sie das Konkurrenzbetrieb-Steuer-Bit auf 0b1, fügt die Priorität des MSDU (zu dem das Segment gehört) in das Kanal-Zugriffs-Prioritäts-Feld der Rahmen-Steuerung ein und überträgt das Segment in einem Burst, ohne weiter für das Medium mit Stationen in Konkurrenzbetrieb zu treten, die Übertragungen der gleichen oder einer niedrigeren Priorität haben. Die Station gibt eine höhere Priorität besitzenden Übertragungen nach, die in der Prioritäts-Auflösungs-Periode angezeigt werden, die der Übertragung eines jeden Segmentes folgt. Im letzten Segment des MSDU setzt die Station das Konkurrenzbetrieb-Steuer-Bit auf 0b0 in der Rahmen-Steuerung zurück, bevor sie das Segment sendet, um einen normalen Konkurrenzbetrieb durch alle Station in der PRP zu ermöglichen, welche auf die Beendigung der Übertragung folgt.

[0146] Wenn eine Station eine Übertragungsanforderung für einen Rahmen mit höherer Priorität empfängt, als die Priorität des Segment-Bursts, das das Medium belegt, tritt sie in Konkurrenzbetrieb um das Medium in der PRP ein, die unmittelbar auf die Übertragung des momentanen Segmentes folgt. Wenn der Segment-Burst durch einen anhängigen Rahmen mit höherer Priorität zurückgestellt wird, tritt die Station, die die Sendung des Segment-Bursts durchgeführt hat, wieder in den Konkurrenzbetrieb um das Medium ein, um den Segment-Burst wieder aufzunehmen. Die Station nimmt den Segment-Burst auf, wenn sie die Kontrolle über das Medium wiedergewonnen hat.

[0147] Somit gibt die Übertragung eines Segment-Bursts einer einzelnen Station die Kontrolle über das Medium bei einem gegebenen Prioritäts-Niveau. Nimmt man das höchste Prioritäts-Niveau an (CA3), kann eine Station jede andere Station von einem Zugang zum Medium während der Dauer des Segment-Bursts ausschließen und der Segment-Burst kann ohne Unterbrechung durchgeführt werden. Da die Übertragung eines Segment-Bursts beim CA3-Prioritäts-Niveau Verkehr mit höherer Priorität blockiert (d.h. Verkehr ohne Konkurrenzbetrieb) und somit einen Einfluss auf QoS hat, ist es jedoch wünschenswert, der Verwendung des CA3-Prioritäts-Niveaus Einschränkungen aufzuerlegen. Beispielsweise kann das CA3-Niveau auf Übertragungen ohne Konkurrenzbetrieb eingeschränkt werden. Alternativ kann eine Segment-Burst-Übertragung auf Prioritätsniveaus CA0 bis CA2 sowie auf CA3 (nur für Verkehr ohne Konkurrenzbetrieb) eingeschränkt werden.

[0148] Wie die Priorität spielt die Wartezeit eine kritische Rolle beim Rahmen-Abgabe-Verhalten für QoS. Darüber hinaus können schlechte Wartezeit-Eigenschaften einen nachteiligen Einfluss auf das Rahmen-Abgabe-Verhalten bei einem spezifizierten Prioritätsniveau haben. Ein Weg, um diesen Einfluss zu begrenzen, besteht darin, die Wartezeit in gewisser Weise zu begrenzen. Bei der beschriebenen Ausführungsform wird die Länge der Rahmen begrenzt, um sicherzustellen, dass jede Übertragung das Medium nicht länger als für einen vorbestimmten Grenzwert-Zeitraum, beispielsweise 2 ms, belegt. Vorzugsweise wird für ein optimales Verhalten beim höchsten Prioritätsniveau der Verkehr mit dem höchsten Prioritätsniveau von der Rahmenlängen-Beschränkung ausgenommen oder einem weniger strengen Grenzwert unterworfen. Alternativ können jedoch für eine einfachere Verwirklichung alle Niveaus der Rahmenlängen-Grenzbeschränkung unterworfen werden. Ein anderer Weg, um die Wartezeiten zu begrenzen und somit das Übertragungsverhalten zu verbessern, besteht darin, Segment-Bursts unter bestimmten Bedingungen zu begrenzen (beispielsweise in der oben erläuterten Weise, so dass ein Segment-Burst durch den Verkehr mit einer höheren Prioritätsklasse unterbrochen werden kann).

[0149] In [Fig. 21](#) ist die Funktionalität der MAC-Einheit **18** als MAC-Zustandsmaschine **310** dargestellt, die einen TX-Handler **311** und einen RX-Handler **312** umfasst, die mit mehreren Service-Zugangspunkten verbunden sind, die auf der MAC-LLC-Schnittstellenseite einen MAC-Daten-Service-Zugangspunkt (Data Service Access Point, MD-SAP) **313** und einen MAC-Management-Service-Zugangspunkt (Management Service Access Point, MM-SAP) **314**, und auf der MAC-PHY-Schnittstellenseite einen PHY-Daten-Service-Zugangspunkt (Data Service Access Point, PD-SAP) **316** und einen PHY-Management-SAP (PM-SAP) **318** umfassen. Die MAC-Zustandsmaschine **310** bedient die logische Link-Steuer-Subschicht (Logical Link Control Sublayer, LLC) durch den MAC-Daten-Service-Zugangspunkt (MD-SAP) **313**. Die Statusmaschine **310** wird von der LLC-Subschicht durch den MAC-Management-Service-Zugangspunkt **314** (MM-SAP) gemanagt. Die MAC-Zustandsmaschine **310** verwendet die Dienste der PHY-Schicht durch den PHY-Daten-Service-Zu-

gangspunkt **316** (PD-SAP) und managt das PHY durch den PHY-Management-SAP **318** (PM-SAP).

[0150] Der MAC-Datenservice sorgt für einen Transport einer MSDU von einem MD-SAP **313** zu einem oder mehreren solcher MAC-Daten-Service-Zugangspunkte und ermöglicht die Auswahl der Verschlüsselung, der Priorität, der Wiederholungsstrategie und der direkten Bestätigungs-Dienste für jedes übertragene MSDU, sowie eine Anzeige des Prioritäts- und Verschlüsselungsdienstes für jedes empfangene MSDU. Der MAC-Datenservice umfasst die folgenden Primitive: MD_DATA.Req; MD_DATA.Conf. und MD_DATA.Ind **320**. Das MD_DATA.Req-Primitiv erfordert eine Übertragung eines MSDU von einer lokalen LLC-Subschicht an eine einzelne Peer-LLC-Subschicht-Einheit oder mehrere Peer-LLC-Subschicht-Einheiten (im Fall von Gruppenadressen). Dieses Primitiv ist so formatiert, dass es das folgende umfasst: Rahmenlänge; MAC-Subschicht-Bestimmungsadresse oder -adressen; MAC-Subschicht-Quellenadresse der sendenden Station; angeforderte Priorität (Werte von 0 bis 3 oder „ohne Konkurrenzbetrieb“) für den zu sendenden Rahmen; Lebensdauer des Rahmens (zeitliche Länge bevor der Rahmen verworfen werden soll); Wiederholungs-Steuerung, um die gewünschte Strategie für erneute Übertragungen anzuzeigen, die nötigenfalls verwendet werden soll; Verschlüsselungsschlüssel-Auswahl, ein ganzzahliger Wert von 0 bis 255, der den Netzwerk-Verschlüsselungsschlüssel angibt, der verwendet werden soll, um den Rahmen vor der Übertragung zu verschlüsseln; Verschlüsselungsfreigabe, um die Verschlüsselung freizugeben oder zu sperren; Antwort-Anforderung, um anzuzeigen, dass auf diesen Rahmen eine Antwort vom Bestimmungsort gewünscht wird; den Typ, um den Protokoll-Typ der oberen Schicht anzuzeigen; und Daten, genauer gesagt die Daten der oberen Schicht, die zu der Peer-MAC-Subschicht-Einheit an der spezifizierten Bestimmungsadresse oder den spezifizierten Bestimmungsadressen transportiert werden sollen. Das MD_DATA.Conf-Primitiv bestätigt den Empfang des MD_DATA.Req durch das MAC und zeigt das Ergebnis der angeforderten Übertragung in der Form eines Status an, der den Erfolg oder das Fehlschlagen dieser Übertragung anzeigt. Das MD_DATA.Ind-Primitiv zeigt eine Übertragung eines MSDU an die LLC-Subschicht-Einheit von einer einzelnen Peer-LLC-Subschicht-Einheit an. Es umfasst die Rahmenlänge, die DA, das SA der Station, die den Rahmen übertragen hat, die Priorität, mit der der Rahmen empfangen wurde, die Verschlüsselungsschlüssel-Auswahl, die den Verschlüsselungsschlüssel anzeigt, der verwendet worden war, um den Rahmen zu verschlüsseln; die Verschlüsselungsfreigabe; den Typ (wieder das Protokoll der oberen Schicht) und die Daten, die von der Peer-MAC-Subschicht-Einheit an der Quellenadresse transportiert worden waren.

[0151] Der PHY liefert Dienste an den MAC durch einen Satz von Daten-Service-Primitiven **324** und Management-Service-Primitiven **326**. Das PD_DATA.Req-Primitiv fordert an, dass das PHY mit der Übertragung von Informationen auf das Medium beginnt. In Reaktion hierauf sendet das PHY das Start-Begrenzungszeichen, die MAC-Protokoll-Dateneinheit (MPDU) und das End-Begrenzungszeichen. Die Anforderung umfasst einen TX-Kanal-Kartenindex-Wert, der verwendet werden soll, um die PHY-Sende-Einheiten zu konfigurieren, zusammen mit den 25 Bits des SOF-Begrenzungszeichens, der Nutzlast und den 25 Bits des EOF-Begrenzungszeichens. Das PD_DATA.Conf-Primitiv bestätigt die von dem PD_DATA_Req-Primitiv angeforderte Übertragung. Es zeigt den Status der Übertragung entweder als Erfolg oder als Fehlschlag an. Das PD_DATA.Ind-Primitiv zeigt dem MAC an, dass eine Übertragung vom PHY empfangen worden ist. Es umfasst Kanal-Merkmale, die Kanal-Zugangsriorität, Segmentlänge, MPDU und FEC-Fehler-Flag. Die Kanalmerkmale umfassen eine Liste von Informationen, die für eine Kanalbewertung verwendet werden sollen. Die Kanal-Zugangsriorität ist der Wert der Prioritätsinformation, die im End-Begrenzungszeichen empfangen wurde. Das MPDU ist die Information, die von der Peer-MAC-Einheit gesandt wurde. Das FEC-Fehler-Flag ist ein Wert, der anzeigt, dass das FEC festgestellt hat, dass sich in den empfangenen Informationen ein nicht korrigierbarer Fehler befand. Das PD_Data.Rsp-Primitiv veranlasst das PHY, ein Begrenzungszeichen für eine angeforderte Antwort zu übertragen und spezifiziert die Informationen, die in dem Antwort-Begrenzungszeichen enthalten sein müssen. Es spezifiziert einen Status (d.h., den Typ der zu übertragenden angeforderten Antwort, beispielsweise ACK, NACK oder FAIL), den Konkurrenzbetrieb-Steuerwert und die Kanal-Zugangs-Priorität. Das PD_RX_FR_CRTL.Ind-Primitiv liefert an die MAC-Einheit eine Anzeige der in den Start- und End-Begrenzungszeichen empfangenen Information. Das PD_RX_FR_CTRL.Rsp-Primitiv wird von der MAC-Einheit verwendet, um an das PHY Steuer-Informationen zu liefern. Es umfasst einen Empfangsstatus, um anzuzeigen, dass das PHY nach Begrenzungszeichen suchen sollte oder dass sich das PHY in dem aktiven Empfangsstatus befinden sollte. Das PD_RX_FR_CTRL.Rsp-Primitiv spezifiziert weiterhin eine Rahmenlänge, die der Anzahl von Symbolen entspricht, von denen erwartet wird, dass es das PHY empfängt, sowie die RX-Kanal-Karte, welche die Töne auflistet, die für den Empfang verwendet werden sollen. Das PD_PRS-Listen.Req-Primitiv wird von der MAC-Einheit verwendet, um zu verlangen, dass das PHY während der PRP-Slots empfangsbereit sein soll, und das PD_PRS.Ind-Primitiv wird von dem PHY verwendet, um der MAC-Einheit anzuzeigen, dass ein Prioritäts-Auflösungs-Symbol empfangen worden ist. Das PD_PRS.Req wird von der MAC-Einheit verwendet, um anzufordern, dass das PHY ein Prioritäts-Auflösungs-Symbol sendet. Die PHY-Management-Service-Primitiven **326** umfassen die folgenden: PM_SET_TONE_MASK.Req, das anfordert, dass das PHY die

Maske für die Töne setzt, die für die Übertragung oder den Empfang nicht verwendet werden, und das PM_SET_TONE_MASK.Conf, um den Erfolg oder das Fehlschlagen dieses angeforderten Vorganges anzuzeigen.

[0152] In [Fig. 22](#) ist eine Architektur-Darstellung des MAC-Sende-Handlers **311** (TX) gezeigt. Der Sende-Handler **311** umfasst vier Prozesse bzw. Verfahren: Ein Sende-MAC-Rahmen-Verarbeitungs-Verfahren (Transmit MAC Frame Processing Process) **330**, ein Verschlüsselungs-Verfahren **332**, ein Segmentierungs-Verfahren **334** und ein PHY-Rahmen-Sende-Verfahren **336**. Der TX-Handler **311** speichert die folgenden Parameter: Stations-(oder Geräte-)Adresse **338**, Tonmaske **340**, Wiederholungs-Steuerung **342**, Netzwerk-Verschlüsselungs-Schlüssel (einen oder mehrere) **344** und die TX-Kanal-Karten **346**.

[0153] Das TX-MAC-Rahmen-Verarbeitungs-Verfahren **330** arbeitet aufgrund von Daten-Anforderungen und Management-Setzen/Holen-Anforderungen (wie zuvor beschrieben). Es empfängt als Eingangssignale folgendes: Das MD_Data.Req-Daten-Primitiv von dem MD_SAP **313**; einen Netzwerk-Schlüssel von den Verschlüsselungsschlüsseln **344**; eine Ton-Maske von der Ton-Maske **340**; Stationsadressen von der Geräte-Adressen-Einheit **338**; die TX-Kanal-Karten-Gültigkeit und den TX-Rahmen-Status; sowie die Setzen/Holen-Anforderungs-Management-Primitive von MM_SAP **314**. In Antwort auf diese Eingangssignale liefert es folgendes: Das MD_Data.Conf-Daten-Primitiv; die Wiederholungs-Steuerung (Retry Control); den Netzwerk-Schlüssel und die Schlüsselauswahl; die Ton-Maske; die neue Stations-Adresse; das PM_SET_TONE_MASK.Req-Management-Primitiv; einen TX-Kanal-Kartenindex für das DA; und den TX-Klartext-Rahmen (TCF) basierend auf dem MD_Data.Req. Ob das Verfahren **330** in das TCF irgendwelche MAC-Management-Informationsfeld-Subfelder einfügt, hängt von dem Inhalt der Eingangs-Management-Primitive, insbesondere von MM_SET_RMT_PARAMS.req und anderen Eingangssignalen ab.

[0154] Das Verschlüsselungs-Verfahren **332** erhält als Eingangssignale den TX-Klartext-Rahmen (TCF) und den ausgewählten Netzwerk-Schlüssel. Das Verschlüsselungs-Verfahren **332** ermittelt, ob die Verschlüsselung aktiviert ist und erhält gegebenenfalls den zufälligen 8-Byte umfassenden IV-Wert, hängt einen Integritäts-Prüf-Wert (Integrity Check Value) an und verschlüsselt das TEF, den ausgewählten Netzwerk-Verschlüsselungsschlüssel und das IV, um einen verschlüsselten TX-Rahmen (TEF) zu bilden. Das Verschlüsselungs-Verfahren **332** liefert das TEF an das Segmentierungs-Verfahren **334**.

[0155] Das Segmentierungs-Verfahren erzeugt Segmente basierend auf einer maximalen Rahmenlänge. Das Segmentierungs-Verfahren **334** segmentiert die MSDUs dadurch, dass der Rahmen-Hauptteil basierend auf einer maximalen Segment-(oder Rahmen-)Größe bis zum letzten Segment in Segmente unterteilt wird; die Partitionierung kann jedoch auch in geeigneter Weise eingestellt werden, um andere Verhaltens-Parameter zu erfüllen. Beispielsweise kann es wünschenswert sein, zu veranlassen, dass das erste Segment eine minimale Länge besitzt, um die Zeitdauer zu verkürzen, bevor ein verborgener Knoten die Antwort-Übertragung hört. Sobald die Übertragung für ein Segment versucht wird, sollen sich der Inhalt und die Länge für dieses Segment nicht ändern, bis das Segment erfolgreich an den Bestimmungsort abgeliefert worden ist oder eine Änderung in der Modulation angefordert wird.

[0156] Das PHY-Rahmen-Übertragungsverfahren **336** (PHY Frame Transmit Process) initiiert eine Übertragung oder einen Übertragungsversuch unter Verwendung des Kanal-Konkurrenzbetriebs mit Priorität, wie oben erläutert. Das PHY-Rahmen-Übertragungsverfahren **336** ist in den [Fig. 23](#) bis [Fig. 25](#) dargestellt.

[0157] Gemäß [Fig. 23](#) beginnt das PHY-Rahmen-Übertragungsverfahren **336** mit der Ankunft eines Rahmens, der über das Übertragungsmedium gesandt werden soll (Schritt **400**). Der Sender initialisiert die Steuerung für die Pflege der Zeitgeber-Informationen und Priorität (Schritt **402**). Die Zeitgeber-Informationen umfassen die Zählwerte, die von der Backoff-Verfahrens-Zählung (Backoff Procedure Count, BPC) geliefert werden, den Sende-Zählwert (Transmit Counter, TC), den NACK-Zähler (NACKcount) und den Keine-Antwort-Zählwert (No Response Counter, NRC), von denen jeder auf den Wert Null gesetzt wird. Die Zeitgeber-Informationen umfassen weiterhin den Zeitgeber entsprechend dem Sende-Lebensdauer-Wert FrmTimer. Der FrmTimer wird auf einen maximalen Wert (MaxLife) als Standardwert gesetzt, wenn nicht ein Lebensdauer-Wert von der LLC-Einheit an die MAC-Einheit nach unten gegeben wird. Die Priorität wird auf den Wert der dem Rahmen zugeordneten Kanal-Zugangs-Priorität gesetzt. Der Sender detektiert, ob das Medium belegt ist, in dem er ermittelt, ob die Werte von VCS und CS gleich Null sind (Schritt **403**). Wenn diese Werte nicht gleich Null sind, d.h. wenn das Medium besetzt ist, wartet der Sender, bis er für beide Werte eine Null detektiert, während er gleichzeitig die Werte von VCS, VPF und CC basierend auf gültigen Begrenzungszeichen aktualisiert, die er über das Medium erhält (Schritt **404**). Er ermittelt dann, ob VPF gleich Eins ist (Schritt **405**). Wenn VPF gleich Null ist, wird das Rahmensegment gesendet und TC wird inkrementiert (Schritt **406**). Wenn bei Schritt

403 festgestellt wird, dass das Medium sich im Leerlauf befindet, ermittelt der Sender, ob die Ankunft während eines Träger-Mess-Slots (Carrier Sense Slot, CSS) aufgetreten ist, d.h. während CIFS (Schritt **407**). Wenn die Ankunft während einem CSS aufgetreten ist oder wenn bei Schritt **405** VPF = 1 ist, dann ermittelt der Sender, ob ein Signal im CSS gemessen worden ist (Schritt **408**). Wenn die Ankunft während des CSS (bei Schritt **407**) aufgetreten ist, aber während dieser Periode (im Schritt **408**) kein Signal gemessen wurde, oder wenn die Ankunft während eines der Slots in dem Prioritäts-Auflösungs-Slots-Intervall aufgetreten ist (Schritt **409**), dann ermittelt der Sender, ob die vorausgehende Übertragung einen Zugang ohne Konkurrenzbetrieb angezeigt hat, d.h. ob sie ein gesetztes CC-Bit umfasste (Schritt **410**). Wenn ein Zugang ohne Konkurrenzbetrieb angezeigt wird, ermittelt der Sender, ob er dadurch unterbrechen kann, dass er seine Priorität (die Priorität des die Übertragung erwartenden Rahmens) mit der in dem EOF und/oder der Antwort angezeigten Priorität vergleicht, oder er fährt fort, wenn die letzte Übertragung ein vorausgehendes Segment des zu sendenden Rahmens war (Schritt **412**). Wenn der Sender nicht unterbrechen oder fortfahren kann (als Teil eines bereits in der Abarbeitung befindlichen Übertragungsstroms, d.h. während eines Segment-Bursts oder des Austausches von Rahmen zwischen Stationen während einer Periode ohne Konkurrenzbetrieb), setzt er den VCS-Wert auf den EIFS-Wert und den VPF-Wert auf Null (Schritt **414**). Wenn bei Schritt **412** ermittelt wird, dass der Sender unterbrechen oder fortfahren kann, oder wenn beim Schritt **410** festgestellt wird, dass kein Zugang ohne Konkurrenzbetrieb angezeigt wird, signalisiert der Sender seine Priorität und achtet auf die Priorität der anderen Stationen, die ebenfalls auf einen Kanalzugang warten (Schritt **416**).

[0158] Wenn der Sender keine höhere Priorität detektiert (Schritt **418**), fährt er fort, sich um einen Kanal-Zugang zu bewerben (Schritt **419**). Wenn die Bewerbung erfolgreich ist, sendet das Verfahren das Segment und inkrementiert den TC (bei Schritt **406**). Wenn die Bewerbung nicht erfolgreich ist (d.h. momentan eine andere Station sendet), ermittelt der Sender, ob das Rahmen-Steuerfeld der momentanen Übertragung gültig ist (Schritt **421**). Wenn das Rahmen-Steuerfeld gültig ist, setzt der Sender VPF auf Eins und aktualisiert VCS basierend auf diesen Rahmen-Steuer-Informationen (Schritt **422**) und kehrt zum Schritt **404** zurück, um auf einen unbesetzten Kanal zu warten. Wenn das Rahmen-Steuerfeld nicht gültig ist (wie dies für eine falsche Synchronisation oder ein schwaches Signal der Fall sein kann), kehrt der Sender zum Schritt **414** zurück (indem er VCS gleich EIFS und VPF = 0 setzt).

[0159] Wenn beim Schritt **409** der Rahmen nach dem PRS-Interval ankommt, aber ermittelt wird, dass er während des Konkurrenzbetrieb-Fensters angekommen ist (Schritt **423**), ermittelt der Sender, ob die vorausgehende Rahmen-Übertragung konkurrenzbetriebsfrei war (Schritt **424**). Wenn kein Zugang ohne Konkurrenzbetrieb angezeigt wird, geht der Sender zum Schritt **418** weiter (um zu ermitteln, ob eine höhere Priorität detektiert worden ist). Wenn ein Zugang ohne Konkurrenzbetrieb angezeigt wird, ermittelt der Sender, ob er die Übertragung unterbrechen kann (Schritt **426**). Wenn der Sender nicht unterbrechen kann, aktualisiert er beim Schritt **414** das VCS und das VPF und kehrt zum Schritt **404** zurück, um auf den nächsten unbesetzten Kanal zu warten. Wenn im Schritt **426** ermittelt wird, dass der Sender unterbrechen kann, geht der Sender zum Schritt **418** weiter. Wenn im Schritt **423** ermittelt wird, dass der Rahmen nach dem Konkurrenzbetrieb-Fenster angekommen ist, sendet der Sender das Rahmen-Segment und inkrementiert das TC um Eins bei Schritt **406**.

[0160] Nachdem ein Rahmen-Segment bei Schritt **406** übertragen wurde, ermittelt der Sender, ob eine Antwort oder eine Bestätigung erwartet wird (Schritt **428**). Wenn eine Bestätigung erwartet und empfangen wird (Schritt **430**), oder wenn keine Bestätigung erwartet wird, ermittelt der Sender, ob irgendwelche zusätzlichen Segmente als Teil des Daten-Übertragungsstroms oder -Bursts übertragen werden müssen (Schritt **432**). Wenn dies der Fall ist, setzt der Sender BPC, TC, NACKcount und NRC auf Null zurück (Schritt **433**). Der Sender ermittelt dann, ob der Rahmen verworfen werden soll, indem er ermittelt, ob der FrmTimer gleich Null ist oder TC die Sende-Grenze überschreitet (Schritt **436**). Wenn eine der beiden Bedingungen wahr ist, berichtet der Sender, dass der Rahmen verworfen wurde (Schritt **438**) und das Verfahren wird beendet (Schritt **440**). Wenn der Rahmen nicht verworfen, sondern stattdessen erneut übertragen wird, kehrt der Sender zum Schritt **403** zurück. Wenn es im Schritt **432** keine weiteren zu übertragenden Segmente mehr gibt, berichtet der Sender eine erfolgreiche Übertragung (Schritt **442**) und beendet das Verfahren beim Schritt **440**. Wenn beim Schritt **430** eine Bestätigung erwartet und nicht empfangen wird, löst das Verfahren weiterhin die Antwort auf (Schritt **444**) und geht zur Ermittlung des Verwerfens des Rahmens beim Schritt **436** weiter.

[0161] Gemäß [Fig. 24](#) beginnt das Verfahren zum Auflösen der Antwort **444** damit, dass ermittelt wird, ob ein NACK empfangen worden ist (Schritt **446**). Wenn ein NACK empfangen worden ist, wird der NACK-Zählwert inkrementiert und BPC wird auf Null gesetzt (Schritt **448**). Das Verfahren **444** ermittelt, ob der NACK-Zählwert größer ist als der NACK-Zählwert-Grenzwert (in diesem Beispiel ist der Grenzwert gleich 4) (Schritt **450**). Wenn ermittelt wird, dass der NACK-Zählwert größer als der Grenzwert von 4 ist, setzt das Verfahren den NACK-Zählwert auf Null zurück und verwendet den robusten Übertragungsmodus (ROBO) (Schritt **452**), und

geht weiter zum Schritt **436** ([Fig. 23](#)). Wenn der NACK-Zählwert nicht größer als der Grenzwert ist, geht das Verfahren direkt zum Schritt **436** weiter. Wenn eine Antwort erwartet wird und eine FAIL-Antwort empfangen wird (Schritt **454**), wartet das Verfahren für einen vorgegebenen Zeitraum, bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel 20 ms, (Schritt **456**), während es VCS, VPF und CC mit irgendwelchen gültigen Rahmen-Steuer-Informationen aktualisiert (Schritt **458**), setzt sowohl den NACK-Zählwert als auch BPC auf Null (Schritt **460**) und kehrt zu Schritt **436** zurück. Wenn eine Antwort erwartet wird und keine Antwort empfangen wird (d.h. beim Schritt **454** wird kein FAIL empfangen), ermittelt das Verfahren, ob andere Rahmen-Steuer-Informationen empfangen worden sind (Schritt **462**) und, wenn dies der Fall ist, setzt es VCS auf EIFS und VPF auf Null (Schritt **464**). Andernfalls inkrementiert das Verfahren NRC (Schritt **466**) und ermittelt, ob NRC größer ist als ein NRC-Grenzwert (Schritt **467**). Wenn festgestellt wird, dass NRC größer ist als der NRC-Grenzwert, verwendet das Verfahren den ROBO-Modus (Schritt **468**) und kehrt wiederum zum Schritt **436** zurück. Wenn beim Schritt **467** festgestellt wird, dass NRC nicht größer als der NRC-Grenzwert ist, kehrt das Verfahren zum Schritt **436** ohne die Vornahme einer Einstellung bezüglich des Modulationsmodus zurück.

[0162] Gemäß [Fig. 25](#) beginnt das Kanal-Zugangs-Konkurrenzbetrieb-Verfahren **419** damit, dass es ermittelt, ob BPC, DC oder BC gleich Null ist (Schritt **470**). Wenn ja, ermittelt das Verfahren, ob das zu übertragende Segment eine Fortsetzung einer vorausgehenden Übertragung ist (Schritt **471**). Wenn es das nicht ist, führt das Verfahren folgendes durch: Es etabliert das Konkurrenzbetrieb-Fenster (Contention Window, CW) und den Verzögerungs-Zählwert (Deferral Count, DC) als Funktion des BPC, d.h. es ist $CW = f_1(BPC)$, wobei $f_1(BPC) = 7, 15, 31, 63$ für $BPC = 0, 1, 2$ bzw. > 2 ist, sowie $DC = f_2(BPC)$, wobei $f_2(BPC) = 0, 1, 3, 15$ für $BPC = 0, 1, 2$ bzw. > 2 ist; das Verfahren inkrementiert BPC; und es setzt $BC = Rnd(CW)$, wobei $Rnd(CW)$ eine gleichförmig verteilte zufällige ganze Zahl aus dem Intervall $(0, CW)$ ist (Schritt **472**). Wenn es sich um eine Fortsetzung handelt (bei Schritt **471**), dann setzt das Verfahren $CW = 7$, $DC = 0$, $BPC = 0$ und $BC = 0$. Wenn beim Schritt **470** BPC, DC oder BC nicht Null sind, dann dekrementiert das Verfahren DC (Schritt **474**) und dekrementiert BC (Schritt **476**). Nach den Schritten **472**, **473** oder **476** ermittelt das Verfahren **419**, ob BC gleich Null ist (Schritt **478**). Wenn BC gleich Null ist, dann geht das Verfahren weiter zum Schritt **406** und initiiert eine Paket-Übertragung und eine Inkrementierung von TC ([Fig. 23](#)). Wenn BC nicht gleich Null ist, wartet das Verfahren auf einen CRS-Slot (Schritt **480**) und ermittelt, ob CS gleich Null ist (Schritt **482**). Wenn CS gleich Null ist (d.h. kein Träger detektiert wird), kehrt das Verfahren zum Schritt **476** zurück (und dekrementiert BC). Wenn im Schritt **482** CS nicht gleich Null ist, dann ermittelt das Verfahren **419**, ob das Synchronisations-Signal bei der laufenden Übertragung gültig ist (Schritt **484**). Wenn das Signal ungültig ist, kehrt das Verfahren **419** zum Schritt **480** zurück, um die Dauer eines weiteren CRS-Slots abzuwarten. Wenn das Synchronisations-Signal gültig ist, geht das Verfahren **419** zum Schritt **421** weiter ([Fig. 23](#)), um die Gültigkeit des Rahmen-Steuerfeldes im Begrenzungszeichen der laufenden Übertragung zu ermitteln, und so wird kein weiterer Konkurrenzbetrieb zugelassen.

[0163] In [Fig. 26](#) ist eine Architekturdarstellung des MAC-Empfangs-Handlers **312** (RX) wiedergegeben. Der RX-Handler **312** umfasst vier Funktionen: Ein PHY-Rahmen-Empfangsverfahren **490**, einen Reassembler **494**, ein Entschlüsselungsverfahren **496** und ein Empfangs-MAC-Rahmen-Verarbeitungs-Verfahren (Receive MAC Frame Processing Process) **498**. Der RX-Handler **312** speichert die folgenden Parameter: Stationsadresse **338**, Tonmaske **340**, einen oder mehrere Verschlüsselungs-Schlüssel **344**, Kanal-Eigenschaften **506**, RX-Kanal-Karten **512** und die TX-Kanal-Karten **346**.

[0164] Das PHY-Rahmen-Empfangs-Verfahren **490** empfängt RX (gewünschtenfalls) verschlüsselte Segmente (RES). D.h., es analysiert die Rahmen-Steuer-Felder aller hereinkommenden Segmente und empfängt auch den Hauptteil eines jeden hereinkommenden Segmentes. Es speichert die Kanal-Eigenschaften und stellt das RES dem Reassembly-Verfahren **494** zur Verfügung.

[0165] Gemäß [Fig. 27](#) läuft das Rahmen-Empfangs-Verfahren **490** folgendermaßen: Das Verfahren **490** beginnt (Schritt **520**) mit der Suche nach einem Synchronisationssignal und der Überwachung von VCS (Schritt **522**). Das Verfahren **490** ermittelt, ob VCS gleich Null ist und ob VPF gleich 1 ist (Schritt **524**). Wenn VCS gleich Null ist und VPF gleich 1 ist, dann sucht das Verfahren nach Trägern im CIFS (Schritt **526**) und ermittelt, ob ein Träger gemessen wird (Schritt **528**). Wenn kein Träger erkannt wird (Schritt **528**), wartet das Verfahren auf das Ende des CIFS (Schritt **530**) und lauscht in dem PRS, wobei es jede Priorität zur Kenntnis nimmt, die in diesem Intervall gehört wird (Schritt **532**). Dann setzt das Verfahren VCS gleich EIFS und VPF gleich Null (Schritt **534**) und kehrt zum Schritt **522** zurück. Wenn ein Träger beim Schritt **528** gemessen bzw. erfasst wird, dann geht das Verfahren direkt zum Schritt **534** weiter.

[0166] Wenn VCS nicht gleich Null und VPF nicht gleich Eins ist (beim Schritt **524**), dann ermittelt das Verfahren, ob ein Synchronisations-Signal detektiert worden ist (Schritt **536**). Wenn das Verfahren feststellt, dass

ein Synchronisations-Signal nicht detektiert worden ist, kehrt das Verfahren zum Schritt **522** zurück. Wenn das Verfahren ermittelt, dass ein Synchronisations-Signal detektiert worden ist (Schritt **536**), empfängt und analysiert das Verfahren das Rahmen-Steuerfeld in dem Begrenzungszeichen des hereinkommenden Segments (Schritt **538**). Das Verfahren ermittelt, ob die Rahmen-Steuerung gültig ist (basierend auf dem FCCS-Feld) (Schritt **540**). Wenn die Rahmen-Steuerung ungültig ist, geht das Verfahren zum Schritt **534** weiter. Wenn die Rahmen-Steuerung gültig ist, ermittelt das Verfahren, ob die Rahmen-Steuerung einen Start des Rahmens anzeigt (Schritt **542**). Liegt kein Start des Rahmens vor, aktualisiert das Verfahren VCS und VPF und nimmt auch die Priorität zur Kenntnis, die durch die Rahmen-Steuerung angezeigt wird (Schritt **544**), und kehrt zum Schritt **522** zurück. Wenn die Rahmen-Steuerung einen Start des Rahmens anzeigt, d.h., wenn sich die Rahmen-Steuerung in dem Start-Begrenzungszeichen befindet (und somit einen Index für die RX-Kanal-Karten, eine Länge, eine Anzeige, ob eine Antwort erwartet wird oder nicht, und ein Konkurrenzbetrieb-Steuer-Flag enthält), empfängt das Verfahren den Segment-Hauptteil und das End-Begrenzungszeichen (wenn ein End-Begrenzungszeichen im Rahmen enthalten war) (Schritt **546**). Das Verfahren stellt fest, ob die DA gültig ist (Schritt **548**). Wenn die DA gültig ist, ermittelt das Verfahren, ob ein RX-Puffer zur Verfügung steht (Schritt **550**). Wenn Puffer-Raum zur Verfügung steht, ermittelt das Verfahren, ob das Segment irrtümlich empfangen wird, indem es das FEC-Fehler-Flag überprüft und ermittelt, ob ein berechnetes CRC nicht gleich den FCS ist (Schritt **552**), und bei Gültigkeit und bei Anforderung einer Antwort bereitet das Verfahren die Übertragung einer ACK-Antwort vor und führt diese aus (unter Verwendung von PD_DATA.Rsp mit Status = ACK), und es speichert auch RES und die Kanal-Eigenschaften (Schritt **554**). Das Verfahren stellt fest, ob zusätzliche Segmente als Teil eines segmentierten Rahmens empfangen werden müssen (Schritt **556**). Wenn keine weiteren Segmente empfangen werden müssen, zeigt das Verfahren einen erfolgreichen Rahmen-Empfang an (den anderen RX-Verfahren **494**, **496** und **498**, wie in [Fig. 26](#) gezeigt) (Schritt **558**) und geht weiter zu einer Trägermessung in CIFS bei Schritt **526**, nachdem es im Schritt **560** darauf gewartet hat, dass der Wert von VCS gleich 0 ist.

[0167] Wie man der [Fig. 27](#) weiterhin entnimmt, bereitet im Schritt **552** das Verfahren dann, wenn das Segment ungültig ist und eine Antwort erwartet wird, die Übertragung einer NACK-Antwort vor und veranlasst diese Übertragung (d.h. PD_Data.Rsp mit Status – NACK) (Schritt **562**). Das Verfahren verwirft den Rahmen (Schritt **564**) und kehrt zum Schritt **560** zurück. Wenn beim Schritt **550** kein Puffer-Raum zur Verfügung steht und eine Antwort erwartet wird, bereitet das Verfahren die Übertragung einer FAIL-Antwort vor und veranlasst diese (PC_DATA.Rsp mit Status = FAIL) (Schritt **566**) und kehrt zu dem Schritt des Verwerfens des Rahmens beim Schritt **564** zurück. Wenn beim Schritt **548** die DA ungültig ist, ermittelt das Verfahren, ob das Segment für einen Mehrfach-Ruf adressiert ist (Schritt **568**). Wenn das Segment für einen Mehrfach-Ruf adressiert ist, ermittelt das Verfahren, ob Pufferraum zur Verfügung steht (Schritt **570**). Wenn Pufferraum zur Verfügung steht, ermittelt das Verfahren, ob das Segment gültig ist (Schritt **572**). Wenn das Segment gültig ist, geht das Verfahren zum Schritt **556** weiter, um zu überprüfen, ob zusätzliche Segmente hereinkommen. Wenn beim Schritt **568** festgestellt wurde, dass das Segment für einen Einmal-Ruf adressiert war, oder wenn das Verfahren beim Schritt **570** ermittelt, dass das Segment für einen Mehrfach-Ruf adressiert war, dass aber kein ausreichender Pufferraum zur Verfügung steht, geht das Verfahren zum Schritt **564** weiter (Verwerfen des Rahmens).

[0168] Gemäß [Fig. 26](#) akkumuliert das Reassembly-Verfahren **494** Segmente, die durch das PHY-Rahmen-Empfangsverfahren **490** empfangen wurden, bis ein vollständiger Rahmen zusammengesetzt ist. Jedes Segment enthält das Segment-Steuerfeld **106** (aus [Fig. 7](#)), das die Segmentlänge (SL) **168**, den Segment-Zählwert (SC) **172** und das das letzte Segment kennzeichnende Flag **170** liefert. Die SL **168** spezifiziert die Anzahl von MSDU-Bytes im Segment, da das Segment aufgefüllt ist, um eine Anpassung an die Symbolblock-Größen zu erzielen, und wird verwendet, um die MSDU-Bytes am Empfänger zu ermitteln und zu extrahieren. Der SC **172** enthält eine sequenziell zunehmende ganze Zahl, die für das erste Segment mit Null beginnt. Das das letzte Segment kennzeichnende Flag wird für das letzte oder einzige Segment auf 0b1 gesetzt. Das Reassembly-Verfahren **494** verwendet diese und andere Informationen in jedem Segment, um das MSDU wieder zusammenzusetzen. Der Empfänger setzt das MSDU dadurch zusammen, dass er die Segmente in der Segment-Zähl-Reihenfolge (Segment Count Order) kombiniert, bis ein Segment empfangen wird, bei dem das das letzte Segment kennzeichnende Flag auf Eins gesetzt ist. Alle Segmente werden vor der Entschlüsselung wieder zusammengesetzt, um das MSDU zu extrahieren.

[0169] Das Verfahren **494** beginnt mit dem Empfang des RES und ermittelt, ob das SC = 0 ist. Wenn SC = 0 ist und das das letzte Segment kennzeichnende Flag gesetzt ist, ist das RES das einzige Segment in dem MSDU, und das Verfahren stellt das RES als einen empfangenen, verschlüsselten Rahmen (REF) dem Entschlüsselungsverfahren **496** zur Verfügung. Wenn das SC nicht gleich Null ist, verwendet das Verfahren die Segment-Steuer-Informationen, um alle Segmente der Reihe nach zu akkumulieren, bis es sieht, dass das das letzte Segment kennzeichnende Flag gesetzt ist, und setzt die MSDU (oder REF) aus den akkumulierten Seg-

menten zusammen. Dann leitet es die REF an das Entschlüsselungsverfahren **496** weiter.

[0170] Das Entschlüsselungsverfahren **496** erzeugt aus den REF Klartext. Das Entschlüsselungsverfahren **496** empfängt vom Reassembler **494** den verschlüsselten, wieder zusammengesetzten Rahmen und findet das NEK auf, das durch das EKS im EKS-Feld **192** des Verschlüsselungs-Steuerteldes **112** (aus [Fig. 8](#)) identifiziert ist. Wenn das IV in dem REF gleich Null ist, dann wird festgestellt, dass das REF nicht verschlüsselt ist (d.h., dass es sich um einen empfangenen Klartext-Rahmen oder RCF handelt) und das RCF wird zum RX-MAC-Rahmen-Verarbeitungs-Verfahren **498** weitergeleitet. Wenn IV nicht gleich Null ist, entschlüsselt das Verfahren **496** den Rahmen unter Verwendung des DES-Algorithmus mit dem IV und dem NEK. Das Verfahren **496** ermittelt, ob irgendwelche Fehler in dem REF vorhanden sind, und führt diese Aufgabe unabhängig davon durch, ob das REF tatsächlich verschlüsselt ist oder nicht. Wenn durch das Entschlüsselungsverfahren für das REF keine Fehler entdeckt werden (d.h. das ICV in dem REF ist gleich dem durch das Entschlüsselungsverfahren berechneten Wert), dann definiert das Verfahren **496** das REF neu als RCF und liefert das RCF an das RX-MAC-Rahmen-Verarbeitungs-Verfahren **498** weiter.

[0171] Das RX-MAC-Rahmen-Verarbeitungs-Verfahren **498** analysiert und verarbeitet den Klartext-Rahmen-Hauptteil. Es ermittelt den Typ des Rahmen-Hauptteils aus dem Typ-Wert, der in dem ersten auftretenden Typ-Feld spezifiziert ist. Wenn der Rahmen kein MAC-Management-Informations-Feld **182** enthält, dann ist der Typ derjenige, der im Typ-Feld **184** spezifiziert ist, was anzeigt, dass die folgenden Rahmen-Daten MSDU-Daten im Rahmen-Datenfeld **186** ([Fig. 8](#)) sind, und das Typ-Feld **184** und die Rahmen-Daten **186** zusammen mit dem DA-Feld **108** und dem SA-Feld **110** ([Fig. 3](#)) werden der LLC-Schicht für eine weitere Verarbeitung zur Verfügung gestellt. Andernfalls wird, wie in [Fig. 9](#) gezeigt, der Typ im Typ-Feld **200** des MAC-Management-Informations-Feldes **182** spezifiziert. Wenn die Anzahl von Einträgen, die im MCTRL-Feld **206** angegeben ist, größer als Null ist, verarbeitet das Verfahren **498** jeden Eintrag **204** im MAC-Management-Informations-Feld **182** entsprechend seinem betreffenden Eintragstyp (wie im MTYPE-Feld **218** im MEHDR-Feld **206** angegeben). Beispielsweise ermittelt das Verfahren dann, wenn das MTYPE-Feld **218** den Eintrag als Mehrfach-Ruf-mit-Antwort-Eintrag **210N** ([Fig. 17](#)) identifiziert, ob die Stationsadresse **338** zu irgendwelchen Mehrfach-Ruf-Zieladressen **272** passt, die im Eintrag **210N** spezifiziert sind. Gemäß [Fig. 12B](#) ordnet das Verfahren **498** dann, wenn der Eintrag die Kanal-Bewertungs-Antwort (Channel Estimation Response) **210B** ist, das RX-CMI **230** dem SA (spezifiziert im Rahmenkopf) als die DA zu, und speichert die Kanal-Karten-Informationen aus dem Eintrag (und indiziert durch das RXCMI **230**) in den TX-Kanal-Karten **346** ([Fig. 26](#)) für eine Verwendung bei Übertragungen an den Absender des Rahmens. Wenn der Eintrag gleich dem Anforderungs-Kanal-Bewertungs-Eintrag (Request Channel Estimation Entry) **210A** ([Fig. 12A](#)) ist, veranlasst das Verfahren, dass eine Kanal-Bewertungs-Antwort erstellt (über das Kanal-Bewertungs-Verfahren, wie oben erläutert) und zurück zum Absender des Rahmens übertragen wird. Wenn, wie in [Fig. 16](#) gezeigt, das Verfahren **498** ermittelt, dass der Eintragstyp der Set-Netzwerk-Verschlüsselungs-Schlüssel-Eintrag **210G** (Set Network Encryption Key Entry) ([Fig. 16](#)) ist, dann speichert das Verfahren **498** das EKS **266** in Zuordnung mit dem NEK **268** im Verschlüsselungs-Schlüssel-Speicher **344** für eine Verwendung beim Verschlüsseln/Entschlüsseln der Rahmen-Daten für ein logisches Netzwerk, dem der Schlüssel zugeordnet ist. Somit führt das RX-Handler-Verfahren **498** alle für den Typ des Daten-Eintrags **204** angemessenen Aktionen durch.

[0172] Bei einer anderen Darstellung des Sende/Empfangs-Verfahrens ist [Fig. 28](#) ein Zustandsdiagramm, das die Sende- und Empfangsverfahren (Verfahren **336** bzw. **490**) der MAC-Zustandsmaschine **310** als einzige Sende/Empfangs-Zustandsmaschine **575** darstellt. Gemäß [Fig. 28](#) beginnt Zustandsmaschine **575** in einem Leerlauf-Zustand, der nach einem Synchronisations-Signal sucht (Zustand „A“). Wenn ein Synchronisations-Signal detektiert wird, geht die Maschine zum Empfang von Rahmen-Steuer-Informationen über (Zustand „B“). Wenn die empfangene Rahmen-Steuerung ein SOF anzeigt, empfängt die Maschine den Segment-Hauptteil und das EOF, das dem SOF folgt (Zustand „C“). Wenn sie eine gültige DA empfängt und eine Antwort erwartet wird, sendet die Maschine eine Antwort aus (Zustand „D“). In dem Fall, dass eine Antwort übertragen wird (während des Zustandes „D“), oder wenn die Rahmen-Steuerung, die im Zustand „B“ empfangen wird, eine Antwort oder ein EOF ist, bei dem keine Antwort erwartet wird, oder wenn, im Zustand „C“ keine Antwort erwartet wird, geht die Maschine zu einem Zustand des Messens des Trägers in CSS über (Zustand „E“). Wenn kein Träger gemessen bzw. erfasst wird, tritt die Maschine in einen Zustand des Erfassens der PRS-Signalisierung ein (Zustand „F“). Bei der Erkennung des Endes der PRS-Slots setzt die Maschine VCS = EIFS und VPF = 0 und geht zu einem Zustand über, in dem ein Synchronisations-Signal im Konkurrenzbetrieb-Fenster gesucht wird (Zustand „G“). Wenn VCS abläuft und VPF = 0 ist, kehrt die Maschine zum Zustand „A“ zurück. Wenn während des Zustandes „A“ oder des Zustandes „G“ ein Rahmen anhängig ist (und der Back-off-Zählwert während des Zustandes „G“ einen Null-Wert aufweist), sendet die Maschine das anhängige Segment (Zustand „H“). Wenn während des Zustandes „G“ ein Synchronisations-Signal detektiert wird, empfängt die Maschine wieder Rahmen-Steuer-Informationen (Zustand „B“). Wenn die Maschine dann, wenn sie sich im

Zustand „B“ des Empfangs von Rahmen-Steuer-Informationen befindet, ermittelt, dass die Rahmen-Steuerung nicht gültig ist, setzt die Maschine VCS = EIFS und VPF = 0 und geht zu einem Zustand über, in dem sie wartet (darauf, dass VCS = 0 ist) und nach einem Synchronisations-Signal sucht (Zustand „I“). Wenn die Maschine dann, während sie sich im Zustand „B“ des Empfangs von Rahmen-Steuer-Informationen befindet, ermittelt, dass ein EOF empfangen wurde und dass eine Antwort erwartet wird, oder, wenn sie im Zustand „C“ ermittelt, dass die DA nicht gültig ist und dass eine Antwort erwartet wird, aktualisiert die Maschine VCS und setzt VPF = 1 und geht zum Zustand „I“ über. Wenn während des Zustandes „I“ VCS abläuft, während VPF = 0 ist, kehrt die Maschine zum Leerlauf-Zustand (Zustand „A“) zurück. Ansonsten tritt die Maschine dann, wenn VCS = 0 und VPF = 1 ist, in den Zustand „E“ ein. Wenn während des Zustandes „E“ ein Träger erfasst wird, setzt die Maschine VCS = EIFS und VPF = 0 und geht zum Zustand „I“ über. Wenn im Zustand „N“ ein Segment gesendet wird, ohne dass eine Antwort erwartet wird, tritt die Maschine in den Zustand „E“ ein. Wenn während des Zustand „H“ ein Segment gesendet und eine Antwort erwartet wird, aktualisiert die Maschine VCS und setzt VPF = 1 und geht dann zum Zustand „I“ über.

[0173] Wie oben erwähnt, wird eine Reihe von MAC-Funktionen durch die Verwendung des MAC-Management-Informationsfeldes **182** ([Fig. 9](#)) in Verbindung mit anderen Rahmen-Feldern verfügbar gemacht. Diese Merkmale umfassen, ohne hierauf beschränkt zu sein:

Verschlüsselungsbasierte logische Netzwerke, partielles ARQ für Mehrfach-Ruf- und Rund-Ruf-Übertragungen, Brückenbetrieb (mit einem Brücken-Proxy) und Medien-Zugangs-Steuerverfahren wie Token-Weiterleitung und Abfrage.

[0174] Gemäß [Fig. 1](#) können die Stationen **12** im Netzwerk **10** zum Datenschutz logisch voneinander getrennt sein. Beispielsweise sind gemäß [Fig. 29](#) die Stationen **12a** und **12b**, die sich in einem ersten Bereich befinden und mit den Stationen **12c** und **12d** in einem zweiten Bereich über ein gemeinsames Übertragungsmedium **14** in Nachrichtenverbindung treten können, logisch in zwei Netzwerke unterteilt, d.h., die Stationen **12a** und **12b** gehören zu einem ersten logischen Netzwerk **580**, und die Stationen **12c** und **12d** gehören zu einem zweiten logischen Netzwerk **582**. Diese logische Trennung von Stationen in einem physikalischen Netzwerk in logische Netzwerke tritt in der MAC-Einheit **18** auf und ermöglicht es Gruppen von Stationen im physikalischen Netzwerk so zu arbeiten, als ob ein einmaliges, getrenntes Netzwerk für jede Gruppe vorhanden wäre. Die Geheimhaltung wird durch eine Verschlüsselung mit dem 56 Bits umfassenden Daten-Verschlüsselungs-Standard (Data Encryption Standard, DES) und durch ein authentiziertes Schlüssel-Management geschaffen.

[0175] Alle Stationen in einem gegebenen logischen Netzwerk teilen sich einen Netzwerk-Schlüssel als gemeinsamen Schlüssel. Dieser Netzwerk-Schlüssel ist der Schlüssel, der dem logischen Netzwerk zugeordnet ist. Zusätzlich zum Netzwerk-Schlüssel hat jede Station einen einmaligen Standard-Schlüssel, der typischerweise durch einen Hersteller vorprogrammiert ist. Ein Verwender einer Station erzeugt den Standard-Schlüssel aus einem Passwort (das ebenfalls vom Hersteller geliefert wird). Der Standard-Schlüssel wird verwendet, um eine sichere Nachrichten-Übermittlung zwischen der Station und einer oder mehreren anderen Stationen zu ermöglichen, die Mitglieder des logischen Netzwerkes sind, damit die Station in sicherer Weise Netzwerk-Schlüssel für diese logischen Netzwerke empfangen kann. Ein beispielhafter Mechanismus zur Erzeugung des Standard-Schlüssels aus dem Passwort ist die PBKDF1-Funktion, wie sie im PKCS#5v2.0-Standard beschrieben ist, den auf Passworten basierenden Verschlüsselungs-Standard, der MD4 als den zugrunde liegenden Hash-Algorithmus verwendet. Somit tritt jede Station in ein logisches Netzwerk das erste Mal durch die Verwendung ihres aus dem Passwort abgeleiteten Standard-Schlüssels ein.

[0176] Gemäß den [Fig. 30](#) und [Fig. 31](#) ist ein Verfahren zum Hinzufügen einer neuen Station, beispielsweise der Station **12e**, zu einem logischen Netzwerk, d.h. dem ersten logischen Netzwerk **580**, die folgende: Eine Station, die bereits ein Mitglied des logischen Netzwerkes oder eine „Master“-Station ist (z.B. Station **12b** in [Fig. 29](#)) empfängt den Standard-Schlüssel der neuen Station (Schritt **590**). Typischerweise wird der Standard-Schlüssel der neuen Station von Hand in die Master-Station eingegeben. Die Master-Station bildet einen Rahmen, der einen Set-Netzwerk-Verschlüsselungs-Schlüssel-MAC-Management-Eintrag (Set Network Encryption Key MAC Management Entry) umfasst (Eintrag **210G** aus [Fig. 16](#)) (Schritt **592**), wobei der Eintrag einen 56 Bits umfassenden DES-Netzwerk-Verschlüsselungs-Schlüssel (DES Network Encryption Key, NEK) (im NEK-Feld **268**) und eine zugehörige 8 Bits umfassende Verschlüsselungs-Schlüssel-Auswahl (Encryption Key Select, EKS) (im EKS-Feld **266**) für das logische Netzwerk identifiziert. Die Master-Station verschlüsselt den Rahmen unter Verwendung des empfangenen Standard-Schlüssels (Schritt **594**) und sendet den verschlüsselten Rahmen an die neue Station für eine Entschlüsselung durch die neue Station unter Verwendung des Standardschlüssels (Schritt **596**) und der Wiedergewinnung des Netzwerk-Schlüssels und des zugehörigen Selects aus dem entschlüsselten Rahmen.

[0177] Die Master-Station kann die Kanal-Bewertungs-Funktion und die Kanal-Bewertungs-MAC-Management-Einträge ([Fig. 12A](#) und [Fig. 12B](#)) verwenden, die oben beschrieben wurden, um das Weiterleiten des Netzwerk-Verschlüsselungs-Schlüssels an die neue Station sicherer zu gestalten. Die Master-Station kann der neuen Station eine Kanal-Bewertungs-Anfrage senden, wodurch die neue Station veranlasst wird, ein Kanal-Bewertungs-Verfahren durchzuführen und eine Kanal-Bewertungs-Antwort mit einer neuen Kanal-Karte zurückzusenden, die sich aus dem Kanal-Bewertungsverfahren ergibt. Beim Empfang dieser Antwort verwendet die Master-Station die in der Antwort spezifizierte Kanal-Karte, um den verschlüsselten Rahmen (der das NEK enthält), an die neue Station zu senden.

[0178] Gemäß [Fig. 31](#) speichert jede der Stationen im logischen Netzwerk **580**, d.h. jede der Stationen **12a**, **12b** und **12e** in den entsprechenden Verschlüsselungs-Schlüssel-Speichern **344** einen einmaligen Standard-Schlüssel **600a**, **600b**, **600c** (die nur bei wiederholten Schlüssel-Operationen verwendet werden sollen), sowie einen identischen Netzwerk-Verschlüsselungs-Schlüssel (NEK) **602** und ein zugehöriges Verschlüsselungs-Schlüssel-Select (Encryption Key Select, EKS) **604**, das für alle anderen Transaktionen innerhalb des logischen Netzwerkes **580** verwendet werden soll.

[0179] Der Wert des Verschlüsselungs-Schlüssel-Selects **604** wird in dem EKS-Feld **192** der Rahmen in allen Übertragungen zwischen Mitgliedern des logischen Netzwerkes plaziert, auf das der Netzwerk-Verschlüsselungs-Schlüssel **602** anwendbar ist (wie in der Fig. durch die Pfeile **1**, **2** und **3** angezeigt), und der Netzwerk-Verschlüsselungs-Schlüssel **602** wird verwendet, um alle Rahmen für diese Mitglieder zu verschlüsseln bzw. zu entschlüsseln.

[0180] Somit ist das logische Netzwerk zur Sicherstellung der Geheimhaltung mit einer durchgehenden Verschlüsselung ausgestattet. Jedes logische Netzwerk hat seine eigenen Standard- und Netzwerk-Schlüssel, die für eine Trennung der Informationen eines logischen Netzwerkes von den anderen sorgen. Da dieser Mechanismus die in jeder Station vorhandene Verschlüsselungs-Fähigkeit verwendet, hat jede Station die Möglichkeit, an jeder Anzahl von logischen Netzwerken teilzunehmen, wobei diese Anzahl nur durch die erforderliche Speicherung der Standard- und Netzwerk-Schlüssel eines jeden logischen Netzwerkes und einer Kartierung der Mitglieder eines jeden logischen Netzwerk-Satzes von Mitgliedsstationen begrenzt wird. Beispielsweise könnte die Station **12a** auch eine Mitgliedsstation des zweiten logischen Netzwerkes **582** oder die Station **12d** ein Mitglied eines dritten logischen Netzwerkes (nicht dargestellt) sein, sowie auch ein Mitglied des zweiten logischen Netzwerkes **582**. Folglich kann eine Station tatsächlich mehr als ein Verschlüsselungs-Schlüssel-Select und Netzwerk-Verschlüsselungs-Schlüssel-Paar speichern, d.h. ein solches Paar für jedes logische Netzwerk, zu dem es gehört.

[0181] Das partielle ARQ-Schema erlaubt es einem Mitglied einer Mehrfachruf-Gruppe eine Übertragung (die an die Mehrfachruf-Gruppe gerichtet ist) als Proxy für den Rest der Gruppe zu bestätigen. Das partielle ARQ garantiert nicht die Übermittlung an eine Mehrfachruf-Gruppe, sondern liefert eine Anzeige, dass die Nachricht von wenigstens einem Mitglied der Mehrfachruf-Gruppe empfangen worden ist. Bestätigungen auf MAC-Niveau treten unmittelbar nach dem Rahmen auf, auf den sie antworten, ohne den Kanal für Neuübertragungen frei zu geben.

[0182] Eine der Stationen, die eine aktualisierte Kanal-Karte zurücksenden (in der Kanal-Bewertungs-Antwort während eines Kanal-Bewertungsverfahrens) wird ausgewählt, um als der Mehrfachruf-Proxy zu wirken. Die Auswahl kann zufällig erfolgen, doch basiert sie vorzugsweise auf Kanal-Karten-Informationen (die in den Kanal-Karten der Antworten enthalten sind), die es der sendenden Station erlauben, den schwächsten Pfad in der Mehrfachruf-Übertragung zu identifizieren. Dadurch, dass eine Station identifiziert wird, die die geringste Wahrscheinlichkeit besitzt, die Übertragung zu empfangen, und dadurch, dass diese Station als Proxy ausgewählt wird, wird der partielle ARQ-Mechanismus noch wesentlich zuverlässiger gestaltet. Bei einem beispielhaften Auswahlmechanismus kann der Proxy dadurch ausgewählt werden, dass die Antwortstation ermittelt wird, deren Kanal-Karte die geringste Datenrate unterstützt, was für die schlechtesten Kanal-Eigenschaften kennzeichnend ist. Diese Auswahl kann auf verschiedene Weisen erfolgen, beispielsweise dadurch, dass die tatsächlichen Datenraten verglichen werden, um die niedrigste Datenrate zu ermitteln, oder alternativ dadurch, dass ermittelt wird, welche Kanal-Karte die geringste Anzahl von Bytes in einem Block anzeigt (was auch für die niedrigste Datenrate kennzeichnend ist).

[0183] Der Sender stellt einen Mehrfachruf-Rahmen dadurch her, dass er das DA-Feld auf die Adresse der ausgewählten Proxy-Station setzt. Er speichert eine Mehrfachruf-Adresse, welche die Gruppe von Mehrfachruf-Adressen darstellt, die den Mehrfachruf-Rahmen empfangen sollen, oder alternativ die einzelnen Adressen in der Mehrfachruf-Gruppe in dem Mehrfachruf-mit-Antwort-MAC-Management-Eintrag **210H**, der oben unter

Bezugnahme auf [Fig. 17](#) beschrieben wurde, und setzt außerdem das MCF **164** im SC **106** ([Fig. 7](#)). Der Sender setzt auch das DT-Feld in den Start- und End-Begrenzungszeichen des Rahmens mit einem Wert, der angibt, dass eine Antwort angefordert wird.

[0184] Die durch das DA-Feld spezifizierte Proxy-Station liefert einen geeigneten Antwort-Typ im Namen der Mehrfachruf-Gruppe immer dann, wenn sie einen Rahmen mit einem DT empfängt, das eine Antwort anfordert. Die Übertragung der Antwort beginnt nach einer RIFS-Periode unabhängig vom Belegheits-Zustand des Mediums, wie oben erläutert.

[0185] Obwohl der partielle ARQ-Mechanismus oben so beschrieben wurde, dass er einen beabsichtigten Empfänger des Mehrfachruf-Rahmens als die ausgewählte Proxy-Station verwendet, so ist er hierauf jedoch nicht beschränkt. Die Proxy-Station kann irgend eine Einrichtung sein, die mit dem gleichen Medium verbunden ist, wie die beabsichtigten Empfänger des Mehrfachruf-Rahmens, d.h. irgendeine Station oder eine Brücke, die mit dem Medium verbunden ist.

[0186] Wie zuvor erwähnt, unterstützt das MAC-Protokoll einen Überbrückungsmechanismus zur Verwendung durch ein Sub-Netzwerk (wie z.B. das Stromnetz-Leitungsnetzwerk **10** aus [Fig. 1](#)), wenn das Sub-Netzwerk mit einer Station Informationen austauschen muss, die durch eine Brücke erreichbar ist. Der Brücken-Mechanismus ermöglicht, dass jede Brücke mit dem Sub-Netzwerk verbunden ist, um als Proxy für Bestimmungsadressen zu dienen, zu denen der Zugang über die Brücke erfolgt.

[0187] Gemäß [Fig. 32](#) umfasst ein Netzwerk **620** erste und zweite Sub-Netzwerke **622**, **624**, die auf zuverlässigen Medien basieren (d.h. solchen mit sehr geringen Bit-Fehlerraten) und die somit als „zuverlässige“ Sub-Netzwerke bezeichnet werden, und einem dritten Sub-Netzwerk **626**, das auf einem verrauschten Medium basiert (einem, das eine relativ hohe Bit-Fehler-Rate besitzt) und das im folgenden als „unzuverlässiges“ Sub-Netzwerk bezeichnet wird. Beispiele von zuverlässigen Medien umfassen herkömmliche Ethernet- und Faser-Optik-Verkabelungs-Technologien. Beispiele von verrauschten Medien sind Stromnetz-Leitungen und drahtlose Medien, wie z.B. Radiofrequenz-Übertragungen. Das Netzwerk **620** umfasst weiterhin Brücken **628** (B1) und **630** (B2) zur Verbindung der Sub-Netzwerke **622**, **624** und **626**. Das erste zuverlässige Sub-Netzwerk **622** umfasst Stationen **632a** (R1) und **632b** (R2), die mit einem ersten zuverlässigen Medium **634** verbunden sind. Das zweite zuverlässige Sub-Netzwerk **624** umfasst Stationen **636a** (R3) und **636b** (R4), die mit einem zweiten zuverlässigen Medium **638** verbunden sind, bei dem es sich um ein Medium vom gleichen oder einem anderen Typ wie das Medium **634** handeln kann. Das unzuverlässige Sub-Netzwerk **626** umfasst Stationen **640a** (U1) und **640b** (U2), die mit einem verrauschten oder unzuverlässigen Medium, wie z.B. einer Stromnetzleitung **642** verbunden sind. Die Brücke **628** (B1) ist mit dem ersten zuverlässigen Medium **634** (am Port A) und dem unzuverlässigen Medium **642** (am Port B) verbunden. Die Brücke **630** (B2) ist mit dem unzuverlässigen Medium **642** (Port A) und dem zweiten zuverlässigen Medium **638** (Port B) verbunden. Jede der Brücken **628**, **630** unterstützt eine Brücken-Funktionalität, die, ohne hierauf beschränkt zu sein, eine lernende Brücken-Einheit umfasst, die als lernendes Brücken-Verfahren **644** bzw. **646** dargestellt ist. Jede der Stationen und Brücken umfasst wenigstens eine MAC-Einrichtung. Die Stationen **632a**, **632b**, die Brücke **628** und die Stationen **636a**, **636b** sowie die Brücke **630** umfassen eine geeignete Art einer herkömmlichen MAC-Einrichtung, nämlich die MAC-Einrichtungen **648a**, **648b**, **648c**, **650a**, **650b** bzw. **650c**, um das zuverlässige Medium zu unterstützen, an das sie angeschlossen sind. Um Arbeitsvorgänge auf dem unzuverlässigen Medium zu unterstützen, insbesondere eine die Quelle wahrnehmende Brücken-Proxy-Funktion (Source-aware Bridging Proxy Function, wie sie noch beschrieben wird) umfassen die Brücken **628**, **630** und die Stationen **640a**, **640b**, Quellen-Wahrnehmungs-MAC-Einrichtungen **652a**, **652b**, **652c** bzw. **652d**. Die Quellen-Wahrnehmungs-MACs **652**, d.h. diejenigen MACs, die an einem Quellen-Wahrnehmungs-Brückenbetrieb teilnehmen, müssen wissen, dass eine spezielle Bestimmungsadresse über eine Brücke erreicht wird (in diesem Fall eine der Brücken **628** oder **630**).

[0188] Jede Quellen-Wahrnehmungs-MAC hat die Fähigkeit, es der Brücke (oder der Einrichtung, die als Brücke arbeitet) zu ermöglichen, als Proxy für das Ziel zu dienen. Dadurch, dass sie als Proxy für eine Ziel- bzw. Bestimmungsadresse arbeitet, übernimmt die Brücke die Verantwortung für das Weitersenden von Paketen an die Zieladresse und nimmt an dem ARQ-Schema direkt als individuelle Adresse (wenn es erforderlich ist) teil.

[0189] Die Stationen U1, U2 (und ebenso die Brücken B1 und B2) werden auf die Notwendigkeit aufmerksam gemacht, ein Brücken-Proxy durch das gleiche Kanal-Bewertungs-Verfahren zu verwenden, das für alle Stationen erforderlich ist, um Kanal-Karten-Indices zu erlangen. Wenn in den Kanal-Bewertungs-Antwort-MAC-Management-Eintrag **210B** ([Fig. 12B](#)), der von einer der Brücken **628**, **630** empfangen wird, das Brücken-Proxy-Bit **236** gesetzt ist, versteht die empfangende Einrichtung, dass eine Brücke aktiviert ist und Informationen

an eine oder mehrere Adressen in einem anderen Sub-Netzwerk weiterleitet. Die empfangende Einrichtung ordnet der Quellen-Adresse dieser Brücke, die in dem SA-Feld identifiziert ist, dem CMI (zusammen mit den VT, RATE und MOD-Feldern) zu, wie es dies für jede andere Station im Netzwerk tun würde. Der Empfänger ordnet diese gleichen Informationen jeder Brückenbetrieb-Bestimmungs-Adresse (Bridged Destination Address (BDA) **246** in den Kanal-Bewertungs-Antwort-MAC-Management-Eintrag **210B** zu. Das BP-Flag **236** zeigt an, dass der Zugang zu dem BDA **246** über die Quellenadresse (Source Address) der Brücke erfolgt. Auf diese Weise ist jede Station in der Lage, eine erste Datenstruktur in Form einer ersten Liste, die hier als PB-DA-Liste bezeichnet wird, zu konstruieren, die eine kartenmäßige Verbindung zwischen der SA einer jeden Brücke und einem oder mehreren BDA herstellt. Jede Brücke konstruiert und pflegt eine zweite Datenstruktur oder Liste auf, die ihre eigene Liste von jeder DA ist, die als Proxy dient („Ich-bin-ein-Proxy“-Liste oder IAP-Liste).

[0190] Die nachfolgende Übertragung durch das Brücken-Proxy zu einer DA in der BPDA-Liste wird, wenn diese einmal erstellt ist, dadurch bewerkstelligt, dass ein Rahmen gesandt wird, der einen MAC-Management-Informations-Feld-Eintrag des Austausch-Brücken-Adress-Typs (Replace Bridge Address Type) besitzt. Eine MSDU, die an eine Bestimmungsadresse adressiert ist, für die ein Brücken-Proxy aktiv ist, wird mit der Rahmen-Kopf-Bestimmungs-Adresse **108** ([Fig. 3](#)) gesandt, die auf die Adresse der Brücke gesetzt ist. Die Rahmen-Kopf-Quellen-Adresse **110** ([Fig. 3](#)) ist die Adresse der sendenden Station. Der Austausch-Brücken-Adress-MAC-Management-Informations-Eintrag umfasst die ursprüngliche Bestimmungsadresse (Original Destination Address (ODA) und die ursprüngliche Quellenadresse (Original Source Address, OSA) und erlaubt es somit der Brücke, die ursprüngliche MSDU für eine Übertragung zu rekonstruieren.

[0191] Das Netzwerk **620** in einem konfigurierten Zustand ist in [Fig. 33](#) als konfiguriertes Netzwerk **620'** dargestellt. Im konfigurierten Zustand pflegen bzw. bewahren die lernenden Brücken-Verfahren **644**, **646** Port für Port gelernte Adressen-Listen **660** bzw. **662** für alle Stationen. Somit bewahrt B1 die Stationen/Port-Liste **660** auf, die für den Port A die Stationen R1 und R2 und für den Port B die Stationen U1, U2, R3 und R4 umfasst. Die Brücke B2 bewahrt die Stationen/Port-Liste **662** auf, die U1, U2, R1 und R2 für den Port A und R3 und R4 für den Port B umfasst. Die Brücken-Quellen-Erkennungs-MACs **652a** und **652b** bewahren IAP-Listen **664a** bzw. **664b** auf, die Adressen umfassen, für welche diese Brücken als Proxy dienen. Die IAP-Liste **664a** umfasst die Adressen von R1 und R2 und die IAP-Liste **664b** umfasst die Adressen von R3 und R4. Die IAP-Listen-Adressen werden an das Quellen-Wahrnehmungs-MAC durch das LLC (in einem örtlichen Management-Eintrag) weitergeleitet oder werden gelernt (mit Hilfe des lernenden Brücken-Verfahrens, das die Adressen für das Quellen-Wahrnehmungs-MAC zur Verfügung stellt, oder wenn das MAC von dem LLC einen Rahmen mit einem SA empfängt, das nicht sein eigenes ist). Eine Quellen-Wahrnehmungs-MAC-Funktion IAP (SA) addiert diese Adressen zur IAP-Liste.

[0192] Zusätzlich bewahren die Stationen **640a** und **640b** jeweils gelernte oder empfangene BPDA-Informationen in einer entsprechenden Brücken-Proxy-DA-Liste **666** (BPDA List) auf. Da zwei Brücken mit dem Sub-Netzwerk **626** verbunden sind, muss jede dieser Brücken (nämlich die Brücken **628** und **630**) auch eine Brücken-Proxy-Liste für die Bestimmungsadressen aufbewahren, die durch die andere Brücke erreicht werden. Folglich bewahren die Brücken **628** und **630** BPDA-Listen **668a** bzw. **668b** auf. Sie empfangen diese Liste über den Kanal in einem MAC-Management-Eintrag – d.h. einem Kanal-Bewertungs-Antwort-MAC-Management-Eintrag von einer Brücke – oder vom Host (örtlicher MAC-Management-Eintrag). Die Liste kann eine Liste von Adressen-Paaren sein, von denen jedes eine Bestimmungsadresse (DA) und die den DA zugeordnete DA des Brücken-Proxys (BPDA) umfasst oder alternativ eine Liste von DAs, die jedem BPDA zugeordnet sind. Die BPDA-Liste kann gelernt werden, wenn im Brückenbetrieb Rahmen von einem speziellen SA empfangen werden, wobei das SA und das OSA nicht zusammenpassen. Sie werden von einer Aufzeichnungs-BPDA (OAS; SA)-Funktion (RecordBPDA) gespeichert, die das OSA-SA-Adresspaar in der BPDA-Liste als DA bzw. BPDA speichert. Örtliche MAC-Management-Pole/Sätze-Primitive werden verwendet, um das LLC (und obere Schichten) beim Speichern und Versorgen der Station mit der BPDA-Liste zu unterstützen.

[0193] In [Fig. 34](#) ist ein Quellen-Wahrnehmungs-MAC-TX-Verfahren für die Selbstkonfiguration einer Einrichtung (wie z.B. eines U1, U2, B1 oder B2) in einem Quellen-Wahrnehmungs-Brücken-Netzwerk (Netzwerk **620**) **700** dargestellt. Das Verfahren **700** beginnt mit dem Empfang eines Rahmens durch das Quellen-Wahrnehmungs-MAC **652** in der Einrichtung von den LLC (Schritt **702**). Der Rahmen kann für eine Übertragung an eine Zieleinrichtung oder als Management-Rahmen für das MAC selbst vorgesehen sein. Das Verfahren ermittelt, ob das durch den Rahmen identifizierte SA zu dem SA des MACs passt (MyAddr) (Schritt **704**). Wenn eine Übereinstimmung der SA gegeben ist, ermittelt das Verfahren, ob die vom Rahmen identifizierte DA zu der DA des MACs passt (MyAddr) (Schritt **706**). Wenn auch eine DA-Übereinstimmung gegeben ist, wird der Rahmen zum MAC selbst weitergeleitet und soll nicht auf dem Medium übertragen werden. Das Verfahren ermittelt, ob

in dem Rahmen ein MAC-Management-Eintrag vorhanden ist (Schritt 708). Wenn der Rahmen einen MAC-Management-Eintrag umfasst, der Informationen enthält, die für eine örtliche Verwendung dienen sollen, ruft das Verfahren das Aufzeichnungs-LAP (RecordLAP) auf, um eine IAP-Liste zu speichern, wenn eine solche Liste in dem Eintrag vorhanden ist (Schritt 708). Wenn der Rahmen keinen MAC-Management-Eintrag umfasst (wie in Schritt 708 festgestellt werden kann), verwirft das Verfahren den Rahmen (Schritt 712) und kehrt zu einem Leerlaufzustand (Schritt 714) zurück.

[0194] Wenn im Schritt 706 ermittelt wird, dass die DA im Rahmen nicht gleich der örtlichen Adresse des MAC ist (wie dies im Fall eines Rahmens normal ist, der übertragen werden soll), ermittelt das Verfahren, ob bekannt ist, dass die DA im Zusammenhang mit einem Brückenbetrieb verwendet werden soll (Schritt 716), d.h. in der BPDA-Liste der Station durch eine frühere RecordBPDA-Funktion einer Brücke (durch die auf sie zugegriffen wird) zugeordnet ist (wie dies oben erwähnt wurde und noch genauer unter Bezugnahme auf [Fig. 36](#) erläutert wird). Wenn bekannt ist, dass die DA im Zusammenhang mit einem Brückenbetrieb verwendet werden soll, führt das Verfahren eine SubstituteBPDA-Funktion (Schritt 718) in der Weise durch, dass es die DA des Rahmens durch die DA der zugeordneten Brücke im DA-Feld des Rahmens ersetzt und die ursprüngliche DA und SA des Rahmens in die ODA- und OSA-Felder in dem Ersetze-Brücken-Adresse-MAC-Management-Eintrag 210E (Replace Bridge Address MAC Management Entry) einbringt (siehe auch [Fig. 15](#)). Das Verfahren leitet den Rahmen zu einem Verfahren weiter, das den Rahmen für eine Übertragung vorbereitet (Schritt 720).

[0195] Wenn im Schritt 716 nicht bekannt ist, dass die DA einer Brücke zugeordnet ist und wenn im Schritt 762 tatsächlich bekannt ist, dass keine Brückenzuordnung gegeben ist, leitet das Verfahren den Rahmen zur Übertragungs-Vorbereitung (Schritt 720) ohne Verarbeitung der Brücken-Adresse weiter. Wenn (im Schritt 722) die DA nicht bekannt ist, wird die Ersatz-BPDA-Funktion mit der DA durchgeführt, die auf die Rundruf-Adresse gesetzt ist (Schritt 724) und das Verfahren geht zum Schritt 720 weiter.

[0196] Wenn im Schritt 704 die SA des Rahmens nicht gleich der Adresse der Station ist (MyAddr), ist die das Verfahren durchführende Vorrichtung eine Brücke und die Verarbeitung geht in der folgenden Weise weiter: Das Verfahren stellt fest, ob bekannt ist, dass die DA in einem Brückenbetrieb verwendet werden soll (durch eine vorausgehende RecordBPDA-Funktion, eine Kanal-Karten-Antwort oder durch ein örtliches Management „sett“-Primitiv) (Schritt 726). Wenn bekannt ist, dass die DA in einem Brückenbetrieb verwendet werden soll, führt das Verfahren die SubstituteBPDA-Funktion durch, führt die IAP (SA)-Funktion (wie zuvor beschrieben) aus und ersetzt das SA durch MyAddr (Schritt 728), bevor es im Schritt 720 den Rahmen für eine Übertragung vorbereitet. Wenn andererseits bekannt ist, dass die DA nicht in einem Brückenbetrieb verwendet werden soll (d. h. eine Kanal-Karte existiert für die DA oder eine andere Anzeige) (Schritt 730), dann führt das Verfahren die SubstituteBPDA-Funktion ohne eine Änderung der DA sowie die IAP (SA)-Funktion durch und ersetzt die SA durch MyAddr (Schritt 732), bevor der Rahmen im Schritt 720 für die Übertragung vorbereitet wird.

[0197] Wenn die DA (aus dem Ermittlungsschritt 730) nicht bekannt ist, führt das Verfahren die SubstituteBPDA-Funktion mit einer auf die Rundruf-Adresse gesetzten DA und ebenso die IAP (SA)-Funktion durch und ersetzt ebenfalls SA durch MyAddr (Schritt 734), bevor es den Rahmen in Schritt 720 für eine Übertragung vorbereitet.

[0198] In [Fig. 35](#) ist das den Rahmen für eine Übertragung vorbereitende Verfahren 720 dargestellt. Vorzugsweise wird dieses Verfahren nach der Selbstkonfiguration für den Quellen-Wahrnehmungs-Brückenbetrieb der [Fig. 34](#) durchgeführt. Dadurch, dass die Verarbeitung in dieser Art angeordnet wird, wird eine verbesserte Zuverlässigkeit für Rundruf- und Mehrfachruf-Pakete durch die Verwendung der partiellen ARQ aufrechterhalten. Zunächst ermittelt das Verfahren 720, ob die DA eine Mehrfachruf-Adresse ist (Schritt 740). Wenn die DA keine Mehrfachruf-Adresse ist, ermittelt das Verfahren, ob für die DA eine Kanal-Karte existiert (Schritt 742). Wenn eine Kanal-Karte für die DA existiert, bestimmt das Verfahren, dass der Rahmen gemäß dem Kanal-Zugangsverfahren verschlüsselt und übertragen werden soll (Schritt 744). Wenn das Verfahren im Schritt 742 feststellt, dass für die DA eine Kanal-Karte nicht existiert, veranlasst das Verfahren, dass ein Kanal-Bewertungs-Anforderungs-MAC-Management-Eintrag zum Rahmen hinzugefügt wird (Schritt 746), bevor die Verschlüsselung und die Übertragung in Schritt 744 erfolgen. Wenn im Schritt 740 festgestellt wird, dass die DA zu einem Mehrfachruf gehört, ermittelt das Verfahren, ob irgend welche gültigen Kanal-Karten existieren (Schritt 748). Wenn keine gültigen Kanal-Karten existieren, kann das partielle ARQ-Verfahren nicht durchgeführt werden und der Rahmen wird im Schritt 744 einfach verschlüsselt und übertragen. Wenn im Schritt 748 eine gültige Kanal-Karte existiert, wird das partielle ARQ-Verfahren durch eine SubstituteMWR-Funktion durchgeführt. Die SubstituteMWR-Funktion kopiert die DA in den Mehrfachruf-mit-Antwort-Management-Eintrag, ersetzt die DA durch die DA, für die eine gültige Kanal-Karte existiert und setzt das Mehrfachruf-Flag (Schritt 750).

[0199] In [Fig. 36](#) ist ein Quellen-Wahrnehmungs-MAC-RX-Verfahren für eine Selbstkonfiguration und für einen Quellen-Wahrnehmungs-Brückenbetrieb beim Empfang (d.h. wenn Rahmen durch die MAC-Einheit vom Medium empfangen werden) **760** dargestellt. Die Verarbeitung erfolgt in der umgekehrten Reihenfolge wie beim Sende-Verfahren, das oben unter Bezugnahme auf die [Fig. 34](#) bis [Fig. 35](#) beschrieben wurde. D.h. auf eine partielle ARQ-Verarbeitung folgt eine Brücken-Proxy-Daten-Verarbeitung. Das Verfahren **760** empfängt einen Rahmen vom Medium **762**. Das Verfahren ermittelt, ob das Mehrfachruf-Flag auf 1 gesetzt ist, oder ob die DA eine Mehrfachruf-Adresse ist, d.h. ob Adresse MSB = 1 gilt (Schritt **764**). Wenn das Verfahren ermittelt, dass weder das MCF gesetzt ist noch dass es sich um eine Mehrfachruf-DA handelt, ermittelt das Verfahren, ob die DA gleich MyAddr ist (Schritt **766**). Wenn im Schritt **766** die DA nicht gleich MyAddr ist, wird der Rahmen verworfen (Schritt **768**) und das Verfahren kehrt zu einem Leerlaufzustand (Schritt **770**) zurück. Andernfalls, d.h. wenn entweder das MCF gesetzt ist oder es sich bei der Adresse um eine Mehrfachruf-Adresse handelt, oder wenn die DA gleich groß MyAddr ist, veranlasst das Verfahren, dass der Rahmen (gegebenenfalls) wieder zusammengesetzt und entschlüsselt wird, um jegliche MAC-Management-Einträge zu extrahieren, die vorhanden sein könnten (Schritt **772**). Wenn ein Kanal-Bewertungs-Anforderungs-MAC-Management-Eintrag im Rahmen vorhanden ist, verarbeitet das Verfahren **760** die Anforderung durch Vorbereitung einer Kanal-Bewertungs-Antwort, die die BPDA-Liste umfasst, welche von der IAP-Liste der Brücke genommen wird, wenn eine solche Liste existiert (Schritt **774**). Das Verfahren ermittelt, ob in dem Rahmen ein MWR-Management-Eintrag vorhanden ist (Schritt **776**). Wenn dies der Fall ist, wird die DA durch die DA ersetzt, die in dem Eintrag enthalten ist und der Management-Kopf wird entfernt (Schritt **778**). Wenn ein MBR-Eintrag nicht vorhanden ist, ermittelt das Verfahren, ob im Rahmen ein Ersetze-Brücken-Adresse-Eintrag (Replace Bridge Address Entry) im Rahmen vorhanden ist (Schritt **780**). Wenn das Verfahren das Vorhandensein des RBA-Eintrags im Rahmen feststellt, führt es eine RecordBPDA(OSA, SA)-Funktion durch, um dieses Adressenpaar zur BPDA-Liste der Station hinzuzufügen (wenn OSA und SA verschieden sind), und die DA und SA werden aus den ODA und OSA wieder hergestellt (Schritt **782**). Sobald das Verfahren alle Management-Einträge aus dem Rahmen entfernt und den Rahmen an das LLC für eine Lieferung an den Host weitergeleitet hat (Schritt **784**), kehrt es zum Leerlaufzustand zurück (Schritt **770**).

[0200] Wie in [Fig. 32](#) gezeigt, umfassen die Brücken B1 und B2 ein Brücken-Lern-Verfahren (learning bridge process), das an ein Quellen-Wahrnehmungs-MAC an den Port gekoppelt ist, der mit dem unzuverlässigen Netzwerk verbunden ist. Das Brücken-Lern-Verfahren ist „IAP-wahrnehmend“ und ist somit in der Lage, die Liste der sendenden Adressen zu der IAP-Funktion des unzuverlässigen MACs für eine Speicherung in der IAP-Liste hinzuzufügen.

[0201] Obwohl die Brücken B1, B2 eine lernende Brücken-Funktion mit IAP-Wahrnehmung verwenden, können auch andere Ausführungsformen in Betracht gezogen werden. Beispielsweise können die Brücken B1, B2 mit einem standardmäßigen, handelsüblichen Brücken-Chip (der typischerweise eingebaute Ethernet-MACs **648** für jeden Port aufweist) und mit einem externen Quellen wahrnehmenden MAC **532** realisiert werden, das mit wenigstens einem Port verbunden ist, so dass die Verwendung des Quellen wahrnehmenden Brückenbetriebs an diesem wenigstens einen Port gegenüber dem Brücken-Lern-Verfahren versteckt ist. Obwohl die Brücke keine IAP-Wahrnehmung besitzt und daher nicht dazu ausgerüstet ist, IAP-Listen-Informationen an das Quellen wahrnehmende MAC weiterzuleiten, unterstützt bei einer solchen Realisierung das Quellen wahrnehmende MAC andere Mechanismen, die verwendet werden können, um die IAP-Liste zu erzeugen und aufrechtzuerhalten, beispielsweise MAC-Management-Einträge oder andere Quellen wahrnehmende MAC-Lernmechanismen, wie zuvor beschrieben.

[0202] Unter Bezugnahme auf die [Fig. 32](#) bis [Fig. 33](#) sei erwähnt, dass, obwohl die Einrichtungen **628** und **630** als allein stehende Brücken (Stand Alone Bridges) dargestellt und beschrieben sind, sie auch als Stationen realisiert werden können, die Hosts umfassen oder mit solchen verbunden sind). Wenn die Brückeneinrichtung **628** als Station realisiert ist, würde sie in beiden Sub-Netzwerken **622** und **626** als Station betrachtet werden. In ähnlicher Weise würde die Brückeneinrichtung **630** dann, wenn sie als Station realisiert wäre, als Station auf beiden Sub-Netzwerken **626** und **624** betrachtet werden. Die Steuerstrukturen und -Vorgänge, die mit dem Brückenbetriebsmechanismus verbunden sind, würden in angemessener Weise modifiziert sein. Beispielsweise würde die Station/Port-Liste **660** so erweitert, dass sie für den Port B die Einrichtung **630** (B2) umfasst, und die Station/Port-Liste **662** würde in ähnlicher Weise so angepasst, dass sie für den Port A die Einrichtung **628** (B1) umfasst.

[0203] Wie zuvor angedeutet, ermöglicht es die Verwendung des Zugangs-Mechanismus ohne Konkurrenzbetrieb einer einzelnen Station den Zugang zum Medium zu steuern. Zusätzlich erlaubt es der Zugangsmechanismus ohne Konkurrenzbetrieb einer Station, als Netzwerk-Steuerung bzw. -Controller zu arbeiten. In [Fig. 37](#) ist ein Mehrknoten-Netzwerk **700** dargestellt, das in der Lage ist, periodische, Intervalle (Sitzungen)

ohne Konkurrenzbetrieb für einen Verkehr mit garantierter Qualität sowie auch einen Zugang mit Konkurrenzbetrieb zu unterstützen. Das Netzwerk **700** umfasst eine Station, die als Master **702** bezeichnet ist, und Stationen **704a**, **704b** (, die als erste bzw. zweite Slaves dargestellt sind), die mit einem gemeinsamen physikalischen Medium **706** verbunden sind. Typischerweise erfolgt die Auswahl des Masters **702** durch einen Netzwerk-Administrator (nicht dargestellt) oder ist Geräte- oder Produkt-spezifisch. Die Stationen **702**, **704a** und **704b** umfassen Hosts **708a**, **708b** bzw. **708c**, MAC-Schichten **710a**, **710b** bzw. **710c** und PHY-Schichten **712a**, **712b** bzw. **712c**. Jeder Host **708** ist mit der MAC-Schicht **710** verbunden, die auch mit der PHY-Schicht **712** verbunden ist. Vorzugsweise arbeitet die MAC-Schicht **710** in der gleichen Weise wie die MAC-Einheit **18** ([Fig. 1](#)) und umfasst deren Funktionalität. In entsprechender Weise umfasst die PHY-Schicht **712** vorzugsweise wenigstens die Funktionalität der PHY-Einheit **22** (ebenfalls in [Fig. 1](#)), und das Medium **706** ist eine Stromnetzleitung. Es könnten jedoch auch andere Arten von Medien verwendet werden. Der Host **708** soll wenigstens eine oder mehrere im Netzwerkbetrieb arbeitende Software-Komponenten darstellen, die oberhalb der MAC-Sub-Schicht **710** arbeiten.

[0204] Eine Verbindung zwischen dem Master **702** und irgendeinem oder mehreren der Slaves **704a**, **704b**, der bzw. die an einer Sitzung eines Intervalls ohne Konkurrenzbetrieb teilnehmen möchte(n), wird durch einen Austausch von Verbindungs-Steuer-Nachrichten **714** (Connection Control Messages) zwischen den Hosts des Masters und des oder der Slaves (d.h. zwischen dem Host **708a** und dem Host **708b** und **708a** und **708c**, wenn beide Slaves Mitglieder der Sitzung sein wollen) unter Verwendung des normalen, auf Konkurrenzbetrieb basierenden Zugangs vor der Sitzung ohne Konkurrenzbetrieb hergestellt und aufrecht erhalten. Stationen werden zur Sitzung unter Verwendung des gleichen Mechanismus hinzugefügt oder aus ihr entfernt, d.h. unter Verwendung der Verbindungs-Steuer-Nachrichten **714**, die außerhalb der Intervalle ohne Konkurrenzbetrieb während der Sitzung für diese Zwecke abgegeben werden. Der Host **708** teilt die Einzelheiten der Verbindung (sobald sie hergestellt ist oder nachdem sie modifiziert wurde) dadurch mit, dass er Verbindungs-Set- und Verbindungs-Use-Nachrichten (Set Connection und Use Connection Messages) **716** an die MAC **710** dieser Station sendet.

[0205] Die Verbindungs-Steuer-Nachrichten **14**, die bei Nachrichtenverbindungen zwischen Master und Slave eine Rolle spielen, umfassen die folgenden Primitive:

MASTER_SLAVE_CONNECTION.Request (Req/Confirm, Conf);
 SLAVE_MASTER_CONNECTION.Req/Conf; MASTER_SLAVE_RECONFIGURE.Req/Conf; und
 SLAVE_MASTER_RECONFIGURE.Req/Conf. Jedes dieser Primitive umfasst die folgenden Parameter: Periode, Rahmenlänge, minimale Rahmenzeit, maximale Rahmenzeit, Startzeit, Verbindungsduer, Verbindungsnummer und letzter Rahmen ohne Konkurrenzbetrieb (Contention-free Frame, CFF). Die Periode definiert die Zeit vom Start eines Konkurrenzbetrieb-Intervalls bis zum Start des nächsten Intervalls ohne Konkurrenzbetrieb. Die Rahmenlänge definiert (in Anzahl von Bytes) die mittlere Rahmenlänge, die während eines jeden Intervalls übertragen werden soll. Die minimale Rahmenzeit und die maximale Rahmenzeit definieren die minimale bzw. maximale zeitliche Dauer eines Rahmens (mit zugehöriger Antwort). Die Startzeit spezifiziert die ungefähre erste Zeit-Teilnahme im Intervall ohne Konkurrenzbetrieb (oder dessen Start). Die Verbindungsduer spezifiziert die Dauer der Verbindung (in Sekunden). Ein Wert von Null zeigt an, dass die Verbindung abgebrochen ist, während ein.MaxValue anzeigt, dass die Verbindung solange gut war, bis sie abgebrochen wurde). Die Verbindungsanzahl ist die Verbindungszahl, die einer speziellen Verbindung von Station zu Station (d.h. vom Master zum Slave) zugeordnet ist. Das Signal Letzte CFF zeigt an, dass die Slave-Station (, die diesen Parameter empfängt,) den letzten Rahmen in dem nächsten Intervall ohne Konkurrenzbetrieb senden und das CC-Feld in diesem Rahmen auf einen Nullwert setzen soll (um so das Ende dieses speziellen Intervalls ohne Konkurrenzbetrieb an alle Stationen im Netzwerk zu signalisieren). Der Master kontrolliert das Setzen der Verbindungs-Steuer-Nachrichten-Parameter während ein Slave, der eine Anforderung durchführt (.req Nachricht) die angeforderten Werte an den Master sendet. Die Bestätigungsantwort vom Slave bestätigt lediglich die vom Master zurückgesandten Werte, wenn diese Werte akzeptabel sind.

[0206] Ein exemplarischer Verbindungs-Steuer-Nachrichten-Austausch zwischen einem Master und einem Slave ist der folgende: Eine Handgeräte-Station (Slave), die einen Telefonanruf initiiert, sendet eine Nachricht an eine Basisstation (Master), die die Einleitung eines Anrufs anfordert (Verbindungs-Anforderung; Connection Request). Der Master antwortet mit einer Nachricht, die anzeigt, dass die Zeitsteuerung und andere Informationen, die für die Verbindung erforderlich sind, hergestellt und aufrechterhalten werden müssen.

[0207] Zusätzlich zu den Verbindungs-Steuer-Nachrichten-Parametern, die oben erläutert wurden, werden jegliche Anforderungen oder Antworten, die die Kanal-Karten für eine neue Verbindung betreffen, vor dem Beginn des ersten Intervalls ohne Konkurrenzbetrieb abgegeben (an dem die Verbindung teilnehmen soll) unter Verwendung des Zugangs mit Konkurrenzbetrieb. Alle anderen Nachrichten, die zur Aufrechterhaltung oder für

Änderungen an der Verbindung von Bedeutung sind, werden ebenfalls außerhalb des Intervalls ohne Konkurrenzbetrieb ausgetauscht.

[0208] Wie man der [Fig. 37](#) weiterhin entnimmt, kann der Master **700** die Master-Steuerung an eine andere Station (den „neuen“ Master), beispielsweise eine Station übergeben, die als Slave gearbeitet hat (wie eine der Stationen **704**), oder an eine Station, die nicht als Slave gearbeitet hat (nicht dargestellt). Es sei darauf hingewiesen, dass das Netzwerk **700** in logische Netzwerke unterteilt werden kann, wobei jedes logische Netzwerk einen designierten Master besitzt; so kann beispielsweise der Master **700** als erster Master in einem logischen Netzwerk designiert sein (und als Master arbeiten), und die zweite Station **704b** als zweiter Master in einem anderen logischen Netzwerk designiert sein, und es kann eine Master-Sitzungs-Steuerung vom Master **700** an die andere (neue) Master-Station **704b** abgegeben werden. Zu diesem Zweck umfassen die Verbindungs-Steuer-Nachrichten **714** auch Nachrichten für die Übergabe der Master- und Sitzungs-Steuer-Informationen vom Master an einen neuen Master. Diese Nachrichten haben die Form von **MASTER_MASTER_CONTROL_TRANSFER.Request** und **MASTER_MASTER_CONTROL_TRANSFER.Confirm**-Nachrichten zur Übermittlung der folgenden Parameter: Periode, Rahmenlänge, minimale Rahmenzeit, maximale Rahmenzeit, Startzeit, Sitzungsdauer, Verbindungsnummer und Angeforderte Intervalllänge. Die Periode definiert die Zeit vom Start eines Intervalls ohne Konkurrenzbetrieb bis zum nächsten Intervall ohne Konkurrenzbetrieb. Die Sitzungsdauer definiert die Länge der Sitzung (für den Master, der die Sitzungs-Steuerung übernimmt) in Sekunden. Die Angeforderte Intervalllänge spezifiziert die Gesamtlänge (in ms) des angeforderten Intervalls ohne Konkurrenzbetrieb. Die Verbindungsnummer ist die einmalige Nummer, die der Verbindung zwischen dem Master und dem neuen Master zugeordnet wird. Die jeweiligen designierten Master **702**, **704b** des logischen Netzwerks sind somit in der Lage, die Steuerung zwischen sich hin und her zu übergeben, für einen glatten Übergang zwischen den Sitzungen des logischen Netzwerks.

[0209] In [Fig. 38](#) ist eine beispielhafte, Sitzung **720** ohne Konkurrenzbetrieb von Intervallen **722** ohne Konkurrenzbetrieb dargestellt. Die Intervalle **722** ohne Konkurrenzbetrieb treten periodisch mit einem festen Zeitabstand **724** auf (der als die „Periode“ in den Verbindungs-Steuer-Nachrichten **714** spezifiziert ist). Vorzugsweise ist das Intervall ohne Konkurrenzbetrieb auf einen bestimmten Teil der Gesamt-Periode oder des Gesamt-Zyklus, wie z.B. 50% beschränkt, so dass andere Stationen die Gelegenheit haben, sich um das Medium während normaler Intervalle **725** mit Konkurrenzbetrieb zu bewerben (die in der Fig. schraffiert dargestellt sind, da die Intervalle **725** keinen Teil der Sitzung **720** bilden). Ein Sitzungs-Intervall **726** ist die Zeitdauer der Sitzung **720**. Es kann eine festgelegte Zeitdauer (wie dargestellt) aufweisen oder solange andauern, wie die Sitzung benötigt wird. Typischerweise wird die Sitzung vom Master zu dem Zeitpunkt etabliert, zu dem der Master die Notwendigkeit für eine Sitzung bemerkt (beispielsweise wenn eine erste Verbindungs-Anforderung empfangen wird). Andere Verbindungen können zu einer bereits etablierten Sitzung hinzugefügt werden oder es können Verbindungen, die an der Sitzung teilnehmen, von der Sitzung entfernt werden (zu solchen Zeitpunkten, in denen diese Verbindungen beendet sind). In dem in [Fig. 38](#) dargestellten Beispiel ist angenommen, dass der Host auf Anforderungen von beiden Slave-Stationen **704a**, **704b** nahezu zur gleichen Zeit aufmerksam wurde, und dass daher die Sitzung **720** zu dem Zeitpunkt etabliert wurde, an dem diese Verbindungen hergestellt wurden.

[0210] Wie man weiterhin der [Fig. 38](#) entnimmt, ist jedes Intervall ohne Konkurrenzbetrieb **722** in Rahmen-Zeit-Slots **727** unterteilt und jeder Rahmen-Zeit-Slot **727** ist entweder einem stromabwärts gerichteten Verkehr (ausgehend vom Master) zugeordnet, wobei es sich hierbei um die Slots **727a**, **727b** handelt, oder einem stromaufwärts gerichteten Verkehr (ausgehend von einem Slave); dies sind die Slots **727c**, **727d**. In der dargestellten Konfiguration sendet der Master einen seiner Rahmen in einem stromabwärts gerichteten Verkehrs-Slot (beispielsweise sendet er einen Rahmen im Slot **727a**, auf den unmittelbar der Slot für den stromaufwärts gerichteten Verkehr folgt, der einem Slave zugeordnet ist, der an dem Intervall **727** ohne Konkurrenzbetrieb teilnimmt, wobei wieder im dargestellten Beispiel der vom Slave 1 verwendete Slot **727c** benutzt wird). Um den Zugang ohne Konkurrenzbetrieb für jede der teilnehmenden Slave-Stationen **1** und **2** zu initiieren, beginnt das Intervall ohne Konkurrenzbetrieb damit, dass der Master einen Rahmen für eine sofortige Abgabe und Übersendung eines ersten stromabwärts gerichteten Rahmens **727a** an die Slave-Station **704a** in die Warteschlange einreicht, bei dem CAP = 3 und CC = 1 ist. Sobald der stromabwärts gesandte Rahmen **727a** vom Slave **704a** empfangen worden ist und der Slave **704a** feststellt, dass die Übertragung des stromabwärts gerichteten Datenverkehrs vollständig durchgeführt worden ist, sendet der Slave **704a** einen stromaufwärts gerichteten Rahmen **727c** (der bereits vom Host dieses Slaves in die Warteschlange eingereiht worden war). Die Slave-Station **704a** stellt fest, dass sie einen in die Warteschlange eingereihten Rahmen senden sollte, wenn ein letztes (oder einziges) Segment empfangen wird und bestimmte Bedingungen erfüllt, d.h. ein SA besitzt, das zu dem des Masters passt, dass CAP = 3, CC = 1 gilt und dass ein CN vorhanden ist, das zu der zuge-

wiesenem Verbindungsnummer passt.

[0211] Weiterhin entnimmt man der [Fig. 38](#), dass der Master nach dem Empfang des erwarteten Rahmens vom Slave 1 oder nach einer vorbestimmten Übermittlungszeit, wenn kein Rahmen empfangen worden ist (d.h. wenn der stromabwärts oder stromaufwärts gesandte Rahmen aufgrund schlechter Kanalbedingungen fehlgeschlagen ist) fortfährt, zusätzliche Rahmen ohne Konkurrenzbetrieb auszusenden (wenn andere Slave an der Sitzung teilnehmen). In dem dargestellten Beispiel sendet der Master stromabwärts gerichteten Datenverkehr in einem zweiten Slot **727b** für stromabwärts gerichteten Verkehr und veranlasst somit die Slave-Station **704b** stromaufwärts gerichteten Verkehr während des vierten Slots oder des zweiten Slots für stromaufwärts gerichteten Verkehrs zu übersenden (wenn die SA-, CAP-, CC- und CN-Feldeinstellungen in dem stromabwärts gesandten Rahmen dies anzeigen). Auf diese Weise ist der stromabwärts gerichtete Verkehr des Masters in der Lage, einen Abfrage-Mechanismus (polling mechanism) durchzuführen.

[0212] Das Intervall **722** ohne Konkurrenzbetrieb wird dadurch beendet, dass im letzten Rahmen CC = 0 gesetzt wird. Eine Station hat Kenntnis, dass ein spezieller Rahmen der letzte ist, aus dem Letztes-CFF-Feld in den (zwischen Hosts) ausgetauschten Verbindungs-Steuer-Informationen während des Einrichtens und Durchführens der Verbindung.

[0213] Somit kann man der [Fig. 38](#) entnehmen, dass die Intervall-Sitzung ohne Konkurrenzbetrieb **726** von einem CSMA-Netzwerk (wie z.B. dem Netzwerk **10** in [Fig. 1](#)) verwendet werden kann, um zwischen verteilten Medien-Zugangs-Steuerungen (wie z.B. CSMA) abzuwechseln, das während der Intervalle **725** mit Konkurrenzbetrieb ausgeführt wurde und einer zentralisierten Medien-Zugangs-Steuerung (wie z.B. TDMA) der Intervalle **722** ohne Konkurrenzbetrieb, für verschiedene Niveaus von QoS.

[0214] Die MAC-Schicht einer jeden Station wird eingestellt, dass sie Rahmen zur geeigneten Zeit durch die Verbindungs-Steuer-Nachrichten **714** aussendet, die von den Hosts ausgetauscht werden, und die Set-Verbindungs-MAC-Management-Nachrichten **716** (Set Connection MAC Management Messages) ([Fig. 37](#)), die vom Host für die MAC-Schicht bereitgestellt werden. Die Set- und Use-Verbindungs-Nachrichten **716** werden an das MAC in MAC-Management-Informations-Einträgen übermittelt. In den [Fig. 39A](#) und [Fig. 39B](#) ist ein Set-Verbindungs-MAC-Management-Dateneintrag **740** bzw. ein Use-Verbindungs-MAC-Management-Dateneintrag **742** dargestellt. Gemäß [Fig. 39A](#) umfasst der Set-Verbindungs-Dateneintrag **740** ein Verbindungs-Nummern-Feld **744**, um die Verbindungsnummer zu identifizieren, die einer speziellen Verbindung zugeordnet ist, sowie ein Master-Feld **746**, um anzugeben, ob eine Station als Master oder als Slave für die im Verbindungs-Nummernfeld **744** identifizierte Verbindung arbeitet. Wenn es gesetzt ist, zeigt das Master-Feld **746** an, dass die Station als Master arbeitet. Der Eintrag **740** umfasst weiterhin ein SA-Feld **748** und ein SA-Rahmen-Größen-Feld **750**. Das SA-Feld **748** liefert die Adresse der Station, welche die Übertragung eines Rahmens (mit einer Länge, die durch das SA-Rahmen-Größen-Feld **750** spezifiziert ist) veranlassen wird, der für die identifizierte Verbindung in die Warteschlange eingereiht ist. Wenn ein in die Warteschlange eingereihter Rahmen der erste während eines gegebenen Intervalls ohne Konkurrenzbetrieb zu übersendende Rahmen ist, ist das SA-Rahmen-Größen-Feld **750** auf Null gesetzt und das SA-Feld **748** wird ignoriert. Wenn das Master-Feld **746** gesetzt und ein in die Warteschlange eingereihter Rahmen nicht der erste während eines gegebenen Intervalls ohne Konkurrenzbetrieb zu übersendende Rahmen ist, verwendet der Master die durch das SA-Rahmen-Größen-Feld **750** (in Verbindung mit der Kanal-Karte für das identifizierte SA) gegebene Länge, um einen Sende-Zeitgeber (Transmit Timer) zum Messen des Zeitintervalls zwischen dem Ende der vorausgehenden Übertragung und dem Beginn der Übertragung des in die Warteschlange eingereihten Rahmens zu setzen. Wenn der Sende-Zeitgeber abläuft, wird ein in die Warteschlange eingereihter Rahmen übertragen, sobald das Medium frei wird. Der Sende-Zeitgeber-Wert wird verwendet, um das Intervall ohne Konkurrenzbetrieb fortzusetzen, wenn ein stromaufwärts gesandter Rahmen fehlschlägt (d.h. beschädigt ist oder nicht übertragen wird). Vorzugsweise ist der Übertragungs-Zeitgeber-Wert ungefähr gleich der Dauer des erwarteten, stromauf gesandten Rahmens, so dass für den nachfolgenden Verkehr im Intervall ohne Konkurrenzbetrieb kein zusätzlicher Jitter erzeugt wird, und kann von der jüngsten Kanal-Karte, die vom Slave stammt, in Kenntnis der mittleren Rahmenlänge abgeschätzt werden. Es sei darauf hingewiesen, dass das EIFS so definiert sein muss, dass es länger als die längste Lücke ist, die auftreten kann, wenn ein stromauf geschickter Rahmen verfehlt wird, so dass diese möglichen Lücken andere Stationen nicht veranlassen, das Intervall ohne Konkurrenzbetrieb zu unterbrechen, insbesondere wenn Stationen einen Datenverkehr mithören, der CAP = 3 und CC = 1 verwendet. Es kann wünschenswert sein, zwei verschiedene Werte von EIFS zu verwenden, ein längeres EIFS (wie weiter oben definiert), wenn Begrenzungszeichen mit CAP = 3 und CC = 1 detektiert werden, und ansonsten ein kürzeres EIFS, das für einen Verkehr mit Konkurrenzbetrieb optimiert ist.

[0215] Wie man weiterhin der [Fig. 39A](#) entnimmt, umfasst der Eintrag **740** auch ein TX-Rahmen-Größen-Feld

752, ein Minimale-Rahmen-Zeit-Feld **754** und ein Maximale-Rahmen-Zeit-Feld **756**. Das TX-Rahmen-Größen-Feld **752** spezifiziert eine mittlere, erwartete Rahmengröße (in Bytes) und wird verwendet, um in der erforderlichen Weise Schein- bzw. Attrappenrahmen zu erzeugen. Typischerweise wird ein Attrappenrahmen verwendet, um einen tatsächlichen, abzusendenden Rahmen zu ersetzen, wenn dieser Rahmen am MAC nicht rechtzeitig für die Übertragung ankommt (entweder wegen einer Verzögerung in der Rahmen-Ankunft oder als Ergebnis von Netzwerk-Jitter, das bewirkt, dass die Übertragungszeit auftritt, bevor der Rahmen zur richtigen Zeit ankommt). Ein Attrappenrahmen hat ungefähr die gleiche Länge wie der normalerweise übertragenen Rahmen und umfasst eine Kennzeichnung (z.B. in einem MAC-Management-Eintrag, dass es sich bei ihm um einen Attrappenrahmen handelt). Die Minimale-Rahmen-Zeit **754** spezifiziert eine minimale Zeitdauer eines Rahmens (und, erwartetenfalls, irgendeiner zugehörigen Antwort). Wenn die Größe eines Rahmens basierend auf der momentanen Kanal-Karte diese Minimums-Anforderung nicht erfüllt, wird der Rahmen mit einer geeigneten Anzahl von Bits aufgefüllt, um diesen Minimalwert zu erreichen. Die Maximale-Rahmen-Zeit **756** spezifiziert eine maximale Zeitdauer eines Rahmens. Wenn die Größe eines Rahmens basierend auf der momentan verwendeten Kanal-Karte bewirkt, dass der Rahmen diese Maximums-Anforderung überschreitet, wird der Rahmen vor der Übertragung verkürzt (oder es wird ein Attrappenrahmen geeigneter Länge gesendet) und dem Host wird ein Fehlschlag angezeigt. Der Zweck der minimalen bzw. maximalen Rahmenzeit besteht darin, das Jitter zu steuern. Kanal-Karten können in Kenntnis dieser Zeitsteuer-Anforderungen und der mittleren Rahmengröße berechnet oder optimiert werden.

[0216] In dem Set-Verbindungs-MAC-Management-Eintrag **740** sind auch ein Steuer-Feld **758** und ein Rahmen-Lebensdauer-Feld **760** (FrameLife Field) enthalten. Das Steuer-Feld **758** zeigt der Station die Übergabe einer Master-Steuerung an eine andere Station (wenn die Station ein Master ist) oder von einer anderen Station (wenn die Station ein Slave ist) für die durch die Verbindungsnummer identifizierte Verbindung an. Das Rahmen-Lebensdauer-Feld **760** spezifiziert den Rahmen-Zeitgeber-Wert (FrmTimer, wie zuvor beschrieben). Wenn dieser Zeitgeber-Wert abläuft, wird ein in die Warteschlange eingereihter Rahmen, der auf die Übertragung wartet, verworfen.

[0217] Gemäß [Fig. 39B](#) umfasst der Use-Verbindungs-Eintrag **742** ein Verbindungs-Nummer-Feld **762**, das die gleiche Verbindungsnummer spezifiziert, wie das gleichnamige Feld in dem Set-Verbindungs-Eintrag für die gleiche Verbindung. Es wird vom Host an das MAC mit irgendeinem Datenrahmen abgegeben, der auf dem Medium unter Verwendung dieser Verbindung übertragen werden soll. Die Verbindungsnummer wird in dem Verbindungs-Nummer-Feld **162** des Segment-Steuerfeldes **106** ([Fig. 7](#)) platziert, wenn der Datenrahmen für eine Übertragung vorbereitet wird.

[0218] Obwohl dies in [Fig. 38](#) nicht dargestellt ist, kann der Master das Intervall ohne Konkurrenzbetrieb (beispielsweise das Intervall **722** ohne Konkurrenzbetrieb) verwenden, um während des Intervalls **722** ohne Konkurrenzbetrieb mehrere Rahmen Back-to-Back zu übertragen. Um einen Slot für einen stromaufwärts gerichteten Verkehr für einen stromabwärts gerichteten Verkehr zu verwenden (um stromabwärts gerichtete Back-to-Back-Übertragungen durchzuführen), würde der Master das Verbindungs-Nummer-Feld **162** im Segment-Steuerfeld **106** (in [Fig. 7](#) dargestellt) in einen stromabwärts gerichteten Rahmen auf eine Verbindungs-Nummer setzen, die von der verschieden ist, welche der Master-Slave-Verbindung zwischen dem Master und dem Slave zugeordnet ist, die normalerweise während des folgenden Slots durchlaufen würde. In anderen Worten: der Master verwendet das CN-Feld **162** um zu steuern, ob der stromabwärts gerichtete Verkehr dazu dient, einen Slave abzufragen (und somit einen stromaufwärts gerichteten Rahmen im nächsten Slot auszulösen) oder nicht. Zusätzlich kann der Master einen Attrappenrahmen an den Slave senden, um gewünschtenfalls nur einen stromaufwärts gerichteten Einweg-Verkehr zu initiieren. Der Master kann die Master-Steuerung an eine andere Station in einem Intervall-Stromabwärts-Slot ohne Konkurrenzbetrieb übertragen (wenn zwei Stationen übereingekommen sind, dass die Steuerung in einem Austausch von Verbindungs-Steuer-Nachrichten vor dem Beginn dieses Intervalls ohne Konkurrenzbetrieb übergeben wird, wie zuvor beschrieben), indem er den gleichen Mechanismus verwendet, d.h. SA auf das SA des Masters, CAP = 3, CC = 1 setzt und CN auf die geeignete Verbindungs-Nummer setzt. Die Station, an welche die Master-Steuerung übergeben wird, akzeptiert die Rolle als Master, nachdem sie diesen Rahmen in korrekter Weise empfangen hat, wobei SA dem Master-SA entspricht, CAP = 3 und CC = 1 gilt und CN zur zugeordneten Verbindungs-Nummer passt. Die Steuerungs-Übergabe kann auch dynamisch zwischen den Intervallen ohne Konkurrenzbetrieb auftreten.

[0219] Wenn Stationen unterschiedliche Netzwerk-Verschlüsselungs-Schlüssel haben, erfolgen die Set-Up- und Steuer-Übergabe-Nachrichten-Austauschvorgänge zwischen den Hosts mit einer deaktivierten Verschlüsselung für die Set-Up- und Steuer-Nachrichten (Rahmen). In diesen Rahmen sind keine anderen Informationen enthalten, da die Verschlüsselung deaktiviert ist.

[0220] Zwar wurde beschrieben, dass die Verbindungs-Steuer-Nachrichten eine Start-Zeit umschließen, doch sei darauf hingewiesen, dass die Start-Zeit als Verbindungs-Steuer-Nachrichten-Parameter weggelassen werden kann. Die Start-Zeit könnte basierend auf der Annahme realisiert werden, dass die Master- und die Slave-Stationen das erste Intervall ohne Konkurrenzbetrieb unmittelbar nach der Übereinkunft hinsichtlich der Verbindungs-Parameter (über den Austausch von Verbindungs-Steuer-Nachrichten für den Verbindungs-Set-Up) beginnen und dass die Verwendung des Sende-Zeitgebers und des FrmTimer es den beiden Stationen ermöglichen würde, danach vollständig synchronisiert zu werden.

[0221] Obwohl die Verbindungs-Steuer-Nachrichten zwischen Intervallen ohne Konkurrenzbetrieb (mit CC = 0) ausgetauscht werden, ist es wünschenswert, die Nachrichten mit der höchsten Priorität (CAP = 3) zu senden, so dass sie nicht in Konkurrenz mit dem Datenverkehr anderer Stationen treten.

[0222] Die Rahmen-Weiterleitung (oder Rahmen-Durchleitung) kann die Netzwerk-Gesamt-Auslastung, die Zuverlässigkeit und den Durchsatz für ein verrausches (drahtloses oder verdrahtetes) Netzwerk erhöhen. So mit unterstützt das MAC-Protokoll der MAC-Einheit **18** ([Fig. 1](#)) einen wirksamen Mechanismus für eine Rahmen-Weiterleitung durch eine dazwischen liegende Station. Die Rahmen-Weiterleitung involviert drei der Stationen **12**. Innerhalb des Kontextes einer beispielhaften Rahmen-Weiterleitungs-Aktivität ist eine erste der Stationen (beispielsweise Station **12a**) eine Quellen-Station „A“, eine zweite der Stationen (beispielsweise Station **12k**) ist eine Bestimmungs- oder Ziel-Station „B“, und eine ausgewählte, dritte Station (beispielsweise Station **12b**) ist eine Zwischen- (oder Weiterleitungs-)Station „I“. In einem Rahmen-Weiterleitungs-Szenario können die Station A und die Station B aufgrund von Kanal-Bedingungen nicht miteinander kommunizieren (beispielsweise wegen einer hohen Dämpfung und/oder eines hohen Rauschpegels), doch kann die Station A mit der Station I und die Station I mit der Station B kommunizieren. Bei einem anderen, Geschwindigkeits-adaptiven Rahmen-Weiterleitungs-Szenario kann die Station A mit der Station B nur mit einer relativ niedrigen Datenrate (z.B. unter Verwendung des ROBO-Modus) kommunizieren und der Durchsatz dadurch beträchtlich erhöht werden, dass sie mit der Station B über eine Zwischenstation kommuniziert.

[0223] Bevor sie mit der Station B kommuniziert, lernt die Station A, wie sie mit der Station B am besten kommuniziert. Diese Aufgabe wird durch ein Lernverfahren bewerkstelligt, in dem Station A an jede Station im Netzwerk einen Rahmen sendet, der den Verbindungs-Informations-Anforderungs-MAC-Management-Eintrag **210C** aus [Fig. 13A](#) enthält. Diese Anfrage erbtet Informationen von jeder der Stationen **12** über die Fähigkeit dieser Station, mit der Station B zu kommunizieren. Die Anforderung kann in einer Einzelruf-Rahmen-Übertragung an jede bekannte Station oder in einer Rundruf-Rahmen-Übertragung an alle Stationen erfolgen, welche die Station A hören können. Jede Station, der bekannt ist, dass sie mit B kommunizieren kann, antwortet, indem sie einen Rahmen zurücksendet, der den Verbindungs-Informations-Antwort-MAC-Management-Eintrag **210D** (von [Fig. 13B](#)) enthält. Das Bytes-Feld **249** im Eintrag **210D** umfasst die Anzahl von Bytes pro 40 Symbolblöcke bei einer Sendung an Station B (basierend auf der gespeicherten oder kürzlich angeforderten und zurückgesandten Kanal-Karte bei einer Sendung an Station B). (Alternativ könnte eine antwortende Station die Kapazität (in Bytes) eines Rahmens mit maximaler Länge bei einer Sendung an Station B zurücksenden. Somit zeigt das Bytes-Feld **249** die Datenrate für die Verbindung der antwortenden Station mit Station B an. Die Antwort könnte andere einschlägige Informationen über diese Verbindung beinhalten (beispielsweise ein Maß für die Verbindungsqualität oder -Zuverlässigkeit und/oder eine aktualisierte TX-Kanal-Karte für die Station A, wenn der Rahmen, der die Verbindungs-Informations-Anfrage enthielt, auch den Kanal-Bewertungs-Anforderungs-Eintrag **210A** enthielt ([Fig. 12A](#))). Nach Empfang der Antworten wird die antwortende Station, welche die höchste Kapazität oder den höchsten Durchsatz zur Verfügung gestellt hat, die bzw. der die Anforderungen hinsichtlich der Verbindungs-Qualität oder -Zuverlässigkeit erfüllt (basierend auf der Kombination der beiden Verbindungen der Station A zur antwortenden Station und der antwortenden Station zur Station B) als Zwischenstation I ausgewählt.

[0224] Da diese Kanal-Informations-Anforderungen und -Antworten keine sicherheitsrelevanten Informationen enthalten, d.h. keine Informationen, die von den anderen Stationen nicht gehört werden sollten), können sie im Klartext übertragen werden, um den Austausch von Netzwerk-Verschlüsselungs-Schlüsseln zu vermeiden (wenn die Schlüssel nicht bereits zur Verfügung stehen) oder um die Verarbeitungszeit zu vermindern. Vorgezugsweise empfängt die Station A Aktualisierungen der Kanal-Informations für die I-an-B-Verbindung immer dann, wenn die Station B an die Station I eine neue Kanal-Karte sendet, die den Bytes-Wert (d.h. die Anzahl der Bytes pro 40 Symbolblöcke) ändert. Die Station A kann den Empfang solcher Aktualisierungen handhaben, oder, als Option, kann der Station I die Verantwortung dafür übergeben werden, dass sie die Station A mit neuen Verbindungs-Informations-Antworten auf dem Laufenden hält. Die Station I ist in der Lage, diese Aufgabe zu erfüllen, wenn sie darauf aufmerksam gemacht wird, dass sie Verkehr von der Station A an die Station B basierend auf der Beobachtung des Rahmen-Weiterleitungs-Verkehrs weiterleitet.

[0225] Gemäß [Fig. 40](#) gibt die Station A Rahmen unter Verwendung des Bestätigungs-Services an die Station B durch die Station I gemäß der Rahmen-Weiterleitungs-Struktur für die Rahmen-Weiterleitung ab, wobei eine Antwort nach beiden Rahmen **800** erwartet wird. Die Rahmen-Weiterleitungs-Struktur **800** umfasst einen ersten Rahmen **802**, eine erste Antwort (RESPONSE 1) **804**, einen zweiten Rahmen **806**, eine zweite Antwort (RESPONSE 2) **808** und eine dritte Antwort (RESPONSE 3) **810**. Sowohl der erste Rahmen **802** als auch der zweite Rahmen **806** umfasst ein SOF-Begrenzungszeichen, ein erstes SOF-Begrenzungszeichen (SOF1) **812** bzw. ein zweites SOF-Begrenzungszeichen (SOF2) **814**. Die Rahmen **802**, **806** umfassen auch eine Rahmen-Nutzlast (F1, F2) **816** bzw. **818**. Die Rahmen **802**, **806** umfassen jeweils weiterhin ein EOF-Begrenzungszeichen, ein erstes EOF-Begrenzungszeichen (EOF1) **820** bzw. ein zweites EOF-Begrenzungszeichen (EOF2) **822**. Man sieht, dass die SOF-Begrenzungszeichen, die EOF-Begrenzungszeichen, die Nutzlasten und die Antworten die gleiche Struktur besitzen, wie sie für das SOF-Begrenzungszeichen **92** ([Fig. 3](#) und [Fig. 5A](#)), das EOF-Begrenzungszeichen **94** ([Fig. 3](#) und [Fig. 5B](#)) und die Antwort **120** ([Fig. 4](#) und [Fig. 6](#)) definiert wurden.

[0226] Bezuglich des ersten Rahmens **802** wählt die Station A eine maximale Segmentgröße basierend auf der kleineren der maximalen Rahmen-Kapazitäten basierend auf der Kanal-Karte an die Station I und der Byte-Kapazität, die in der Antwort von der Station I angegeben ist, aus, um sicherzustellen, dass der Rahmen in ein einziges Segment für beide Rahmen (Rahmen **802** und Rahmen **806**) des Rahmen-Relais passt. In dem Rahmen-Kopf/Hauptteil **816** sind SA auf die Adresse der Station A, DA auf die Adresse der Station B, FW **161** im Segment-Steuerfeld **106** auf 0b10 oder 0b11 (was das Vorhandensein eines Zwischenstation-Adressenfeldes IA **823** anzeigt, sowie dass der Rahmen an eine Zwischenstation gesendet werden soll, wobei die LSB von FW den beabsichtigten/ursprünglichen Wert von CC angeben, wenn das MSB von FW gleich 1 ist) und das Adressenfeld IA **823** auf die Adresse der Station I gesetzt. Das DT in dem SOF1-Begrenzungszeichen **812** und dem EOF1-Begrenzungszeichen **820** ist auf einen Wert gesetzt, der anzeigt, dass eine Antwort erwartet wird, und CC ist gesetzt, um den Status ohne Konkurrenzbetrieb anzuzeigen. Der Wert von CAP in dem EOF1-Begrenzungszeichen **820** ist auf die Kanal-Zugangs-Priorität gesetzt, die dem Rahmen zugeordnet ist (oder die Priorität „P“). Das RWRE-Feld **145** in dem EOF1-Begrenzungszeichen ist auf Null gesetzt. Wenn die Station I den Rahmen **802** empfängt, detektiert sie, dass das FW-Feld entweder auf 0b10 oder 0b11 gesetzt ist (was anzeigt, dass die Station I das IA anstelle der DA für die Bestimmungsadresse überprüfen soll) und passt IA an seine eigene Adresse an. Wenn das SOF1 anzeigt, dass eine Antwort erwartet wird (wie dies bei diesem Beispiel der Fall ist), dann sendet die Station I die Antwort **804** unter Verwendung des Wertes von CC und CAP zurück, die in dem EOF1 enthalten sind, wenn sie eine ACK zurücksendet. Wenn die Station I ein NACK oder FAIL zurücksendet, verwendet sie den Wert von CC und CAP, die in der Segment-Steuerung enthalten sind, um anzugeben, dass ein Weiterleitungs-Versuch fehlgeschlagen ist. Wenn ein ACK zurückgesandt werden soll, setzt die Station I FW auf 0b01 (was das Vorhandensein eines Adressfeldes IA anzeigt und dass der Rahmen an eine Endstation gesendet werden soll), berechnet den Wert von FCS neu, zeigt in dem SOF2 **814** und EOF2 **822**, ob eine Antwort erwartet wird, und setzt das RWRE-Bit **145** in den EOF2 **822** so, dass es anzeigt (zum Nutzen der VCS der anderen Stationen), dass eine doppelte Antwort erwartet wird. Die CC-Felder in SOF2 **814** und EOF2 **822** werden auf den Wert von CC gesetzt, der in FW (CC = LSB von FW) empfangen wird und nicht auf den Wert, der in dem EOF1 **820** empfangen wird. Das CAP-Feld **144** in dem EOF2 **822** wird auf den Wert gesetzt, der in dem Segment-Steuerfeld **106** empfangen wird. Das CMI-Feld **142** und das FL-Feld **140** in dem SOF2 **814** werden entsprechend der TX-Kanal-Karte für die DA (Station B) gesetzt und der Rahmen wird unter Verwendung der TX-Kanal-Karte übertragen, die in dem CMI-Feld **142** angegeben ist.

[0227] Die Station B empfängt den zweiten Rahmen **806** von der Station I und erkennt aus dem Wert von FW (FW = 0b01), dass der Rahmen **806** weitergeleitet worden ist. Da SOF2 **814** anzeigt, dass eine Antwort erwartet wird, schickt die Station B eine Antwort **808** zurück, die anzeigt, dass erwartet wird, dass eine weitere Antwort folgt (RWR Typ, DT = 101). Die Antwort **808** umfasst den Wert von CC, der in dem SOF2 **814** empfangen wurde, und den Wert von CAP **144**, zusammen mit dem RFCS **148** basierend auf dem FCS, das im Rahmen **806** empfangen wurde. Die Station I verarbeitet die Antwort **808** und erzeugt die dritte Antwort **810** an die Station A. Die Antwort **810** ist vom gleichen Typ (ACK, NACK oder FAIL, mit Ausnahme DT = 0b100 anstatt 0b101) und verwendet die Werte von CC, CAP und FCS (wenn die Antwort eine ACK ist), die im Rahmen von der Station A empfangen wurden.

[0228] Die Rahmen-Nutzlast in jeder Übertragung ist identisch mit der Ausnahme des FW-Feldes in der Segment-Steuerung und dem FCS. Dies minimiert den Verarbeitungsaufwand, der vom MAC erbracht werden muss, um den Rahmen für eine erneute Übertragung vorzubereiten.

[0229] Sowohl in [Fig. 40](#) als auch den folgenden [Fig. 41](#) und [Fig. 43](#) bis [Fig. 45](#) wird das Symbol „=“, auf das „SOF1“, „SOF2“, „EOF1“, „EOF2“, „F1“ oder „F2“ folgt, als abgekürzte Notation für „wird dem in ... empfangenen Wert zugeordnet“ verwendet. Zusätzliche Abkürzungs-Notationen und Abkürzungen, die noch nicht er-

wähnt wurden, umfassen: „LEN“ für Länge, „P“ für ursprünglichen/beabsichtigten Kanal-Zugangs-Prioritätswert, der dem Rahmen zugeordnet ist, und „C“ für ursprünglichen/beabsichtigten CC-Wert, der einem Rahmen zugeordnet ist. Somit zeigt zum Beispiel „FL = LenF1“ an, dass das Feld FL gleich der Länge des Rahmens F1 ist, und „CAP = EOF1“ zeigt an, dass CAP der in EOF1 empfangene Wert zugeordnet wird.

[0230] In [Fig. 41](#) ist eine Rahmen-Weiterleitungs-Struktur **824** für eine Rahmen-Weiterleitung ohne erwartete Antwort (d.h. für einen Rundruf) dargestellt. In dieser Sequenz sind die SOF-Begrenzungszeichen- und EOF-Begrenzungszeichen-Felder in beiden Rahmen **802**, **806** so gesetzt, dass sie anzeigen, dass keine Antwort erwartet wird. Das heißt, das DT-Feld in SOF1 **812** und SOF2 **814** ist auf einen Wert 000 gesetzt und das DT-Feld in dem EOF1 **820** und EOF2 **822** ist auf einen Wert 010 gesetzt. Alle anderen Feld-Einstellungen sind die gleichen, wie sie für die beiden Rahmen **802**, **806** in der in [Fig. 40](#) gezeigten Rahmen-Weiterleitungsstruktur waren.

[0231] In Zeiträumen, in denen ein starker Verkehr mit höherer Priorität herrscht, können häufige Unterbrechungen auftreten. Um anderen Verkehr daran zu hindern, während einer Rahmen-Weiterleitung zu unterbrechen, kann die Station A in dem EOF1 **820** des Rahmens **802** der Station I CAP = 3 anzeigen, die dann diesen CAP-Wert in ihrer Antwort, nämlich der Antwort **804** verwendet. Die Bewerbung durch die Station A für den Zugang zum Medium basiert auf dem tatsächlichen CAP und CC im ersten Rahmen **802** (einschließlich der Signalisierung in dem PRP **284** und der Entscheidung, andere Übertragungen zu unterbrechen). Die Station I bewirbt sich basierend auf CAP = 3 und CC = 1, (was immer gewinnt, da der konkurrenzfreie Betrieb im ersten Rahmen angezeigt war). Das tatsächliche CAP des Rahmens von der Station I wird in dem EOF2 und den folgenden Antworten wieder hergestellt, da der ursprüngliche Wert in den Segment-Steuerungen beider Rahmen gesendet wird. Wenn dieses Verfahren verwendet wird, d.h. wenn der Rahmen ein CAP < 3 besitzt oder CC = 0 ist, wählt die Ursprungsstation die maximale Segment-Größe (in Bytes) aus, um sicherzustellen, dass die Gesamtzeit für alle Rahmen in der nachfolgenden Weiterleitungs-Übertragung kleiner ist als die maximale erlaubte Rahmenlänge (in Zeiteinheiten), um die Wartezeit für Verkehr mit höherer Priorität zu steuern. Dies kann von den Informationen festgelegt werden, die in der TX-Kanal-Karte (Station A an Station I) und der Verbindungs-Informations-Antwort enthalten sind, die von der Station I empfangen wird.

[0232] Es können auch andere Ausführungsformen des Rahmen-Weiterleitungs-Mechanismus verwendet werden. Beispielsweise wird, wie in den [Fig. 42](#) bis [Fig. 45](#) gezeigt, eine Rahmen-Weiterleitungs-Struktur für eine Rahmen-Weiterleitung mit verminderterem Overhead dadurch erreicht, dass jedes der EOF-Begrenzungszeichen **820**, **822** weggelassen und jedes der SOF-Begrenzungszeichen **812**, **814** so modifiziert wird, dass es Informationen weiterbefördert, die in den EOF-Begrenzungszeichen vorhanden waren. Gemäß [Fig. 42](#) kann das SOF-Begrenzungszeichen-Rahmen-Steuer-Feld **98** ([Fig. 98](#)) dadurch modifiziert werden, dass jedes der FL- und FCCS-Felder (Feld **140** bzw. Feld **136**) um 2 Bits verkürzt wird, um 4 Bits für eine andere Verwendung zur Verfügung zu stellen, und diese 4 verfügbaren Bits zu verwenden, um folgende Felder hinzuzufügen: Ein SOF-CAP-Feld **830** (2 Bits), ein 1 Bit umfassendes EOFP-Feld **832**, das dann, wenn es gesetzt ist, das Vorhandensein eines EOF im Rahmen anzeigt, und ein 1 Bit umfassendes SOF-RWRE-Feld **834** (Response with Response Expected), das dann, wenn es gesetzt ist, anzeigt, dass zwei Antworten folgen sollen.

[0233] Für dieses Schema mit verminderterem Overhead ist in [Fig. 43](#) eine Rahmenstruktur mit einer Rahmen-Weiterleitung mit Antwort nur nach dem letzten Rahmen **836** dargestellt. Die Station A sendet einen Rahmen, in welchem das SOF-Begrenzungszeichen anzeigt, dass eine Antwort erwartet wird, und der die folgenden Einstellungen hat: CAP = 3, CC = 1, EOFP = 0, RWRE = 1 und DT dafür, dass eine Antwort erwartet wird. Die Einstellungen zeigen an, dass der erste Rahmen **802** zusammen mit dem zweiten Rahmen **806** weitergeleitet werden soll, der anstelle der Antwort auf den ersten Rahmen **802** gesendet wird (wenn andernfalls ein ACK zurückgesandt würde), dass kein PRP nach dem ersten Rahmen auftreten soll und dass zwei Antworten (RWR-Antworten **808** und **810**) am Ende des zweiten Rahmens **806** erwartet werden. Das FW in der Segment-Steuerung **106** des ersten Rahmens **802** ist basierend auf dem Wert von CC für den ersten Rahmen **802** auf 0b01 oder 0b11 gesetzt. Keine Station kann die Übertragung des zweiten Rahmens **806** unterbrechen, da CAP = 3 und CC = 1 gilt und kein PRP vorhanden ist. Wenn die Station I den ersten Rahmen **802** korrekt empfängt und andernfalls ein ACK senden würde, setzt die Station I das SOF2-Begrenzungszeichen **814** so, dass angezeigt wird, dass keine Antwort erwartet wird, und setzt RWRE = 1 (und teilt auf diese Weise mit, dass zwei Antworten auf den zweiten Rahmen folgen werden). Der zweite Rahmen **806** verwendet ebenfalls die CAP- und CC-Werte, die in dem Segment-Steuerfeld **106** im ersten Rahmen **802** empfangen wurden, und setzt EOFP = 0 und FW = b01. Die Station I berechnet erneut FCS und setzt das SOF2 so, dass angezeigt wird, dass keine Antwort erwartet wird, bevor sie den zweiten Rahmen **806** überträgt. Die Station A detektiert das SOF2 **814** des zweiten Rahmens **806**, der von der Station I übertragen wird und nimmt ein ACK an. Die Station B sendet die erste der beiden RWR-Antworten, d.h. die Antwort **808** zurück, wobei CC auf den im SOF2-Be-

grenzungszeichen **814** empfangenen Wert gesetzt ist und CAP und RFCS auf Werte gesetzt sind, die im zweiten Rahmen **806** empfangen wurden. Die Station I sendet die zweite der beiden RWR-Antworten, d.h. die End-Antwort **810** zurück, in der die CAP, CC und RFCS-Werte die gleichen sind, wie die Werte, die im ersten Rahmen **802** empfangen wurden. Um die Wartezeit zu begrenzen, ist die Gesamt-Übertragungszeit einschließlich der Antworten **808**, **810** auf die maximale zulässige Rahmenlänge (in Zeiteinheiten) begrenzt. Es sei darauf hingewiesen, dass kein PRP zwischen den Rahmen vorhanden ist, da eine Antwort erwartet wird und der zweite Rahmen anstelle der Antwort substituiert wird.

[0234] In [Fig. 44](#) ist eine Rahmen-Weiterleitungs-Struktur zum Weiterleiten einer Antwort nur nach dem letzten Rahmen mit einem NACK oder FAIL nach dem ersten Rahmen **838** dargestellt. Der erste Rahmen **802** wird in der gleichen Weise übertragen, wie dies oben unter Bezugnahme auf die [Fig. 43](#) beschrieben wurde. Bei diesem Beispiel schlägt jedoch der erste Rahmen der Rahmen-Weiterleitung fehl. Somit wird die Antwort **804** unmittelbar nach dem ersten Rahmen übertragen, um das Fehlschlagen der Rahmen-Weiterleitung anzudeuten. In der Antwort **804** ist das ACK-Feld auf 0 gesetzt, um anzudeuten, dass eine von einem ACK versendete Antwort zurückgesandt wird, und der Wert des FTYPE gibt in entsprechender Weise die Art der anderen Antwort (NACK oder FAIL) wieder.

[0235] In [Fig. 45](#) ist eine Rahmen-Weiterleitungs-Struktur für eine Rahmen-Weiterleitung ohne Antwort **840** dargestellt, bei der noch immer das Rahmenformat mit verminderem Overhead verwendet wird. In dieser Struktur ist der erste Rahmen **802** ein Rahmen für den keine Antwort erwartet wird, und er wird in der Weise weitergeleitet, dass das SOF1-Begrenzungszeichen **812** mit erwarteter Antwort (DT = 001) und RWRE = 0 gesetzt wird. Die Station I überträgt den zweiten Rahmen **806** anstelle der erwarteten Antwort auf den ersten Rahmen **802**, wenn ansonsten ein ACK gesendet werden würde. Im zweiten Rahmen **806** zeigt das SOF2-Begrenzungszeichen **814** an, dass keine Antwort erwartet wird, und das RWRE = 0 ist. Folglich werden nach dem zweiten Rahmen **806** keine Antworten übertragen und das PRP (nicht dargestellt) folgt augenblicklich. Obwohl dies nicht dargestellt ist, ist klar, dass eine Antwort, wie die Antwort **804** mit Einstellungen für ein NACK oder FAIL (wie in [Fig. 43](#) gezeigt), nach dem ersten Rahmen zurückgesendet würde (statt des zweiten Rahmens **806**), wenn die Übertragung des ersten Rahmens fehlschlägt.

[0236] In einer weiteren, alternativen Ausführungsform, bei der das EOF-Begrenzungszeichen verwendet wird, wird gemäß [Fig. 46](#) das EOF-Begrenzungszeichen **102** dadurch modifiziert, dass das RSVD-Feld **146** so verkürzt wird, dass es zu einem Neue-Länge-Feld (FLEN) **842** passt. Das FLEN-Feld **842** zeigt die geplante Länge des zweiten Rahmens **806** an, um bei einer Verbesserung der Arbeitsweise einer verborgenen Station (Knoten) zu helfen. Die Station A hätte eine vernünftige Bewertung für FLEN basierend auf den Verbindungs-Informationen, die sie von der Station I erhält. Somit könnte, wie man der [Fig. 40](#) in Verbindung mit [Fig. 46](#) entnehmen kann, das EOF1-Begrenzungszeichen so formatiert werden, dass es das FLEN-Feld **832** umschließt und das FLEN-Feld **832** würde auf den Wert der Länge des zweiten Rahmens **806** gesetzt (oder unter Verwendung der Abkürzungs-Notation von [Fig. 40](#), so dass gelten würde FLEN = Len F2).

[0237] Das normale Backoff-Verfahren wird von der Station A in dem Fall ausgeführt, in welchem die Station A kein ACK nach dem ersten Rahmen **802** und/oder dem zweiten Rahmen **806** empfängt (oder ein solches nicht vermuten kann). Ein spezieller Zugangs-Versuch wird frühzeitig beendet, wenn NACK, FAIL, oder keine Antwort nach dem ersten Rahmen empfangen wird (d.h. ACK nicht empfangen wird oder nicht vermutet werden kann).

[0238] Ressourcen einer dazwischen liegenden Station (d.h., ein Empfangs-Puffer) müssen für eine Station zur Verfügung stehen, damit irgendein Rahmen empfangen werden kann, der für sie gedacht sein kann. In dem Fall, dass eine dazwischen liegende Station als Relais-Station arbeitet, ist kein zusätzlicher Empfangs-Puffer erforderlich, da der Empfangs-Puffer sofort geleert (der Rahmen wird erneut gesandt) und zur Verfügung gestellt wird, bevor irgendein anderer Verkehr an der Station ankommen kann (da das Medium für die Dauer der Übertragung des Rahmens an und von der dazwischen liegenden Station belegt ist). Wenn der im Relais-Verfahren weiterzuleitende Rahmen nicht sofort erneut gesendet werden kann, wird er fallen gelassen. Ein Rahmen kann dann nicht sofort übertragen werden (und wird daher fallen gelassen), wenn der Weiterleitungs-Rahmen durch eine höhere Priorität unterbrochen wird, oder wenn der Rahmen zu lange ist, um wegen der Rahmenlänge und der momentan verwendeten Kanal-Karte in ein einziges Segment zu passen. Im letzteren Fall sendet die Station ein FAIL an die Ursprungs-Station zurück. Die reservierten Bits in FAIL könnten für ein REASON-Feld verwendet werden, um einen Code zurückzusenden, der den Grund des Fehlschlages angibt (d.h. anzeigt, dass der Rahmen für eine Weiterleitung zu lang war), wenn es mehr als einen Grund zur Rücksendung eines FAIL gibt.

Andere Ausführungsformen

[0239] Es sei darauf hingewiesen, dass die Erfindung zwar in Verbindung mit einer detaillierten Erläuterung beschrieben wurde, dass aber die vorausgehende Beschreibung nur dazu dienen soll, die Erfindung zu erläutern ohne den Rahmen der Erfindung einzuschränken, der durch den Rahmen der beigefügten Ansprüche definiert wird. Andere Ausführungsformen liegen im Rahmen der folgenden Ansprüche.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Station (**12a ... 12k**) in einem Netzwerk (**10**) von Stationen (**12a ... 12k**), die mit einem gemeinsamen Kanal (**14**) verbunden sind, wobei jede Station (**12a ... 12k**) einen Sender und einen Empfänger aufweist und das Verfahren folgende Schritte umfasst:

Übertragen von Daten über eine Vielzahl verschiedener Verbindungen zwischen irgendeinem aus einer Vielzahl von Sendern und irgendeinem aus einer Vielzahl von Empfängern;

Verwendung einer Vielzahl von Trägern zur Übertragung von Daten über eine Verbindung zwischen einem Sender und einem Empfänger;

Anpassung von Verbindungen zwischen speziellen Sender-Empfänger-Paaren zur Bildung einer Datenrate für jeden Träger des Kanals (**14**) basierend auf Merkmalen eines jeden Trägers des Kanals (**14**) für die Verbindung zwischen einem speziellen Sender-Empfänger-Paar.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Anpassung folgende Schritte umfasst:

Empfangen einer Kanal-Bewertungs-Anfrage in einem Rahmen (**80**) vom Sender über den Kanal (**14**);

Ermitteln der Merkmale des Kanals (**14**) für die Verbindung aus dem Rahmen (**80**) und Erzeugung einer Kanalinformation aus den ermittelten Kanalmerkmalen; und

Zurücksenden der Kanalinformation in einer Kanal-Bewertungs-Antwort an den Sender, so dass die Kanalinformation vom Sender bei Übertragungen an den Empfänger für die Verbindung verwendet werden kann.

3. Verfahren nach Anspruch 1, das folgenden Schritt umfasst:

Senden einer Kanal-Bewertungs-Anfrage an den Empfänger, um mit dem Empfänger eine Kanalinformation zum Optimieren der Abgabe nachfolgender Mitteilungen zu erhalten, und Empfangen der Kanalinformation in einer Kanal-Bewertungs-Antwort vom Empfänger.

4. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Verbindung eine existierende Verbindung ist und bei dem die Anpassung nach dem Verstreichen einer gewissen Sperrzeit wiederholt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Anpassung während einer Rahmen-Übertragungs-Erholtzeit erfolgt.

6. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Verbindung eine existierende Verbindung ist und die Anpassung in Antwort auf eine Anzeige vom Empfänger wiederholt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem die Anzeige vom Sender als Empfehlung zum Durchführen einer Anpassung aufgrund einer Änderung in der Anzahl von Bit-Fehlern interpretiert wird, die bei Übertragungen vom Sender zum Empfänger auftreten und vom Empfänger erkannt werden.

8. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Datenrate eine maximale Datenrate ist.

9. Verfahren nach Anspruch 1, das weiterhin folgende Schritte umfasst:

Beibehalten einer vom Empfänger gelieferten Kanal-Karte, die auf Merkmalen des Kanals (**14**) für eine Verbindung beruht und einen zugehörigen Kanal-Karten-Index (**142**) aufweist, für die Verbindung über den Kanal (**14**) zwischen einem Sender in der Station (**12a ... 12k**) und einem Empfänger in einer anderen Station (**12a ... 12k**); Verwendung der Kanal-Karte durch den Sender zum Kodieren und Modulieren von Rahmen-Daten in einem Rahmen (**80**) für die Übertragung über den Kanal (**14**) an den Empfänger; und

Senden des zugehörigen Kanal-Karten-Indexes (**142**) im Rahmen (**80**) durch den Sender, um für den Empfänger die Kanal-Karte zu identifizieren, die vom Sender verwendet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem der Rahmen (**80**) ein Rahmen-Kontroll-Feld umfasst, das durch im wesentlichen alle Stationen im Netzwerk beobachtbar ist, wobei das Rahmen-Kontroll-Feld (**98, 102, 124**) den zugehörigen Kanal-Karten-Index (**142**) umfasst.

11. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem der Kanal-Karten-Index (**142**) der gleiche sein kann wie der, der von einem anderen Empfänger verwendet wird.
12. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem der Kanal (**14**) eine Stromnetz-Leitung ist.
13. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem die Verwendung eine Modulation des Rahmens (**86**) auf OF-DM-Symbole umfasst.
14. Verfahren nach Anspruch 1 bei dem die Anpassung folgende Schritte umfasst:
Veranlassen eines Empfängers, aus einem empfangenen Rahmen die Merkmale des Kanals für die Verbindung zu ermitteln und aus den ermittelten Kanalmerkmalen eine Kanalinformation zu erzeugen, und zur Verfügung stellen der ermittelten Kanalinformation an eine andere Station zur Verwendung durch diese Station für die Verbindung bei Übertragungen an den Empfänger.
15. Computerprogramm-Produkt, das ein durch einen Computer lesbares Medium umfasst, auf dem sich Computer-Code-Mittel zum Betreiben einer Station (**12a ... 12k**) in einem Netzwerk (**10**) von Stationen befinden, wobei die Computer-Code-Mittel ausgebildet sind, um einen Rechner das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14 durchführen zu lassen.

Es folgen 48 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

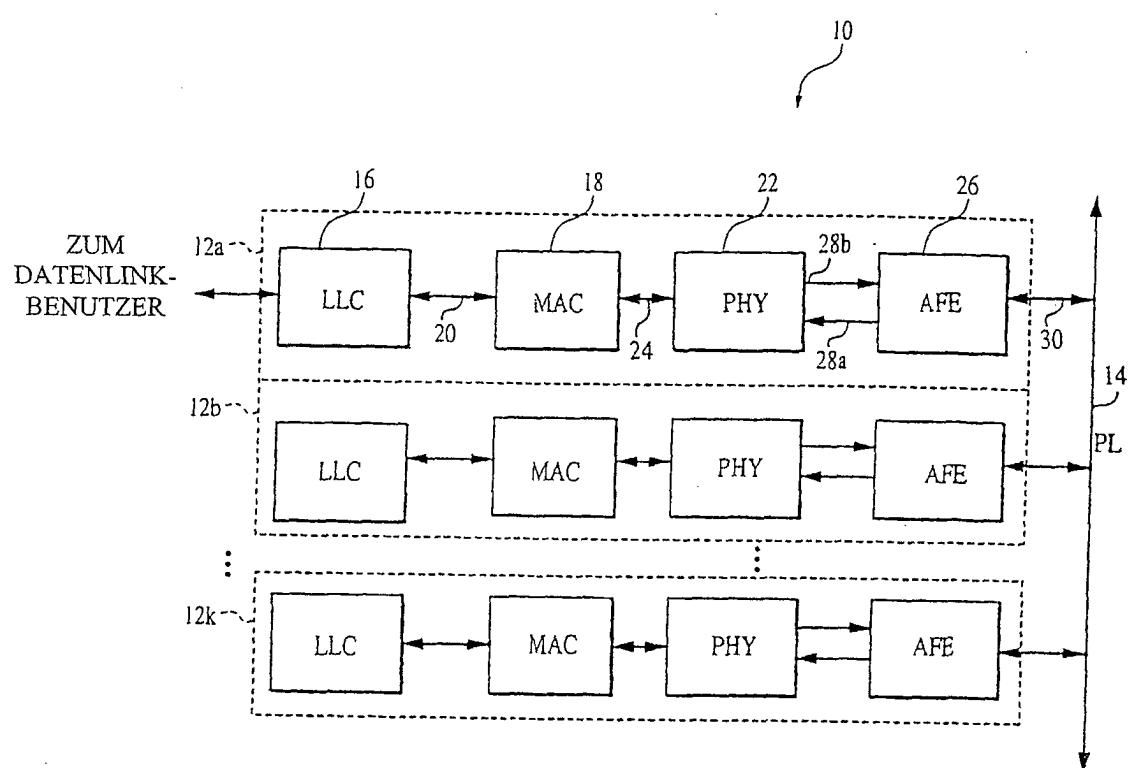


FIG. 1

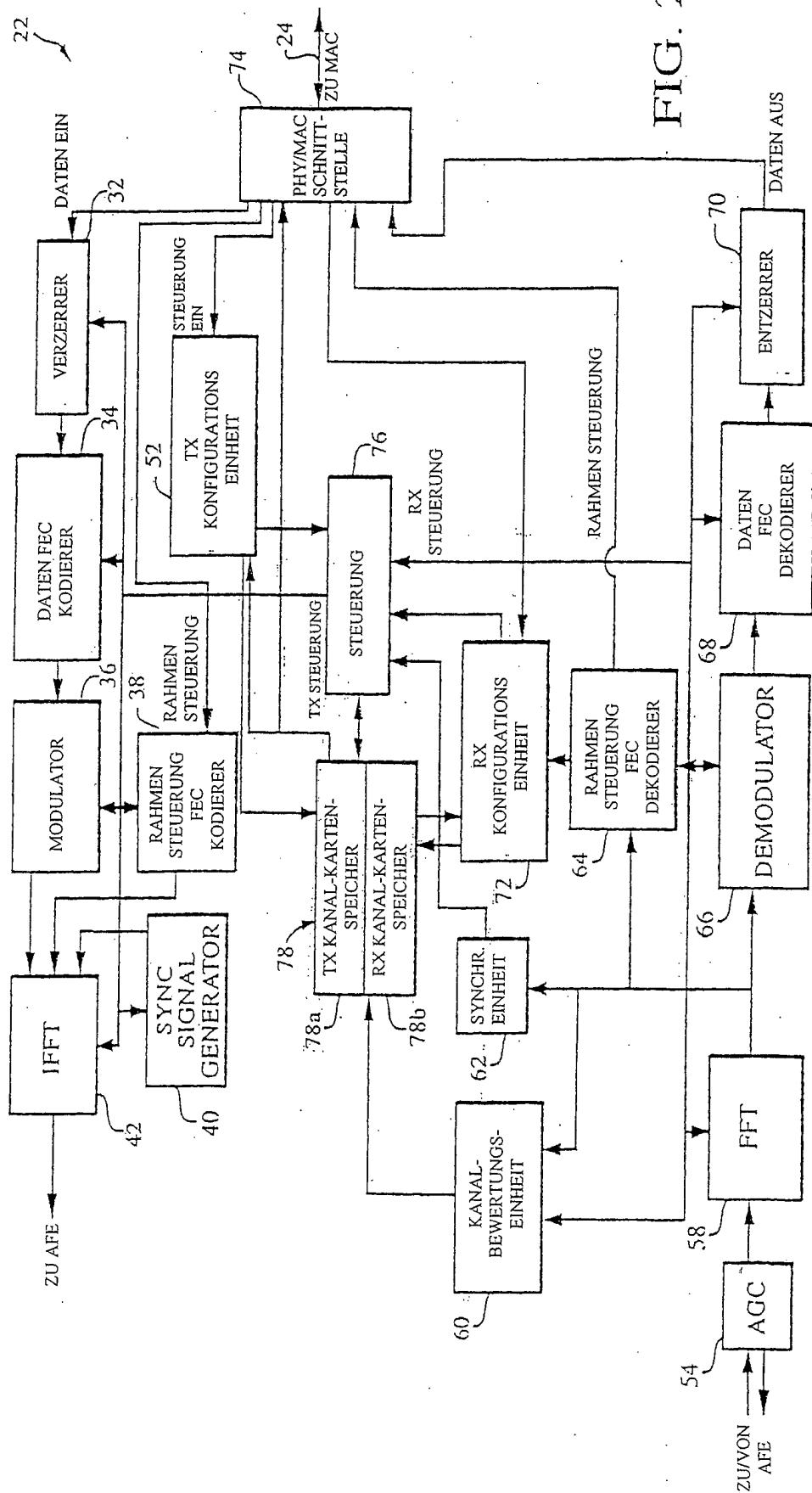


FIG. 2

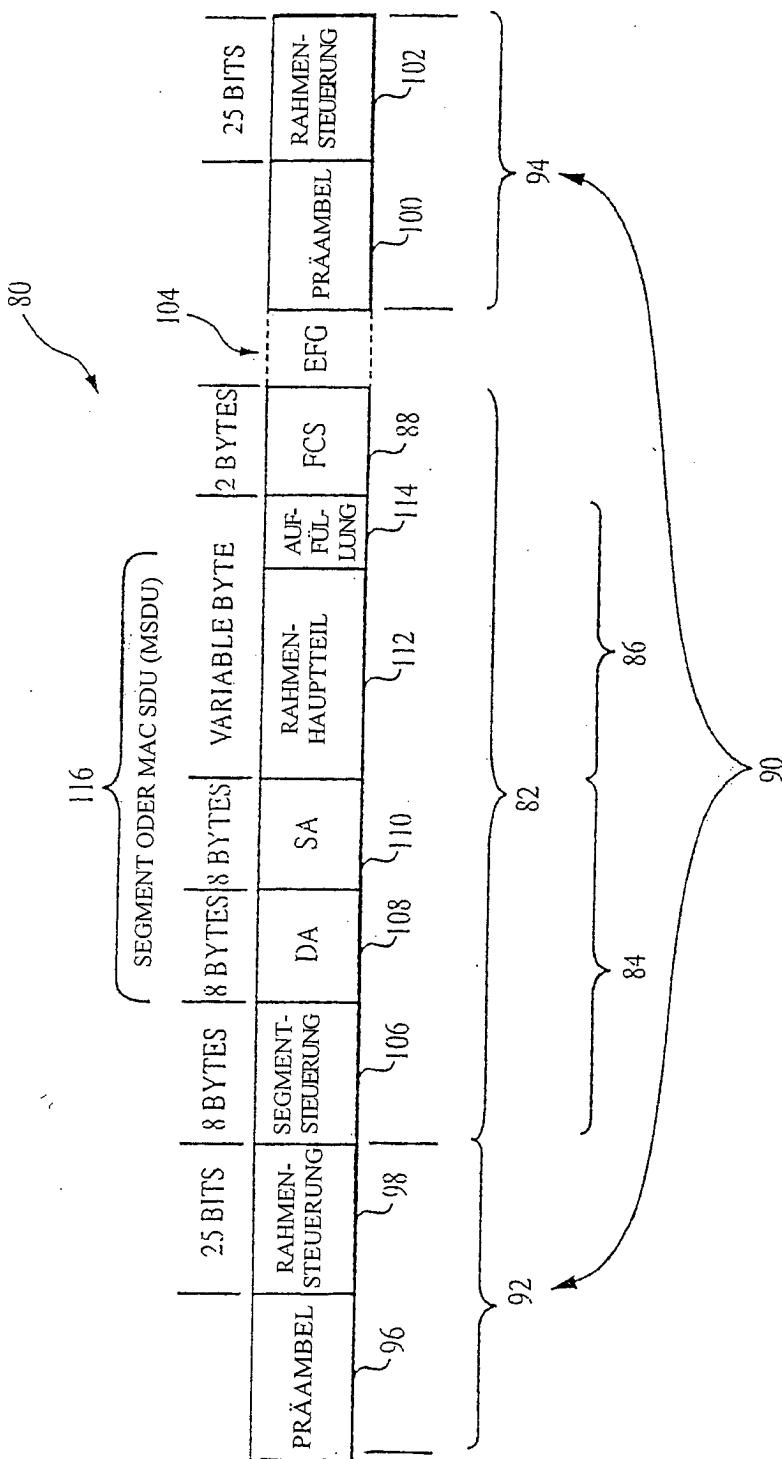


FIG. 3

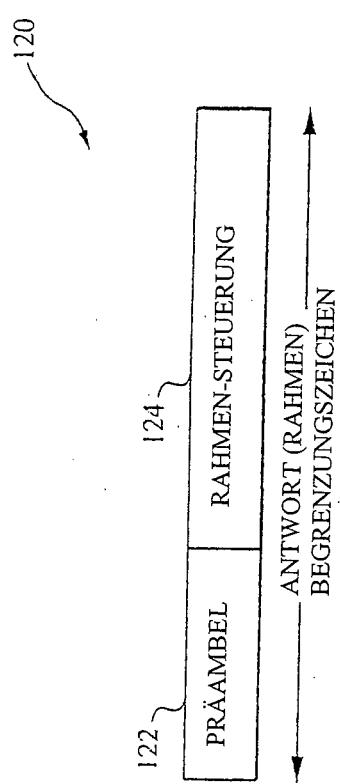


FIG. 4

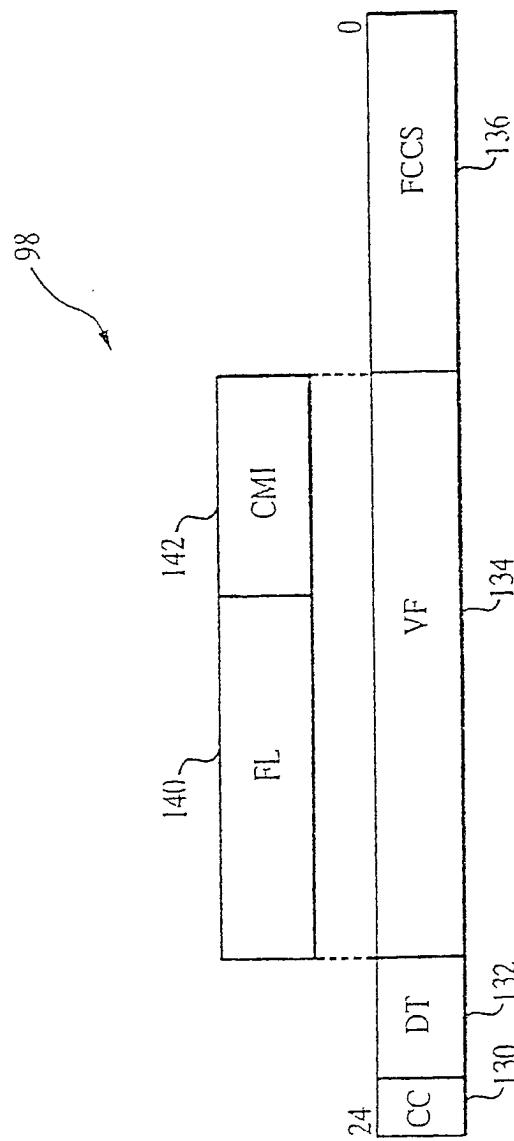


FIG. 5A

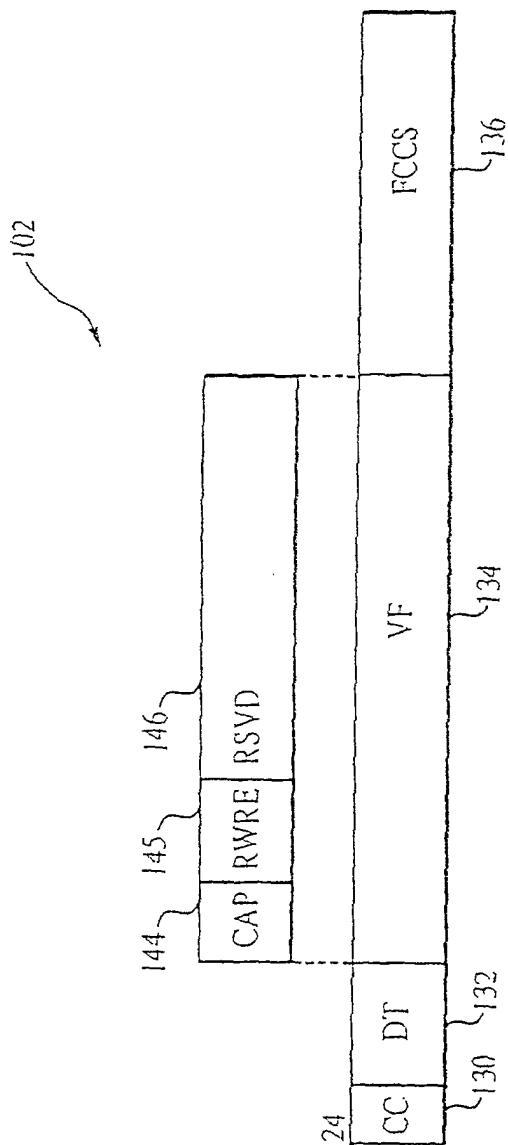


FIG. 5B

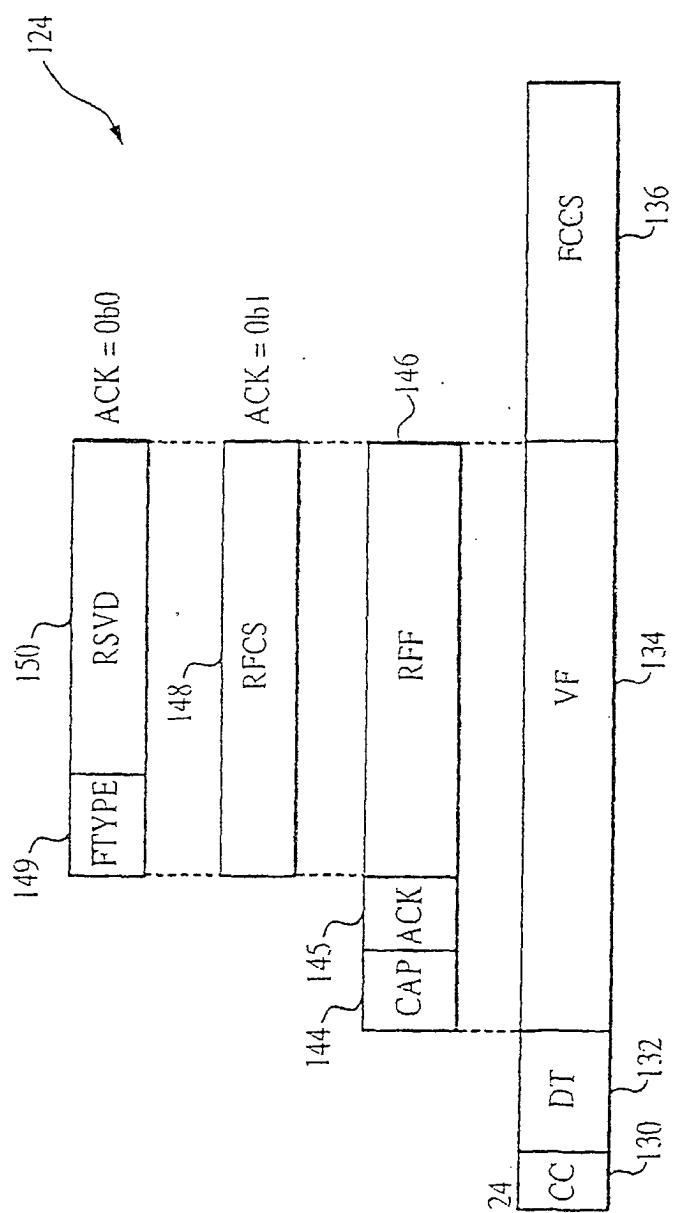


FIG. 6

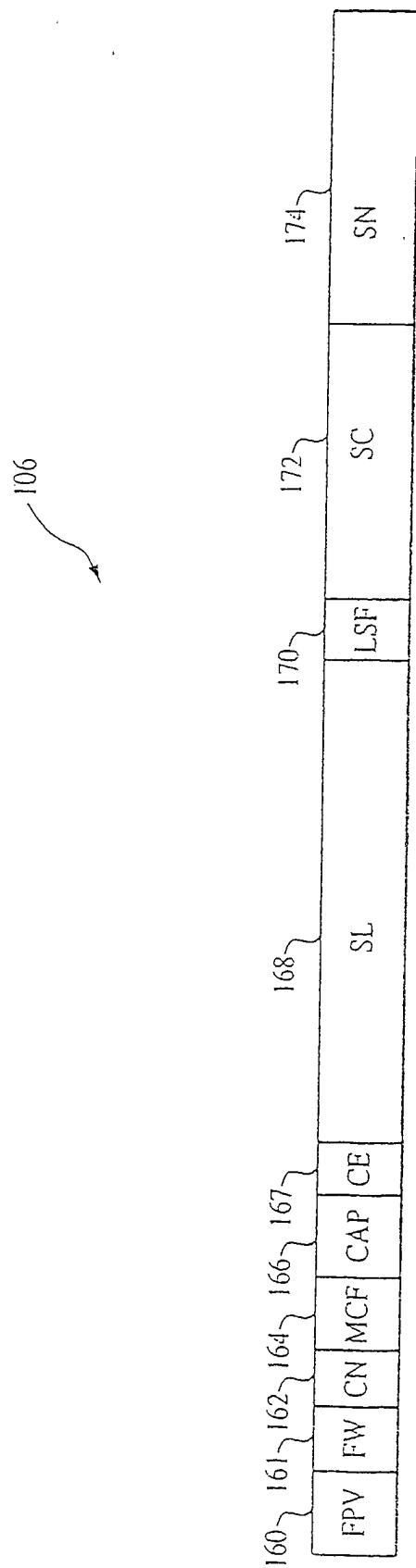


FIG. 7

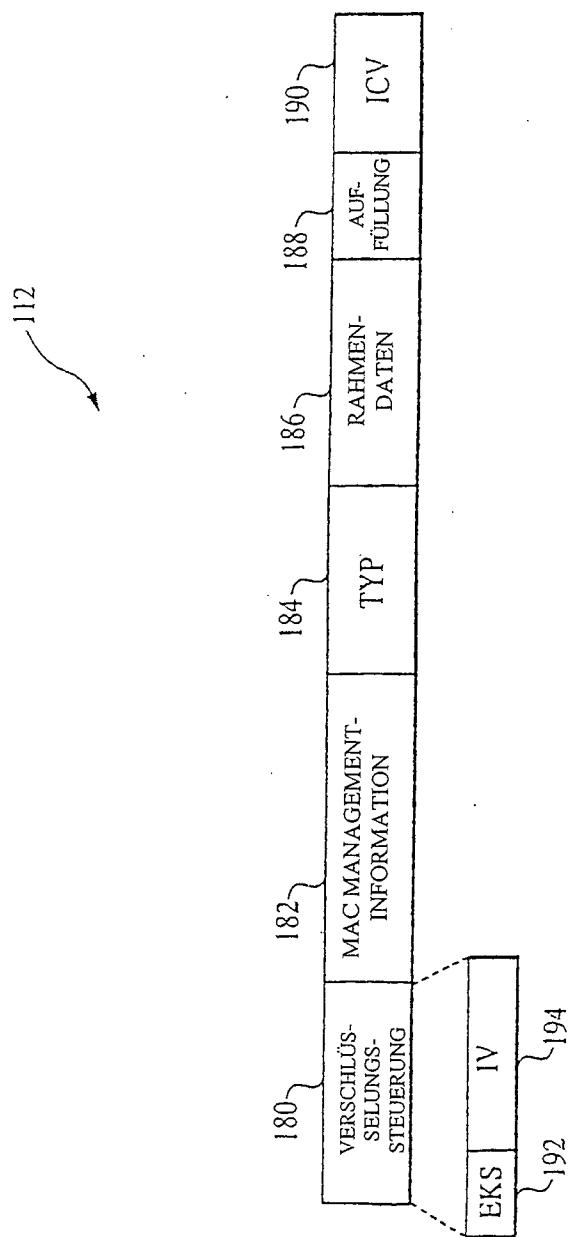


FIG. 8

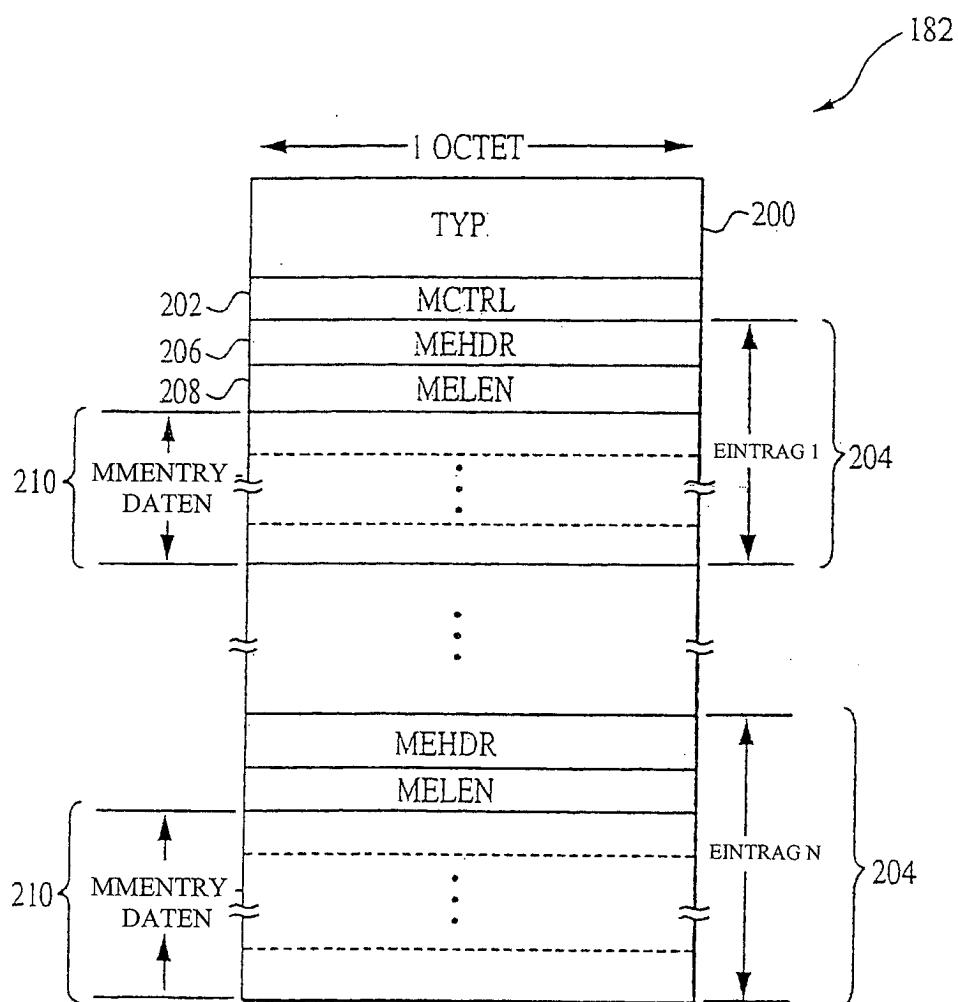


FIG. 9

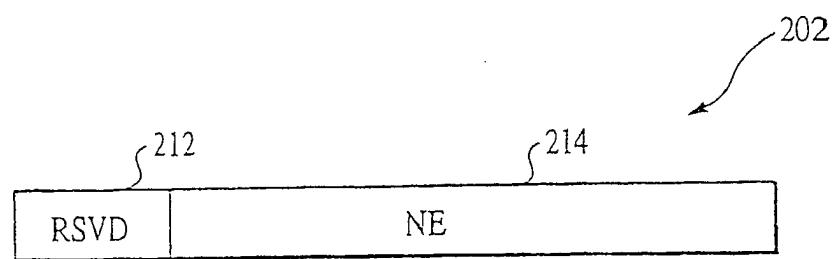


FIG. 10

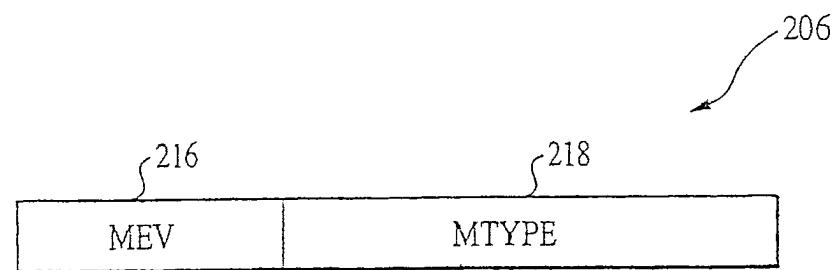


FIG. 11

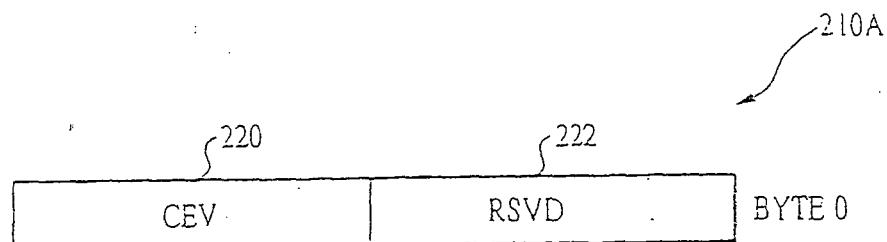


FIG. 12A

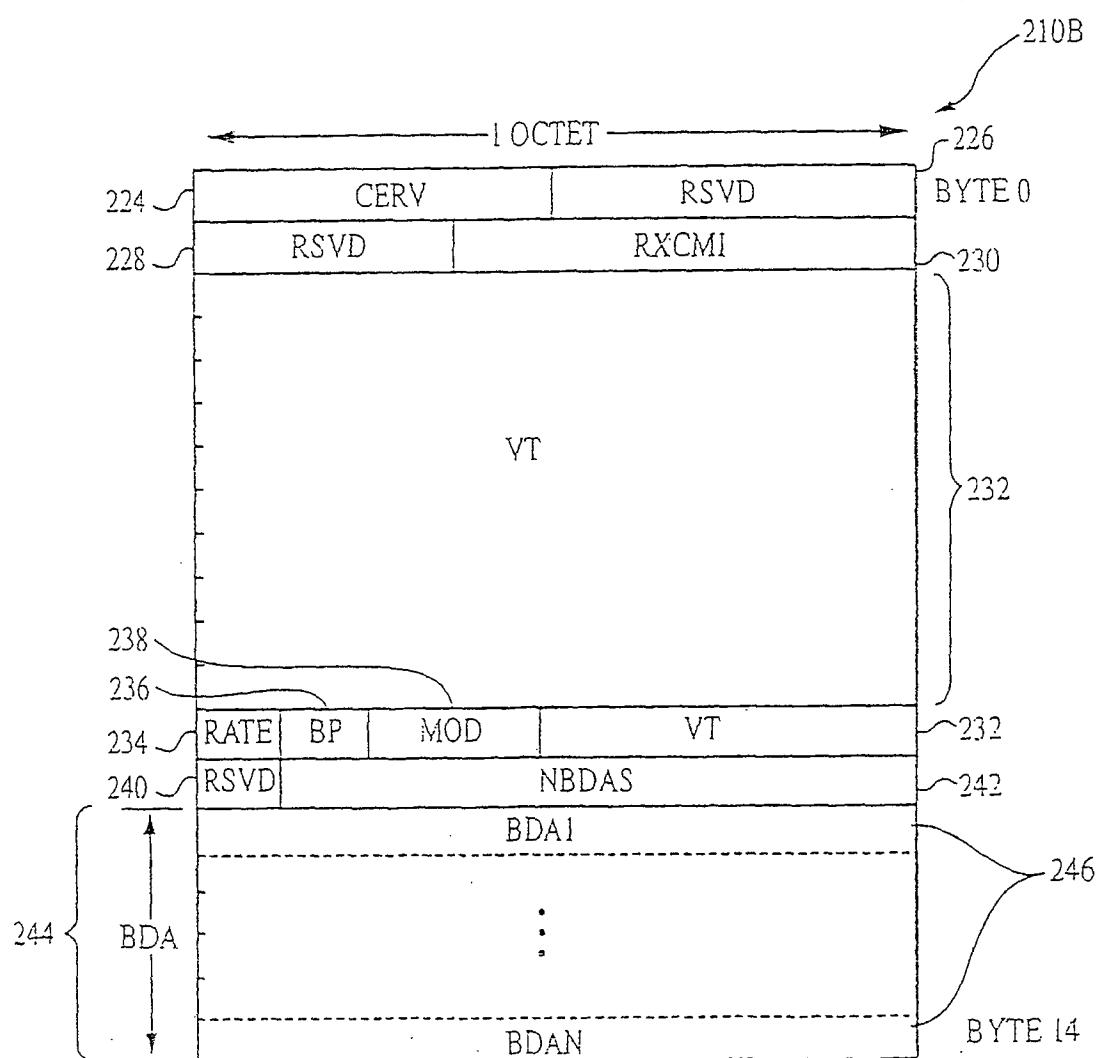


FIG. 12B

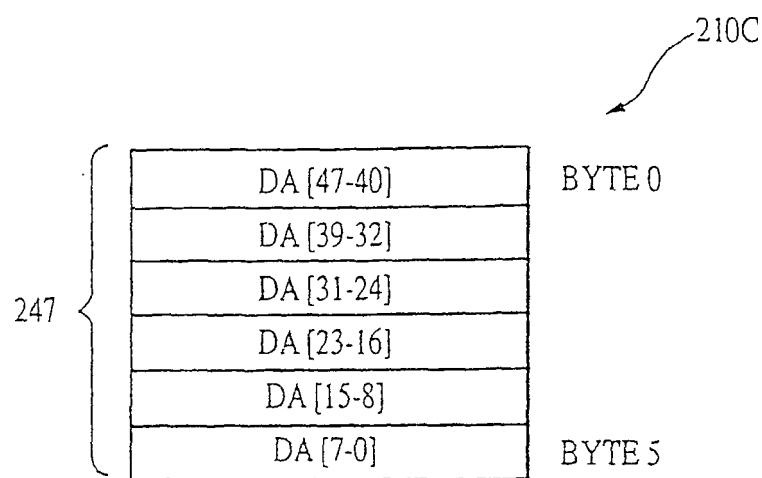


FIG. 13A

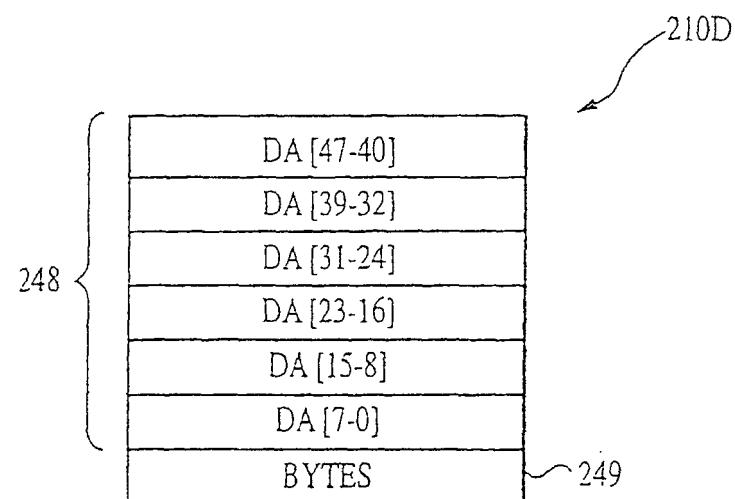


FIG. 13B

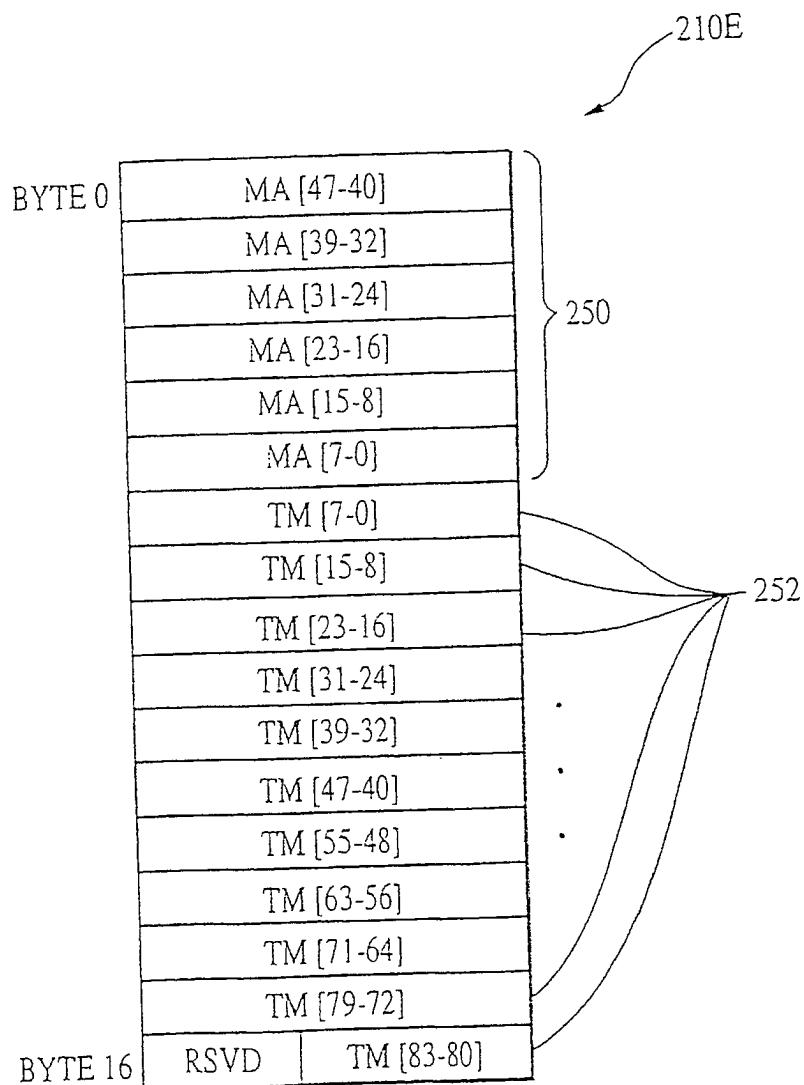


FIG. 14

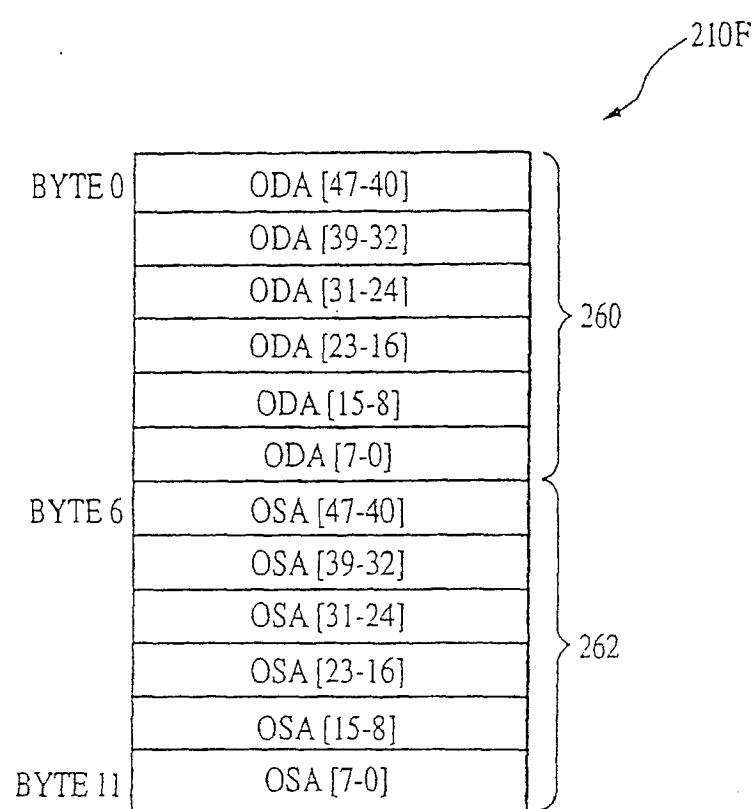


FIG. 15

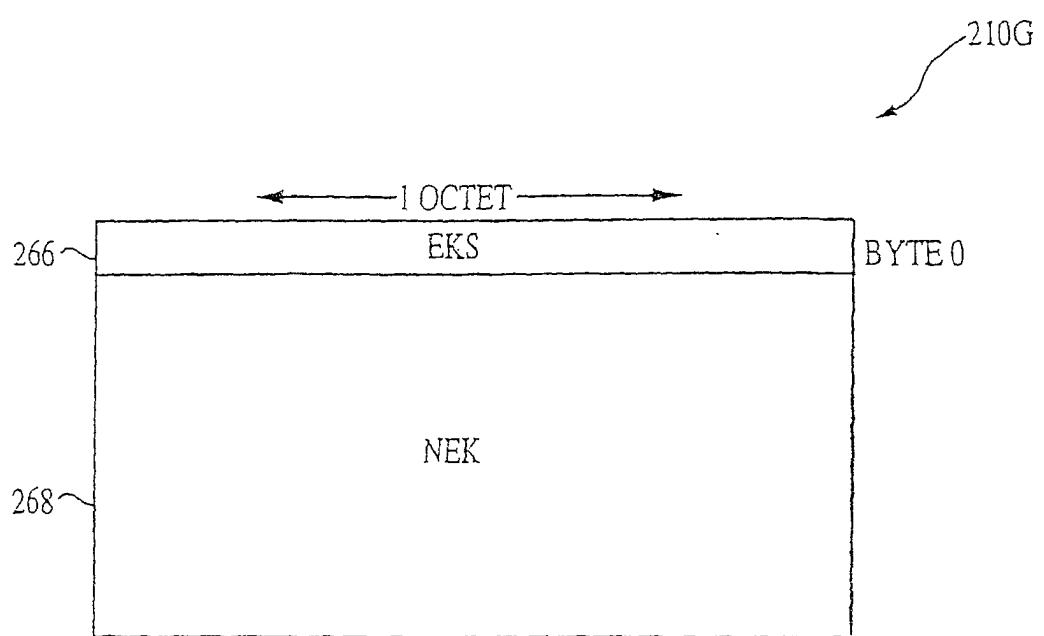


FIG. 16

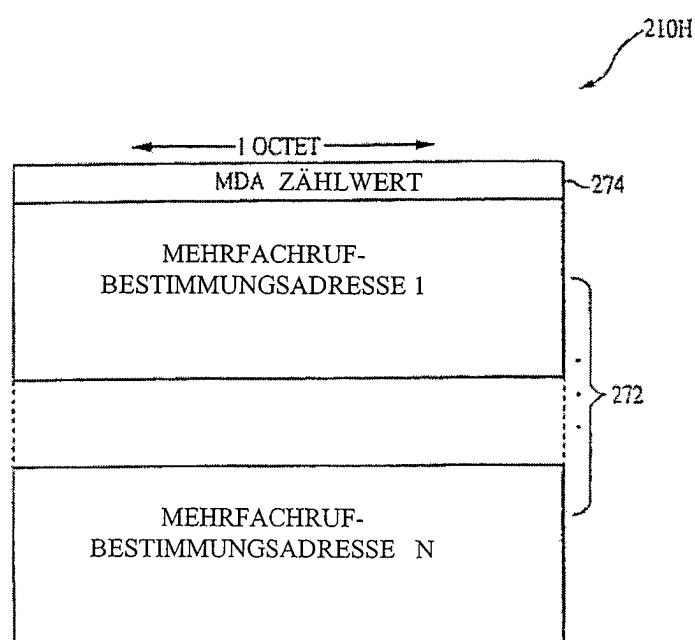


FIG. 17

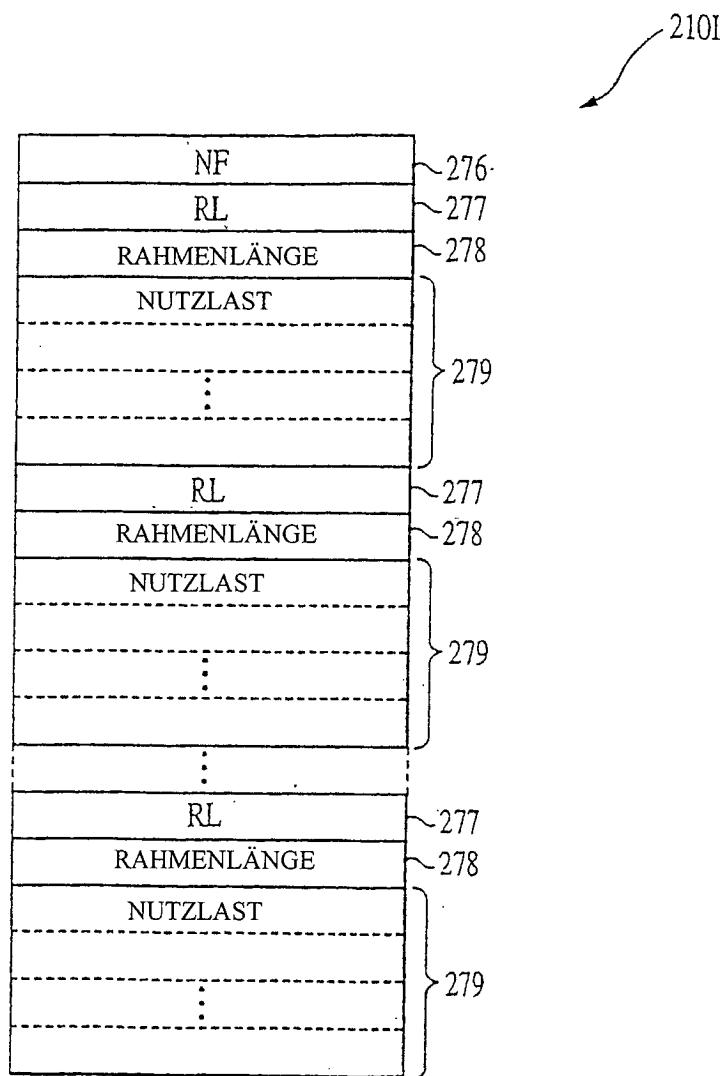


FIG. 18

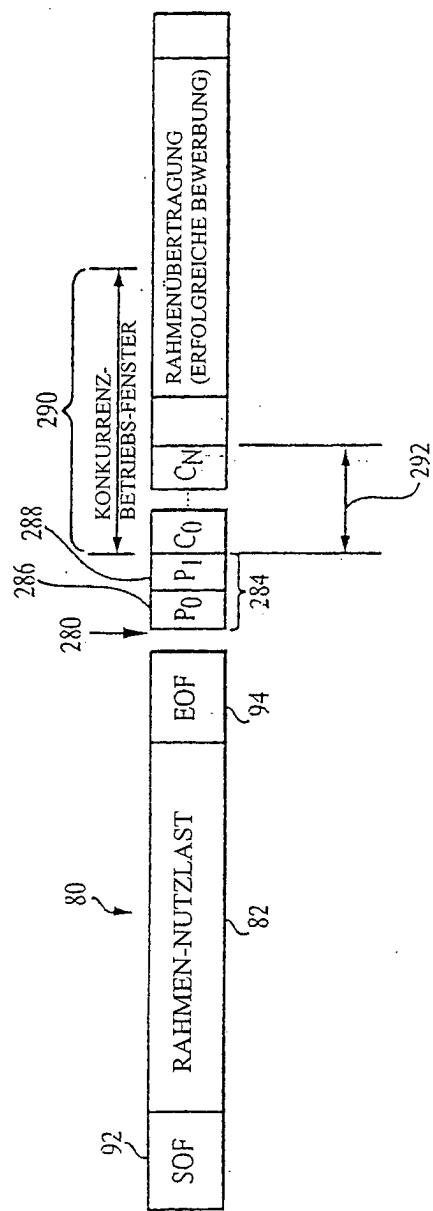


FIG. 19A

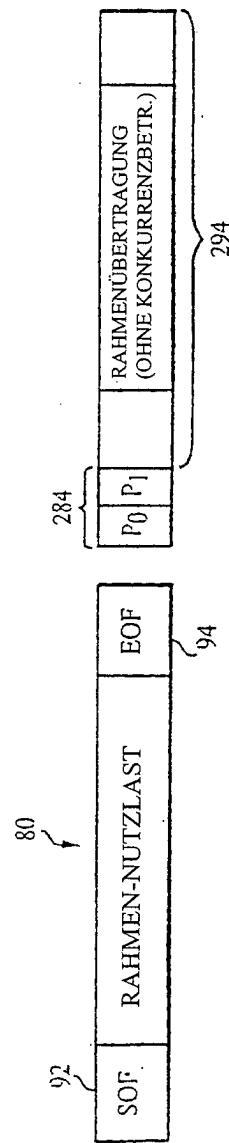


FIG. 19B

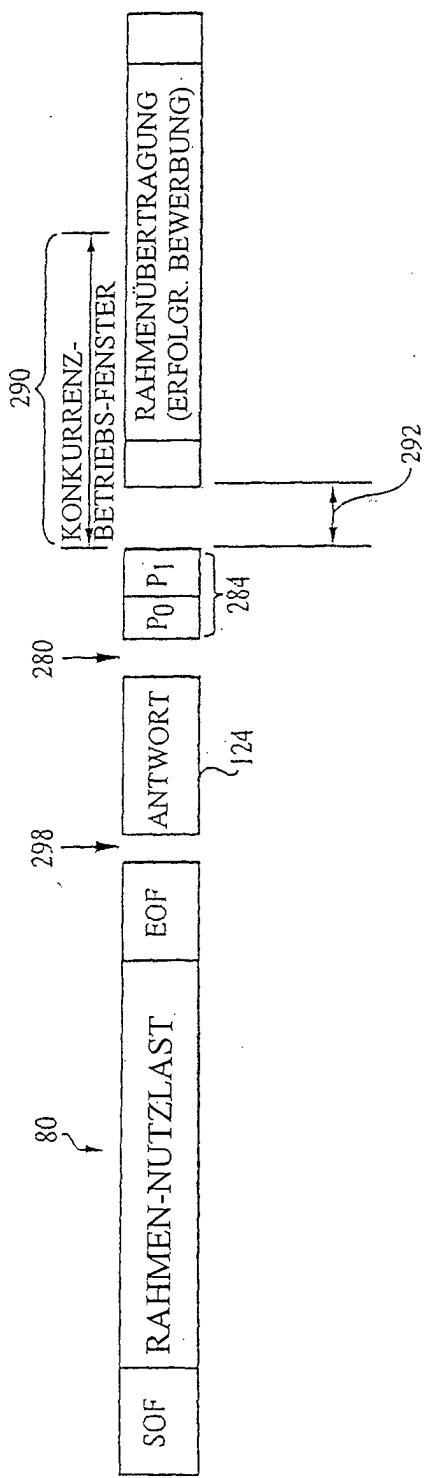


FIG. 19C

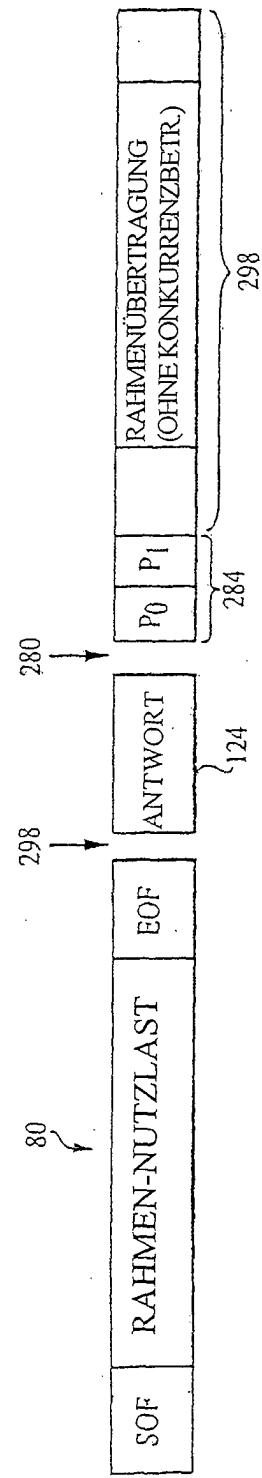


FIG. 19D

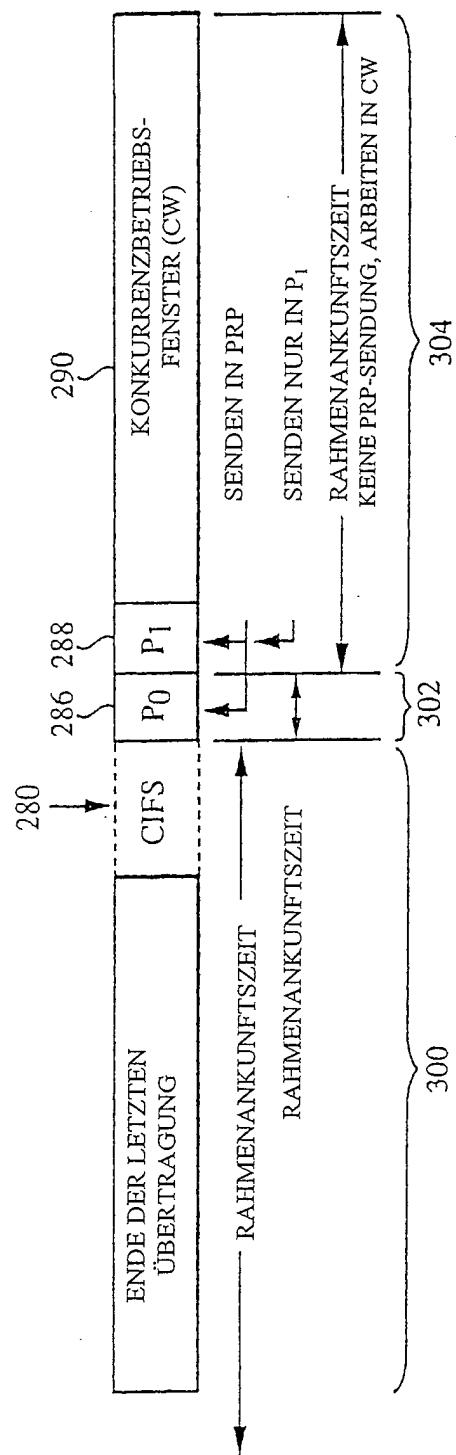


FIG. 20

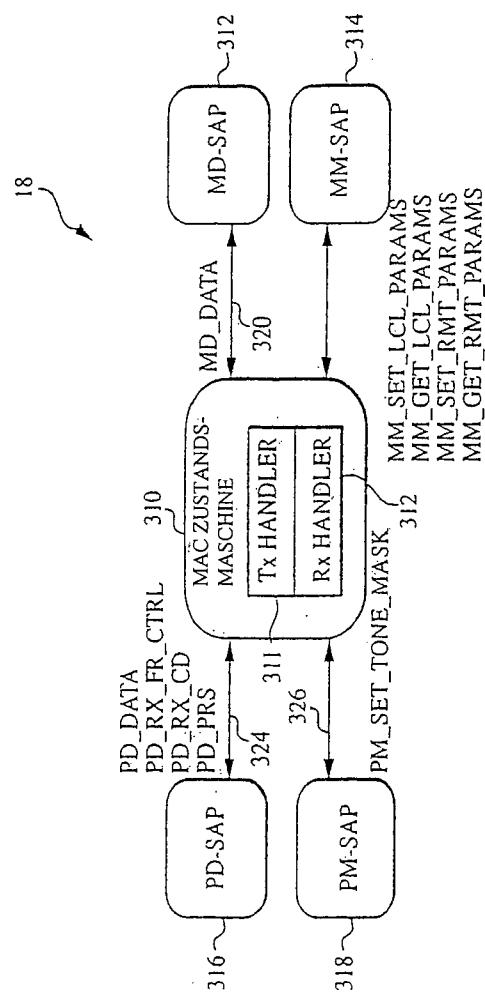


FIG. 21

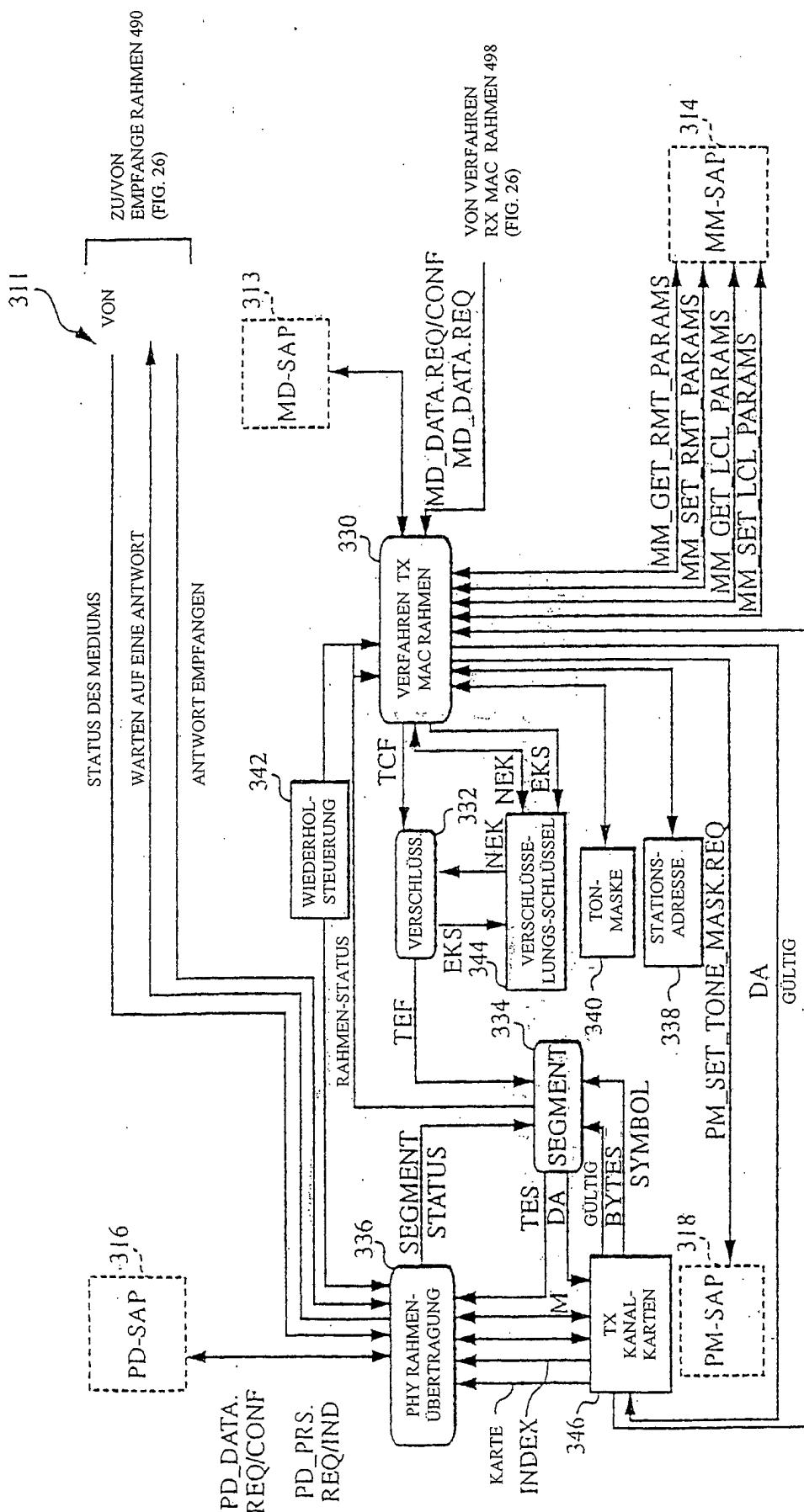
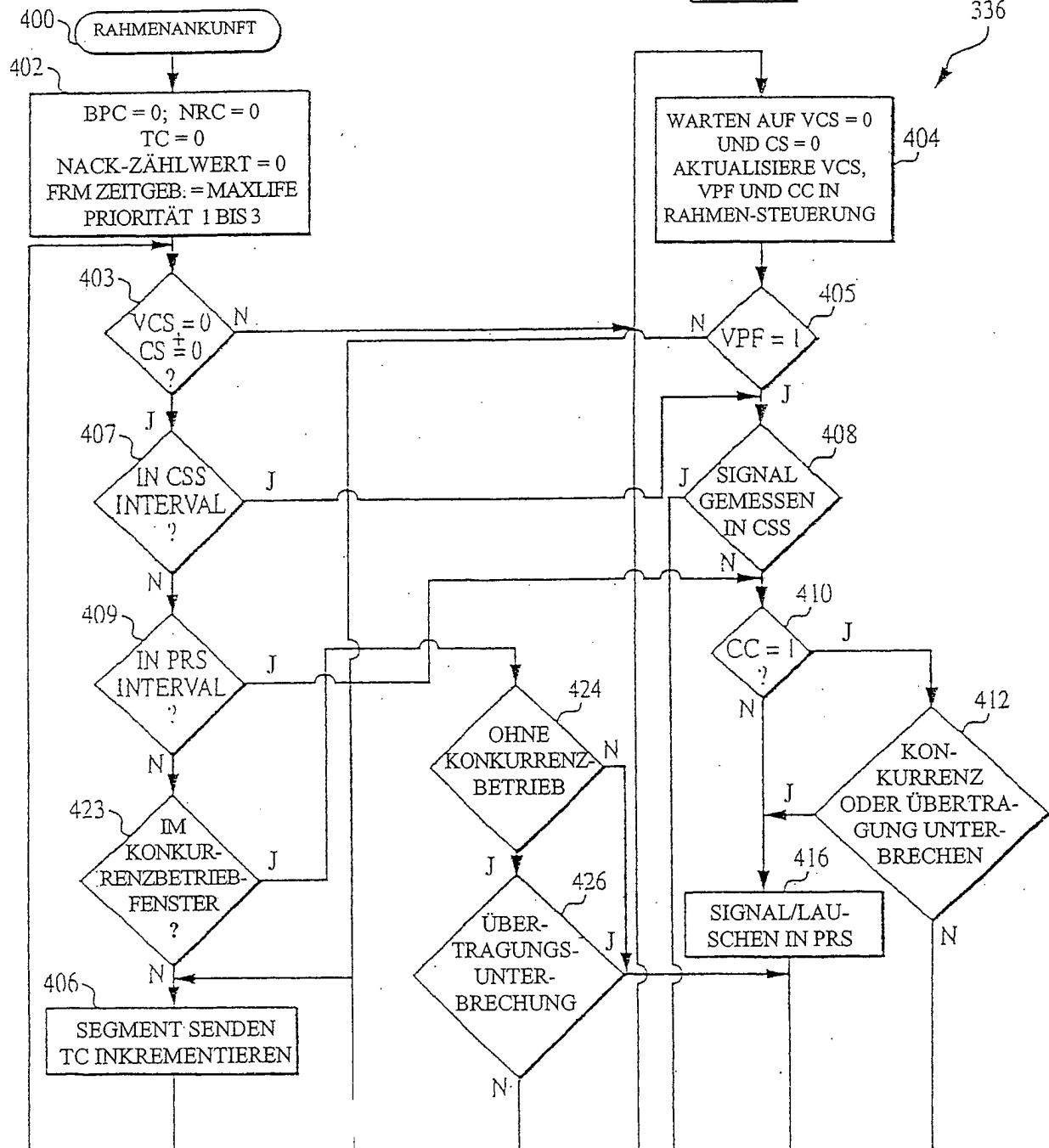


FIG. 22

FIG. 23A



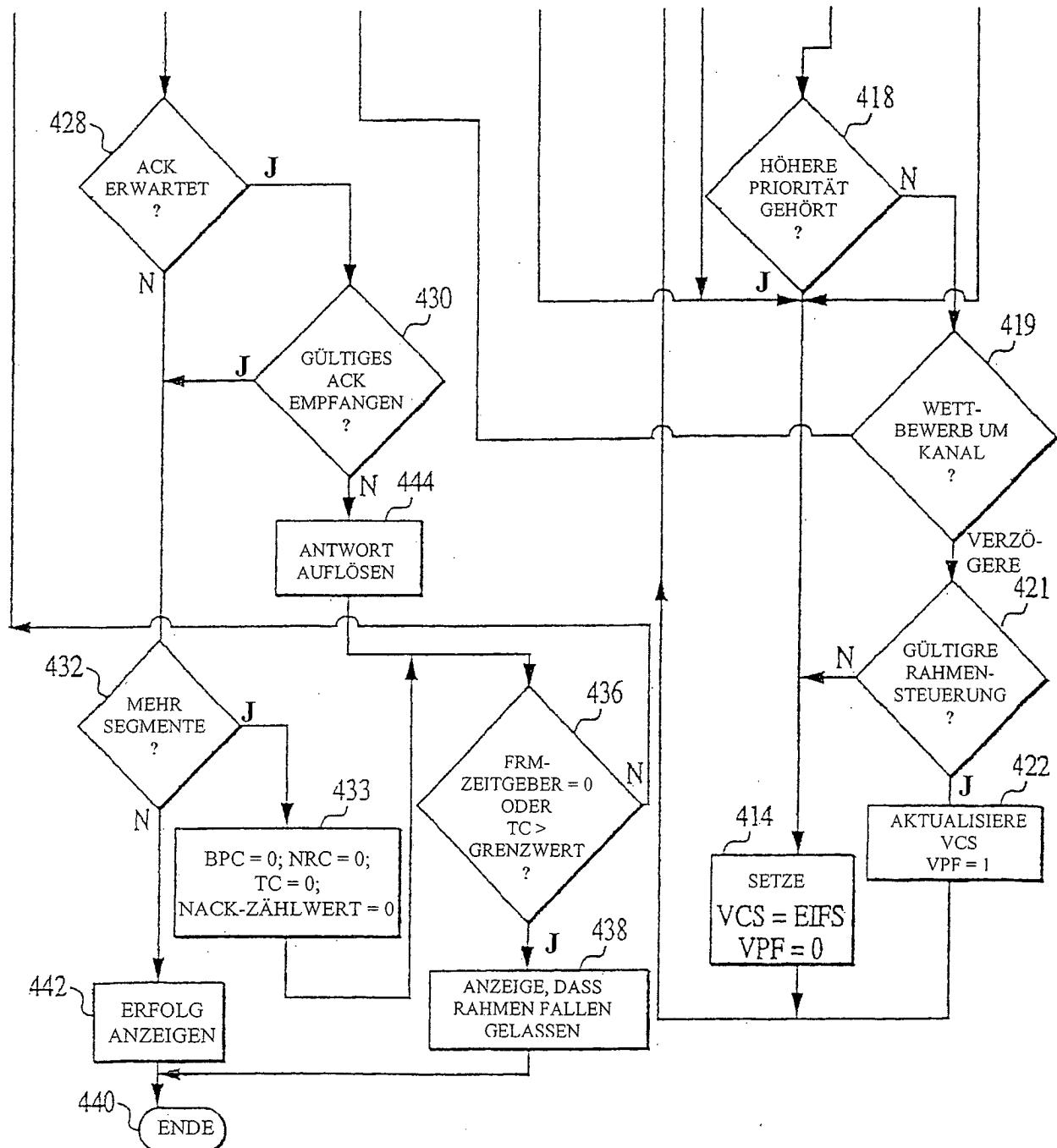
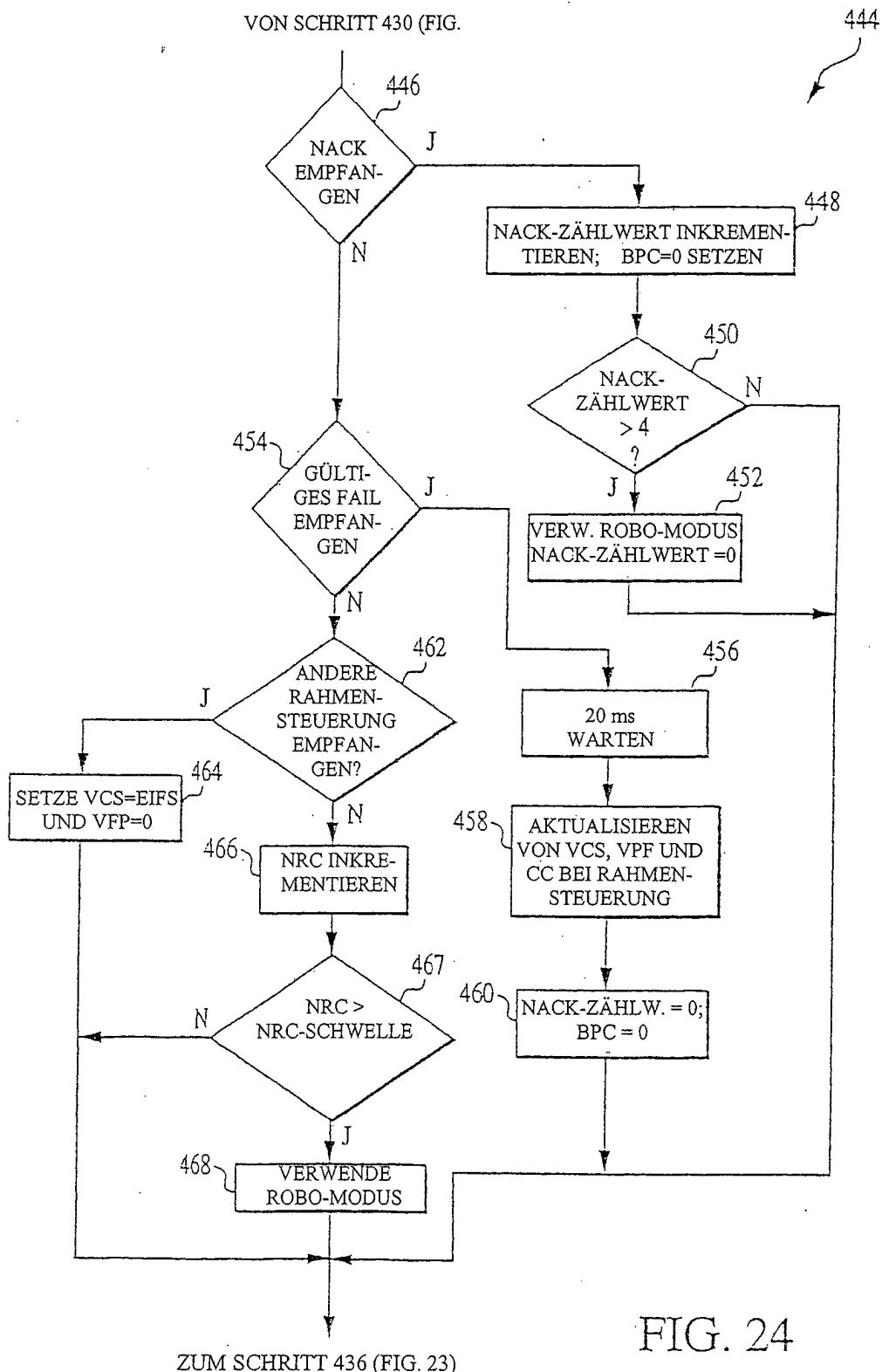


FIG. 23B



VON SCHRITT 418 (FIG. 23)

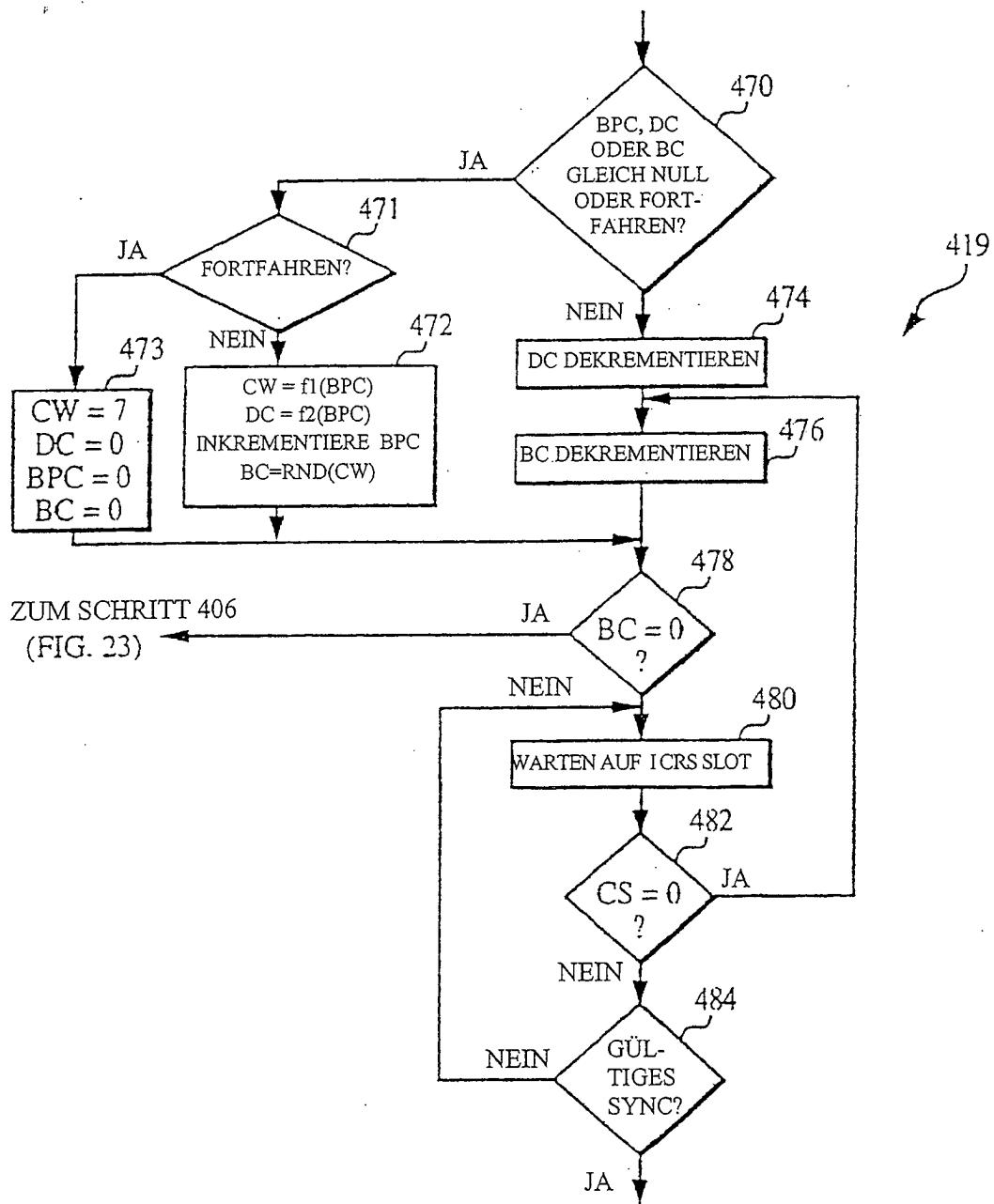


FIG. 25

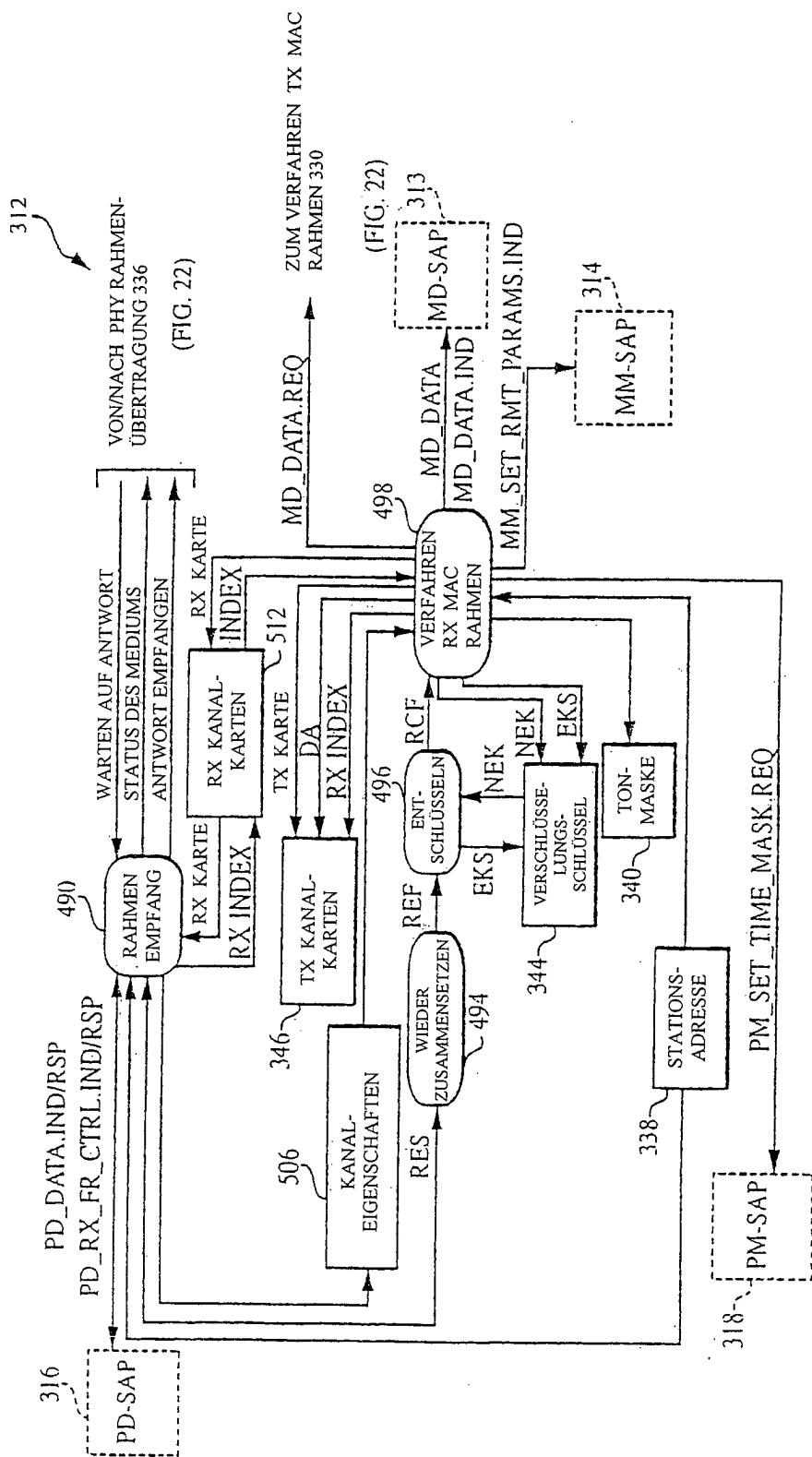
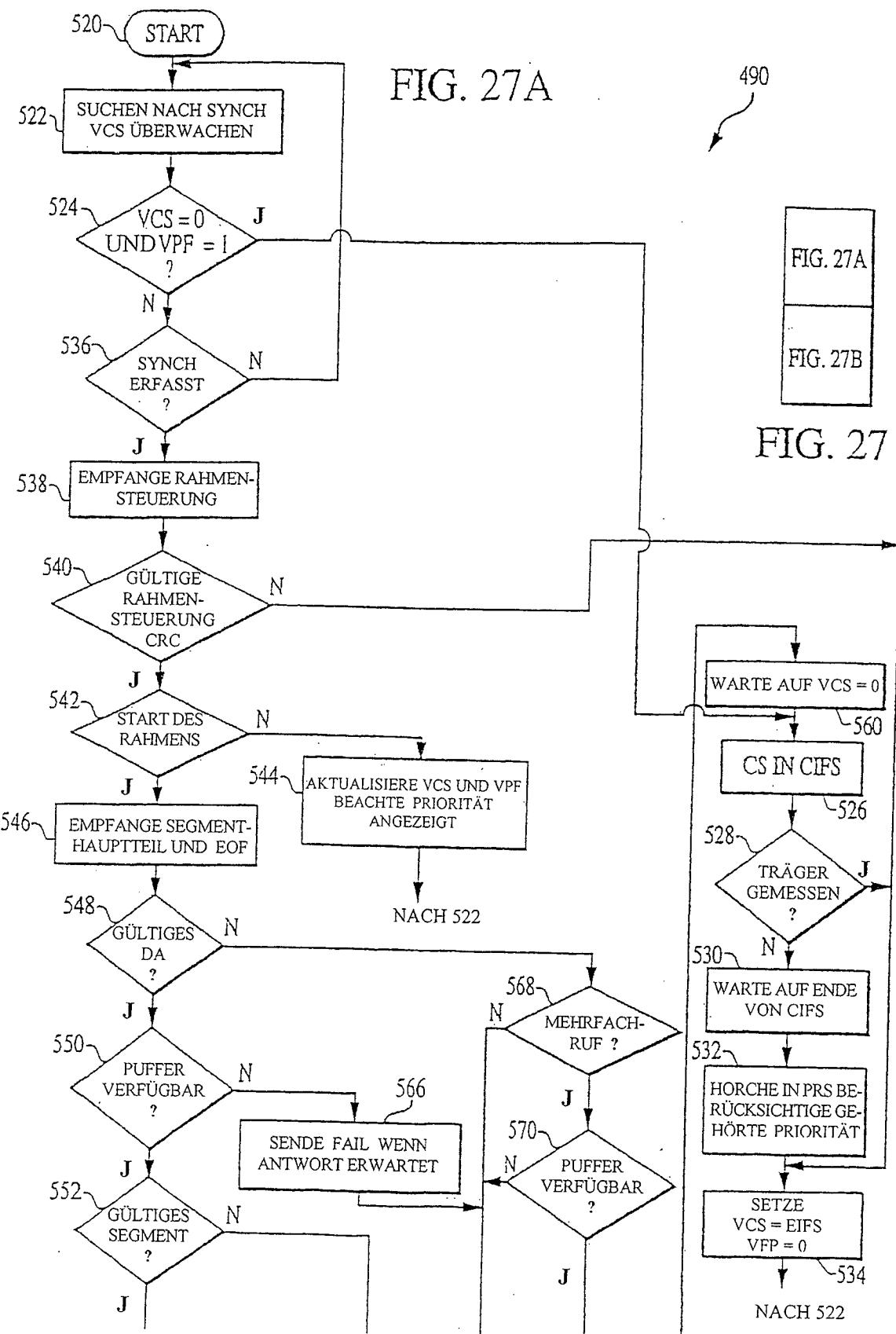


FIG. 26



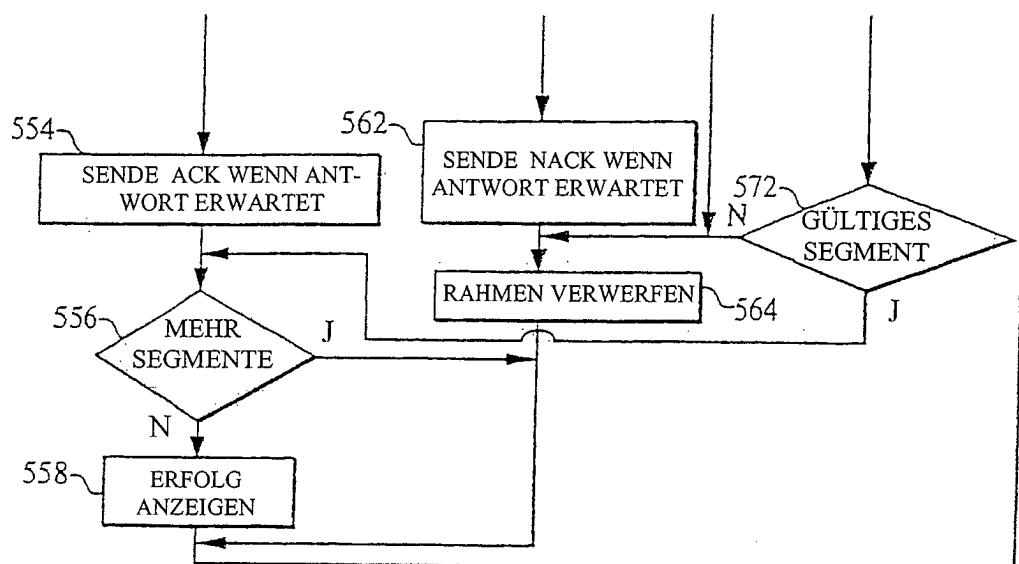


FIG. 27B

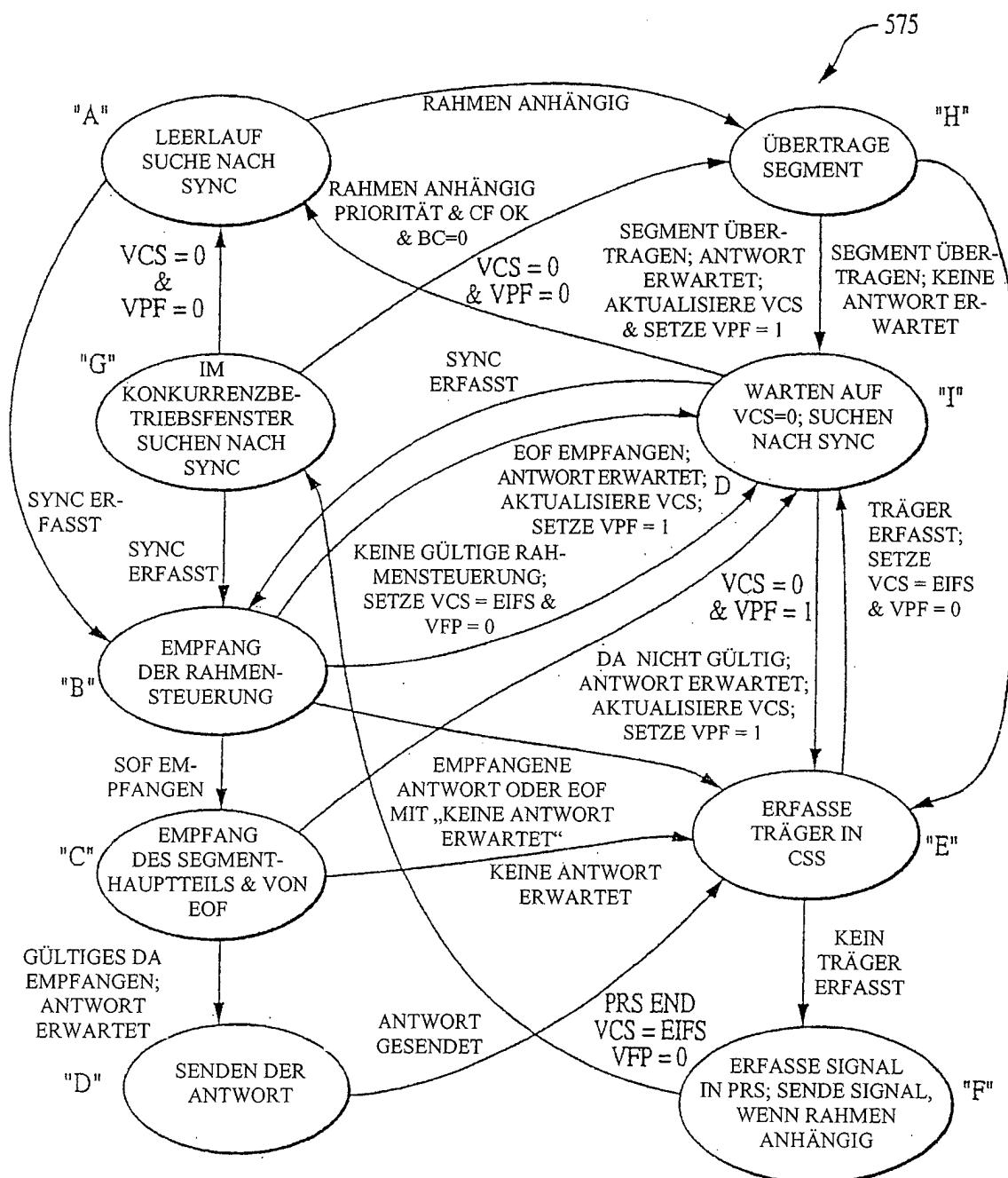


FIG. 28

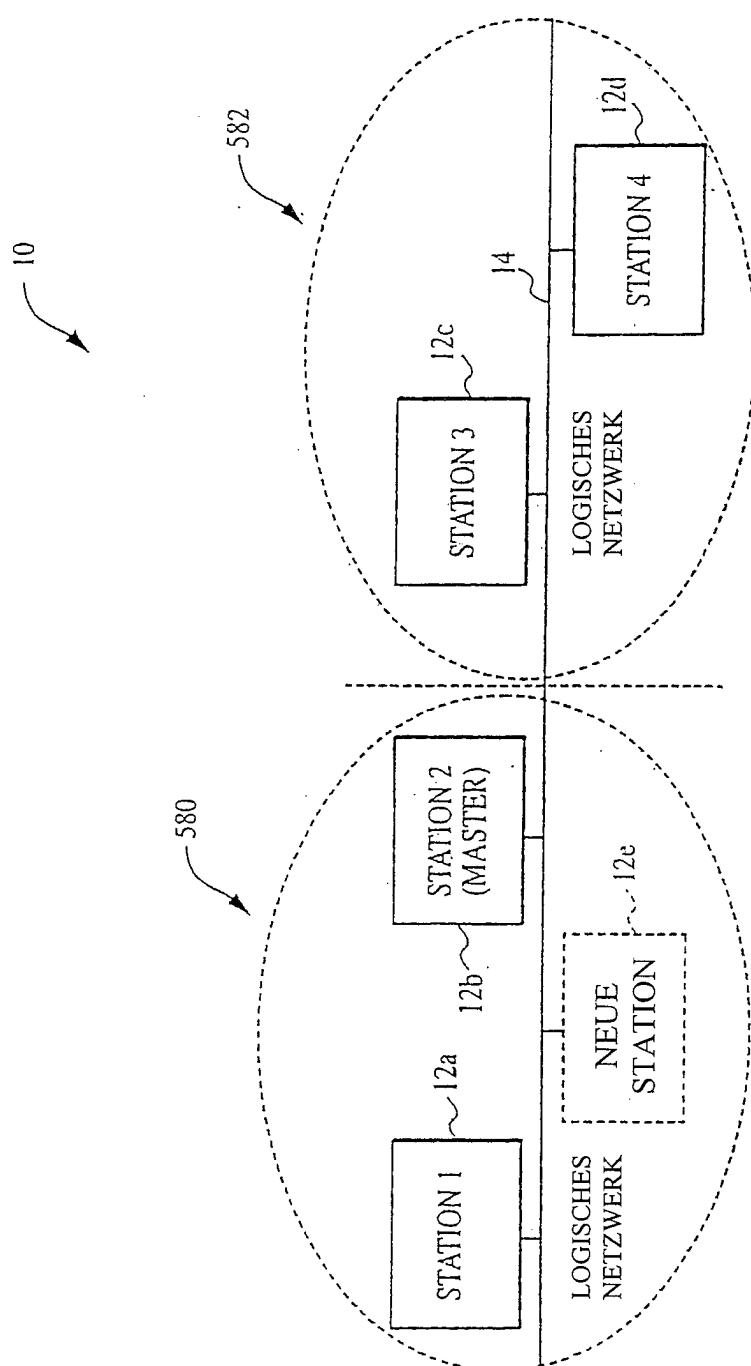


FIG. 29

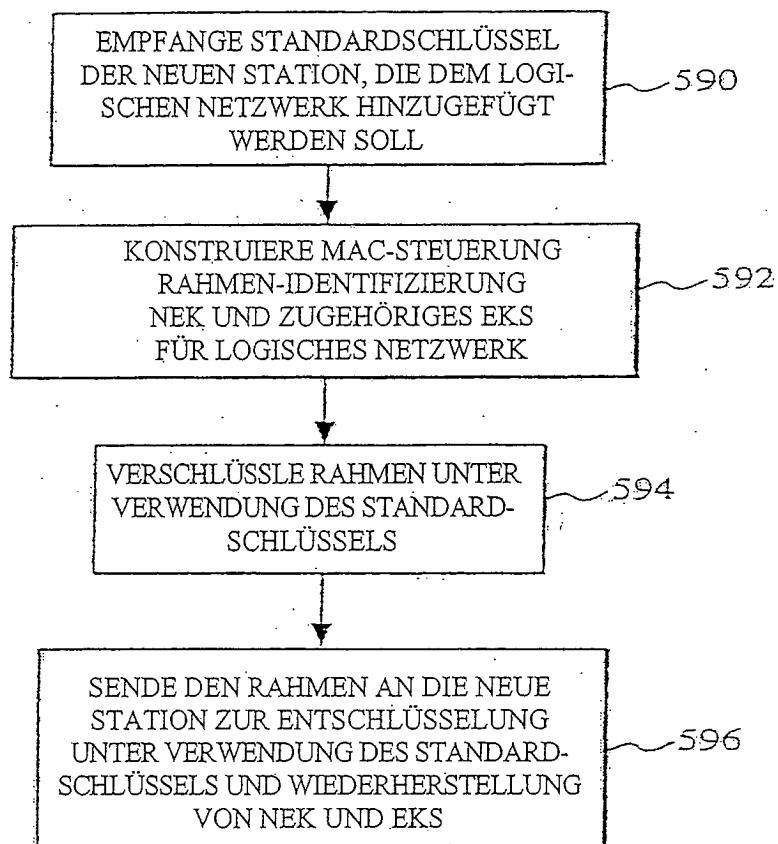


FIG. 30

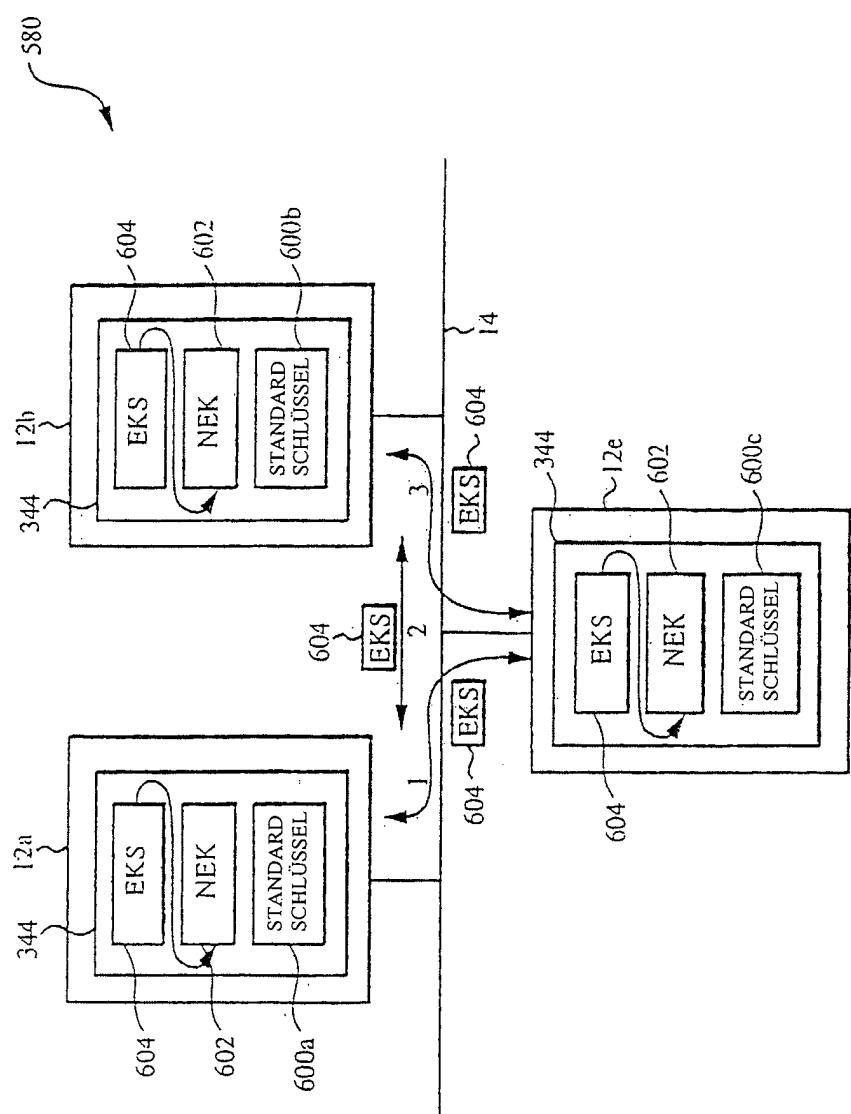


FIG. 31

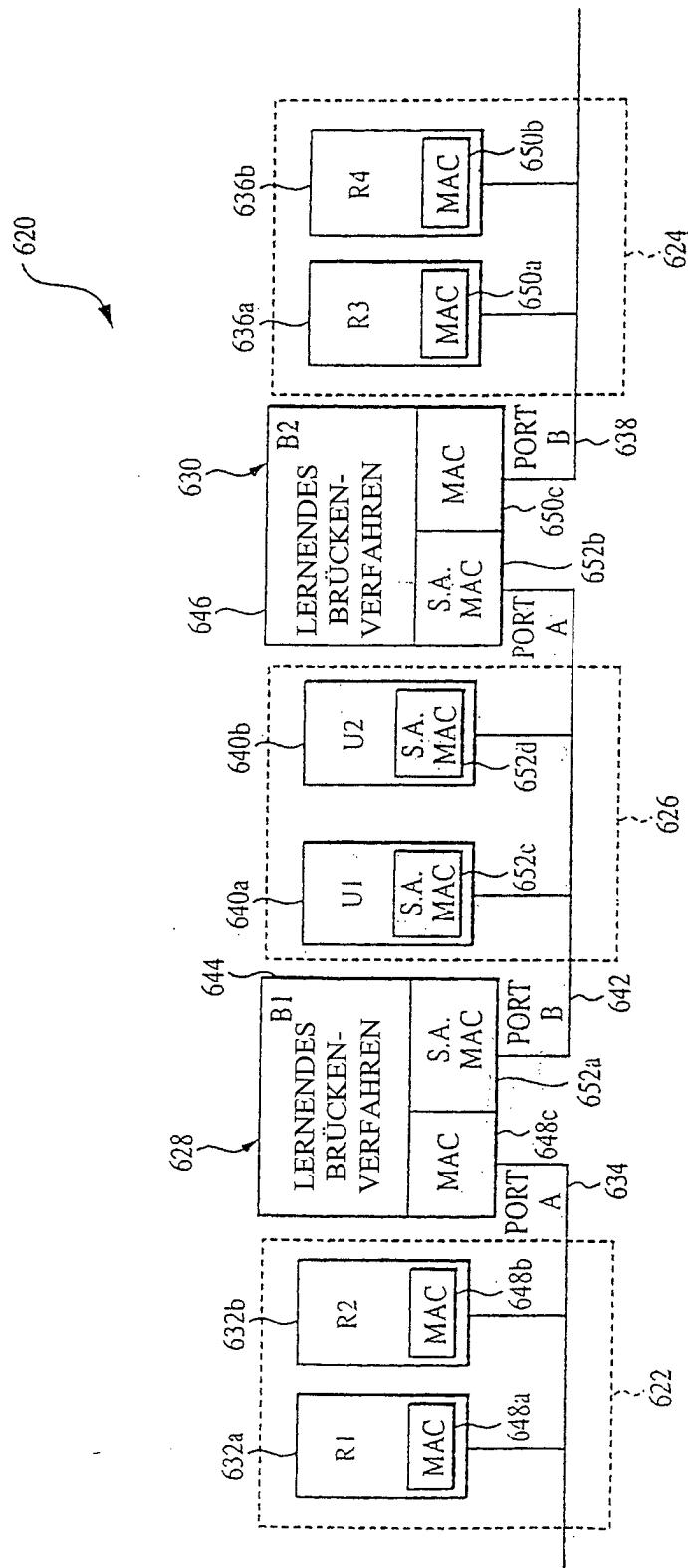


FIG. 32

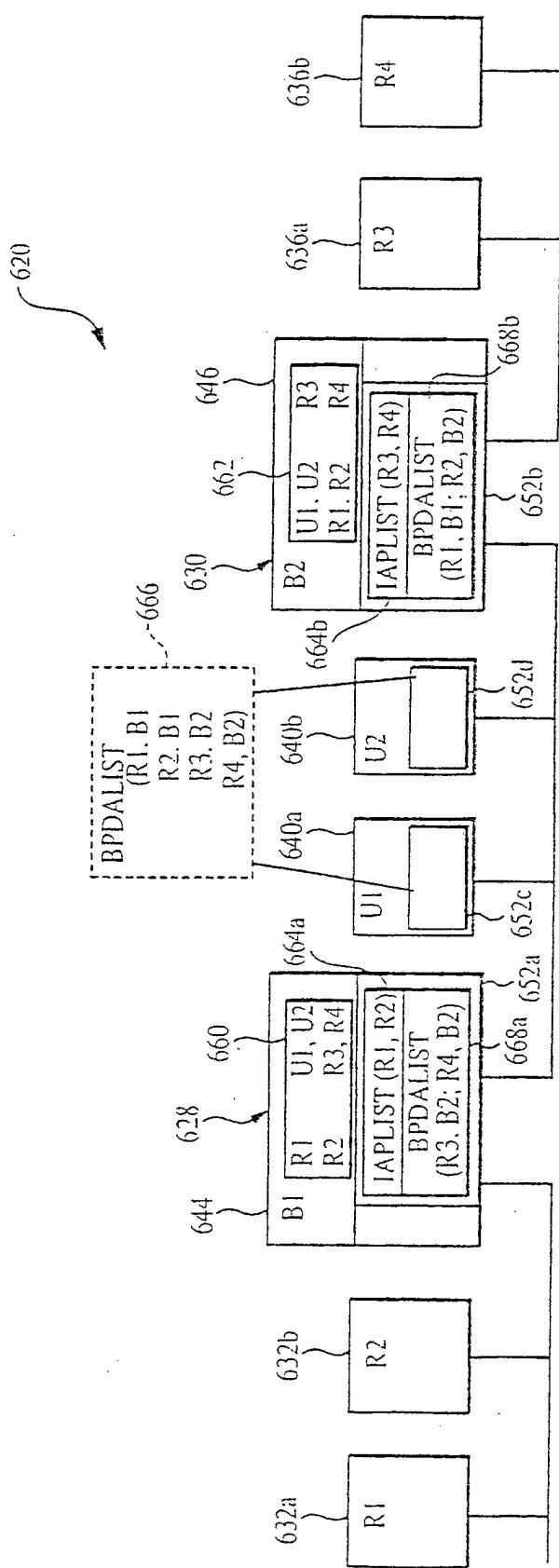


FIG. 33

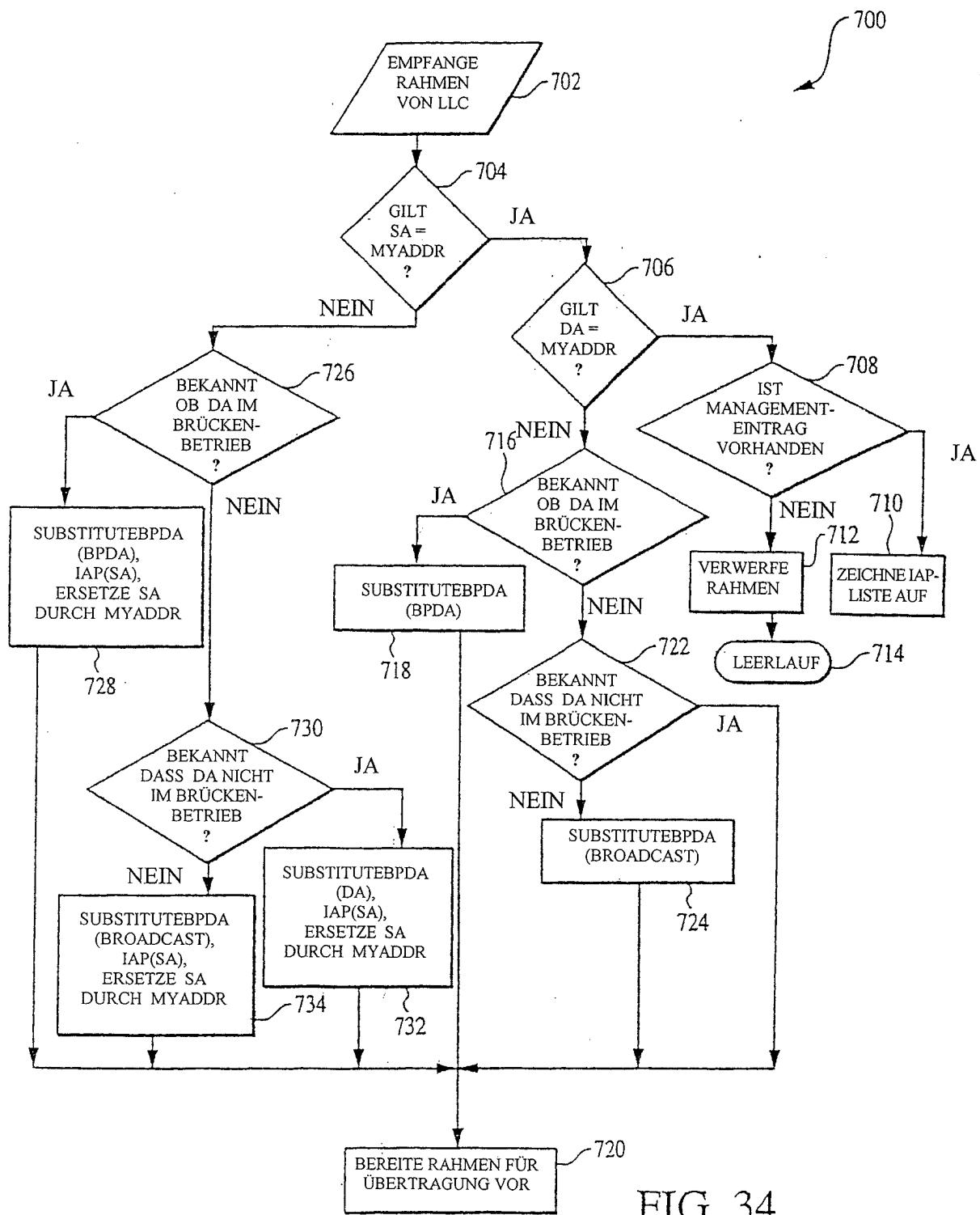


FIG. 34

VON FIG. 34

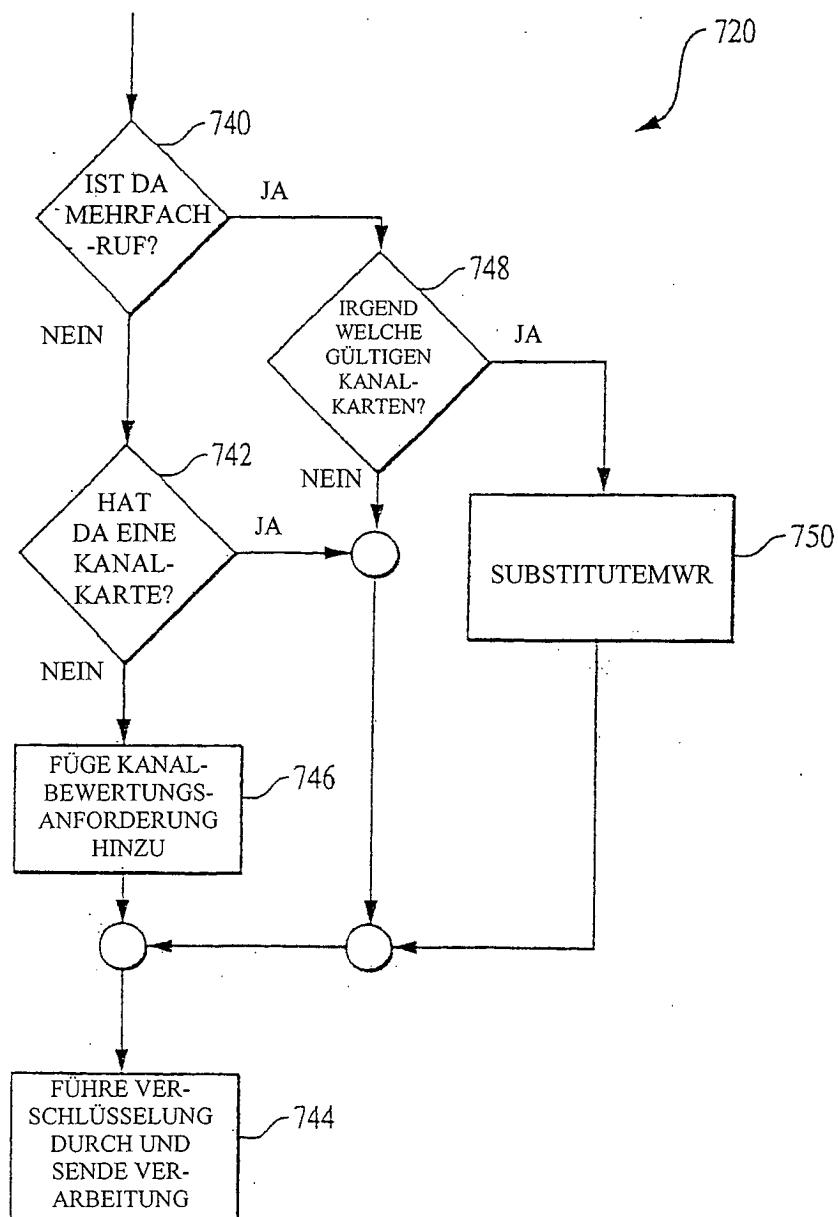


FIG. 35

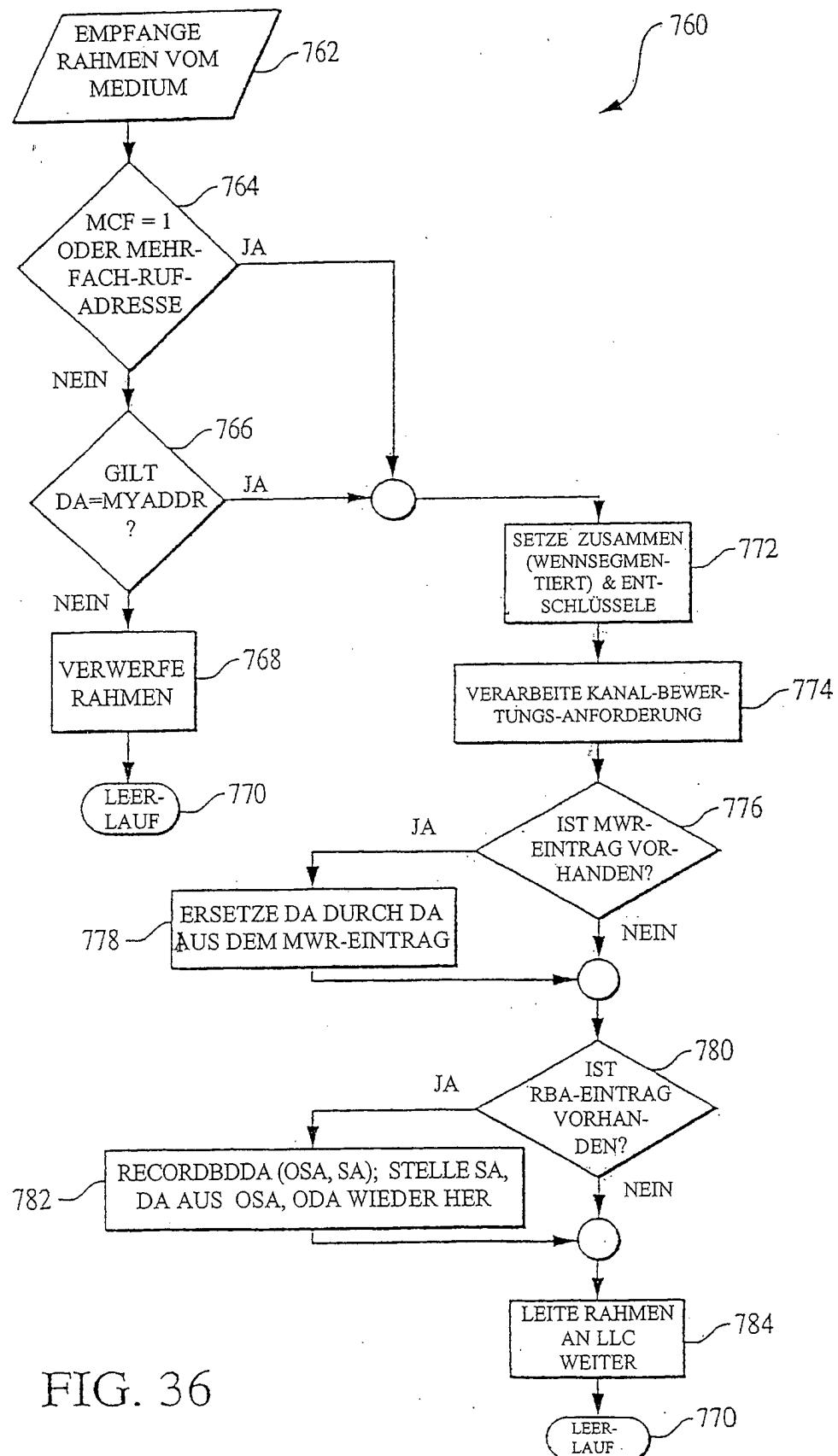


FIG. 36

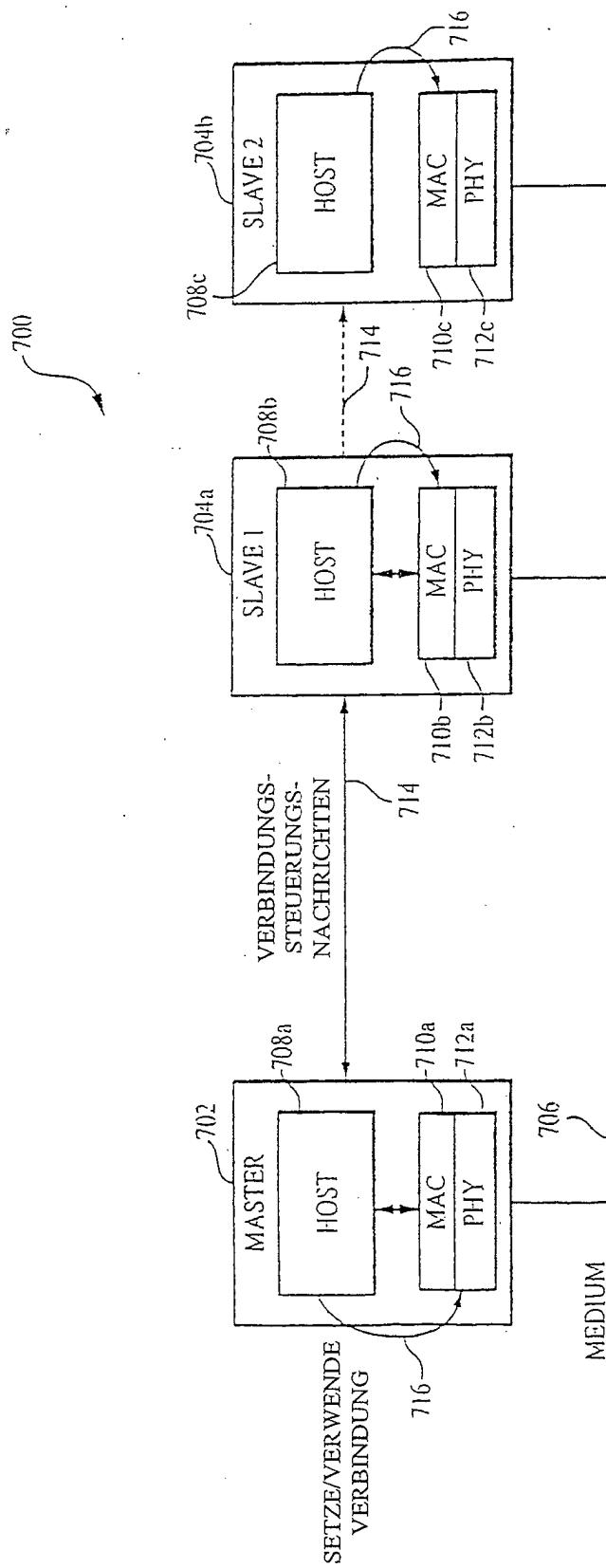


FIG. 37

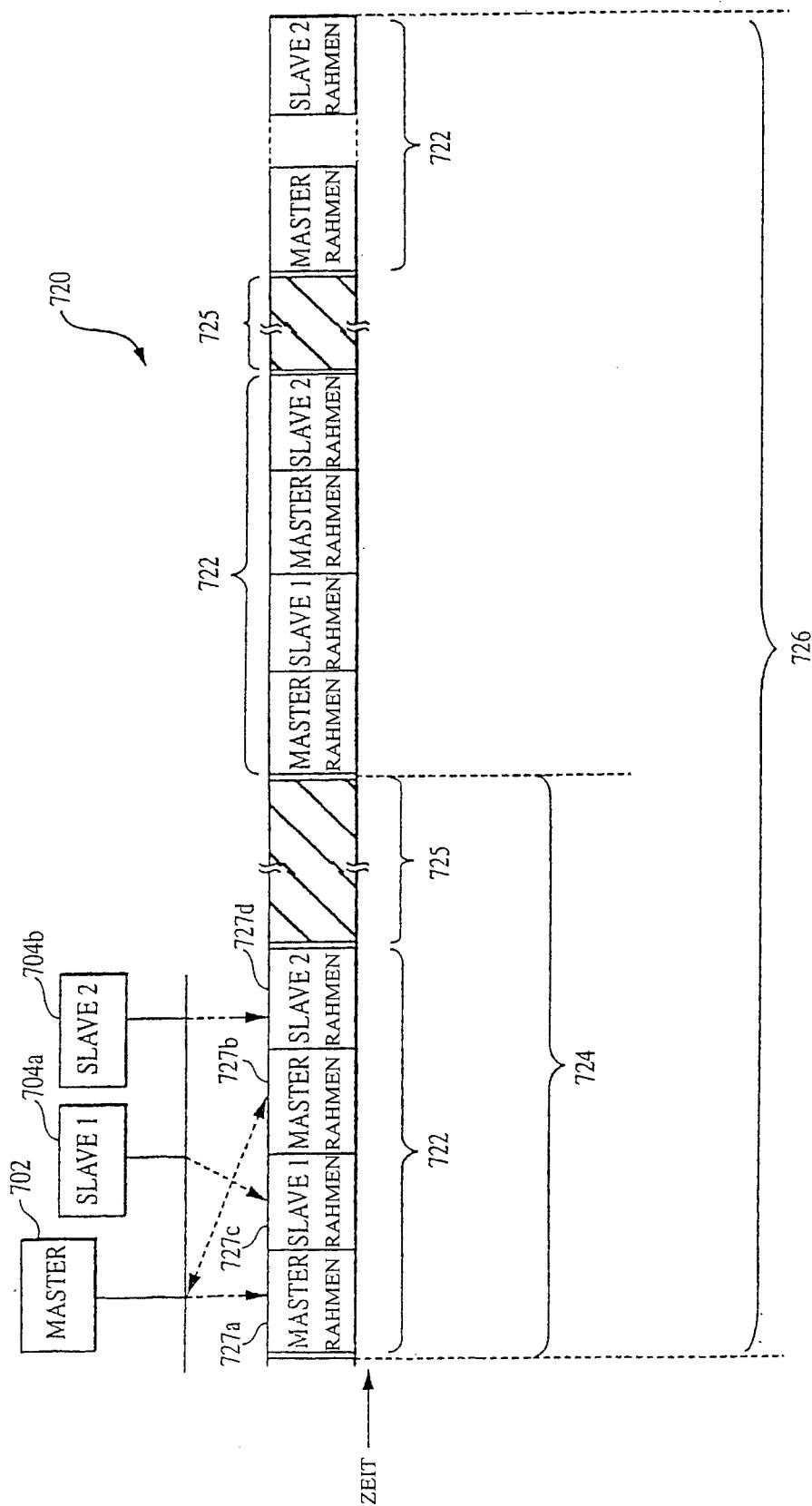


FIG. 38

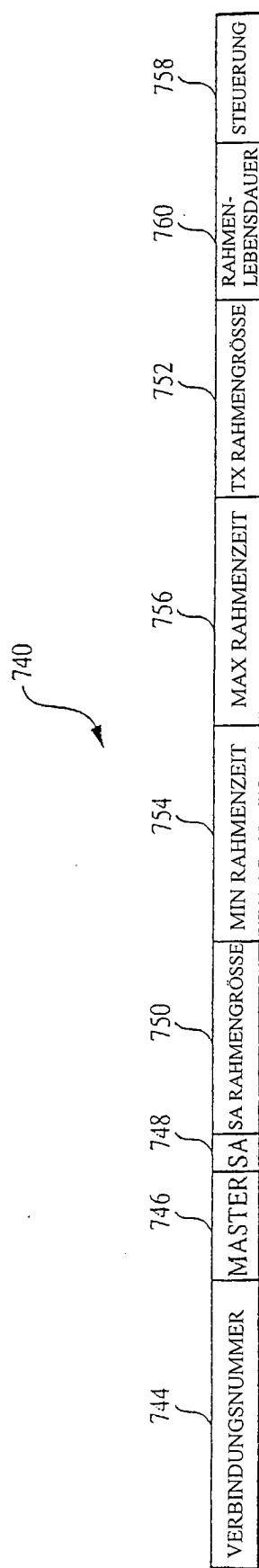


FIG. 39A



FIG. 39B

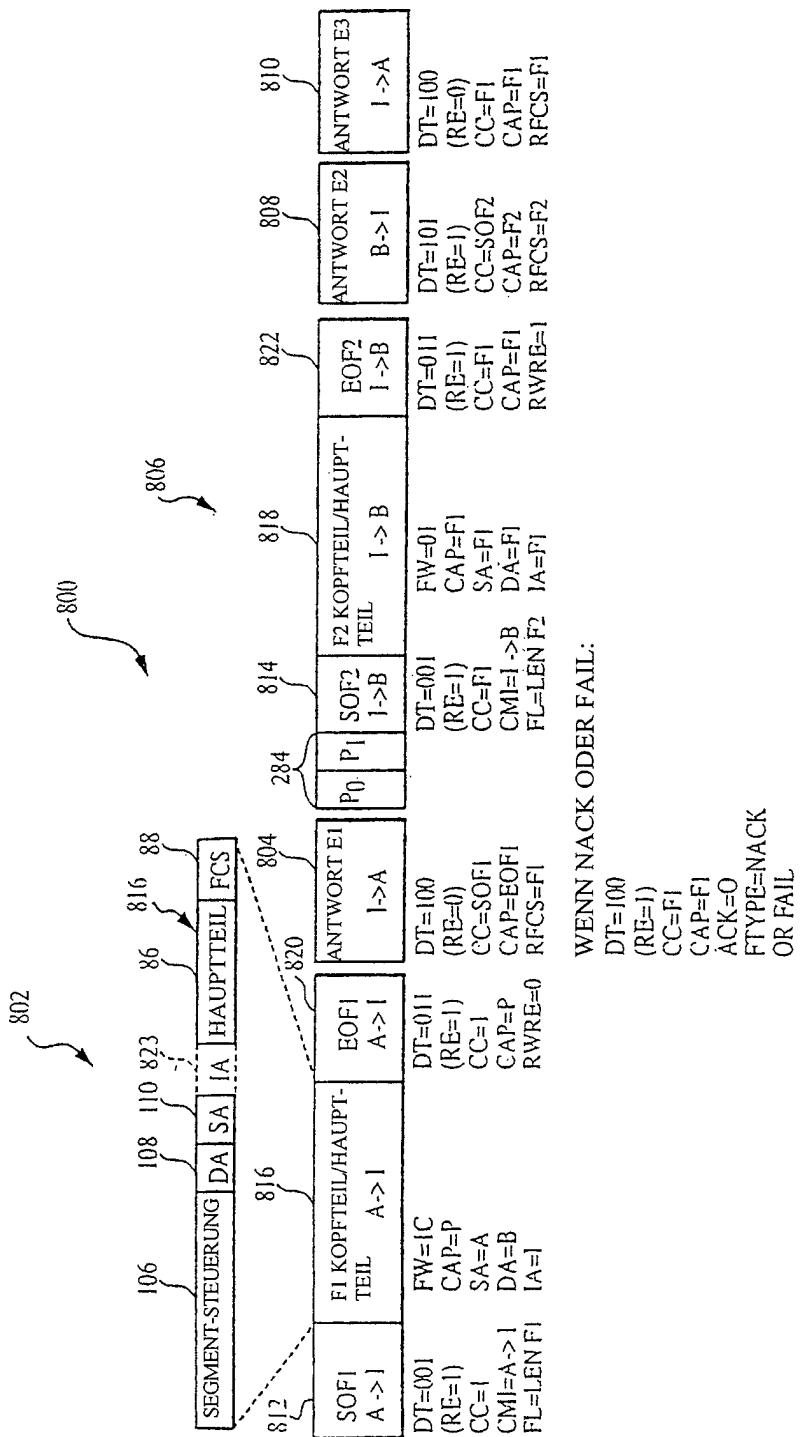


FIG. 40

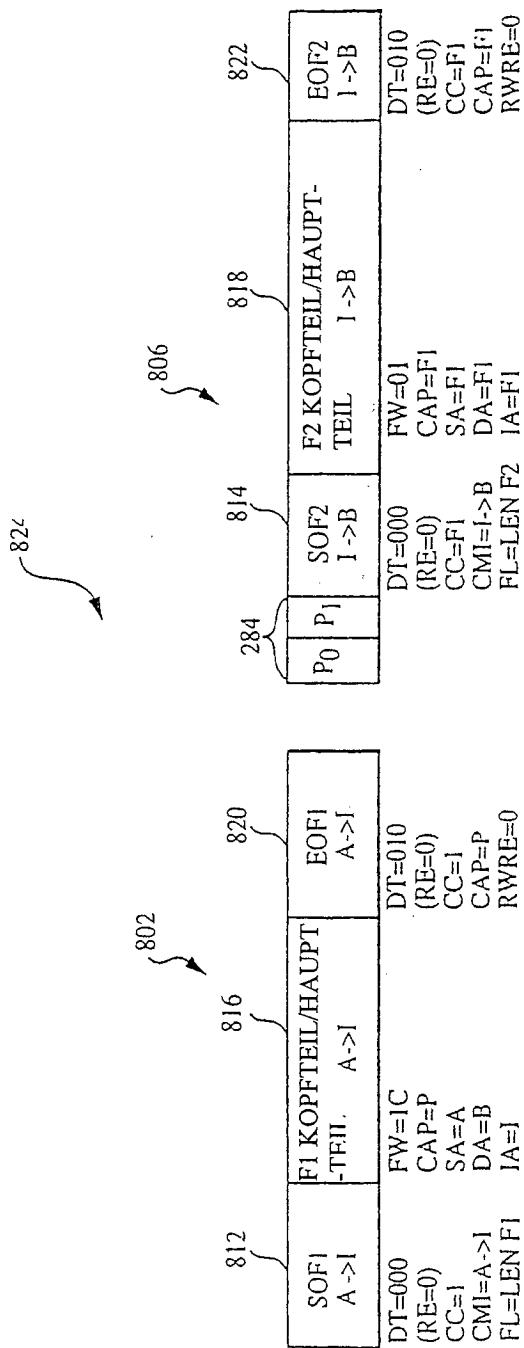


FIG. 41

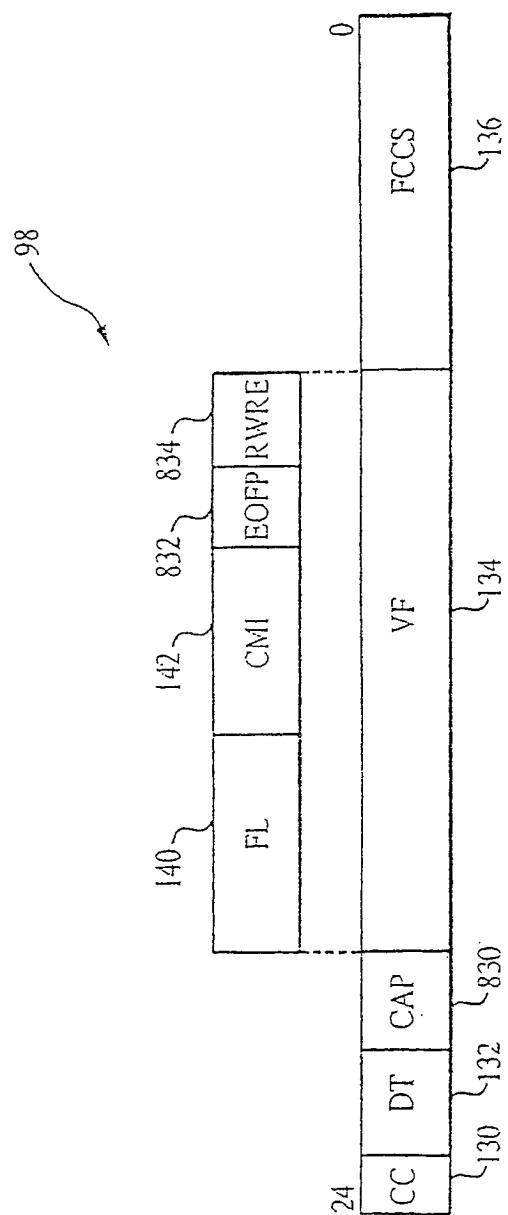


FIG. 42

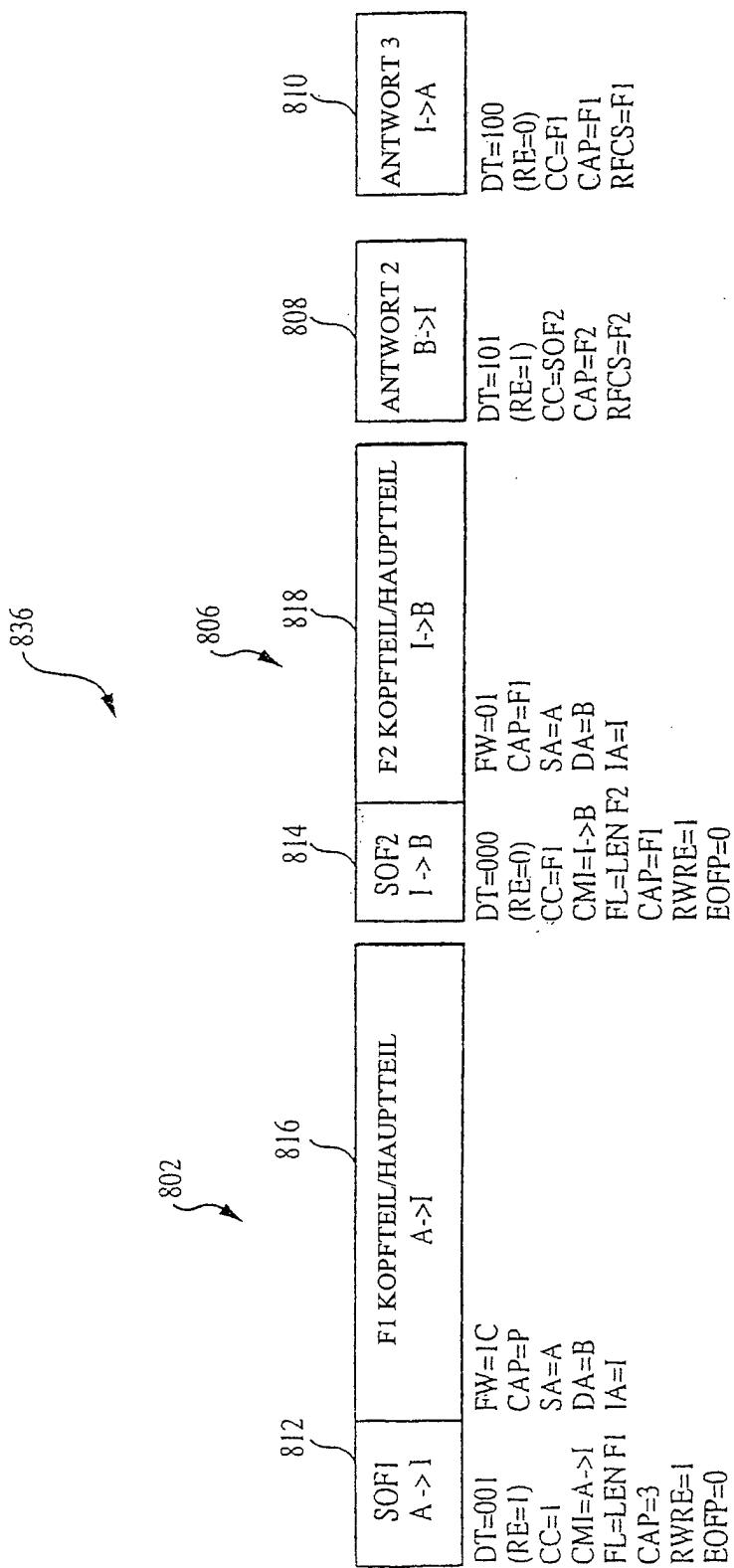


FIG. 43

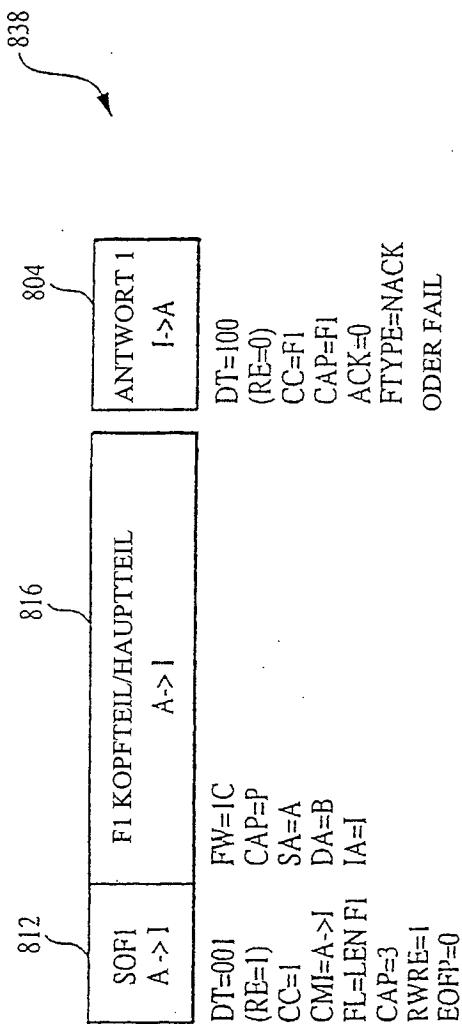


FIG. 44

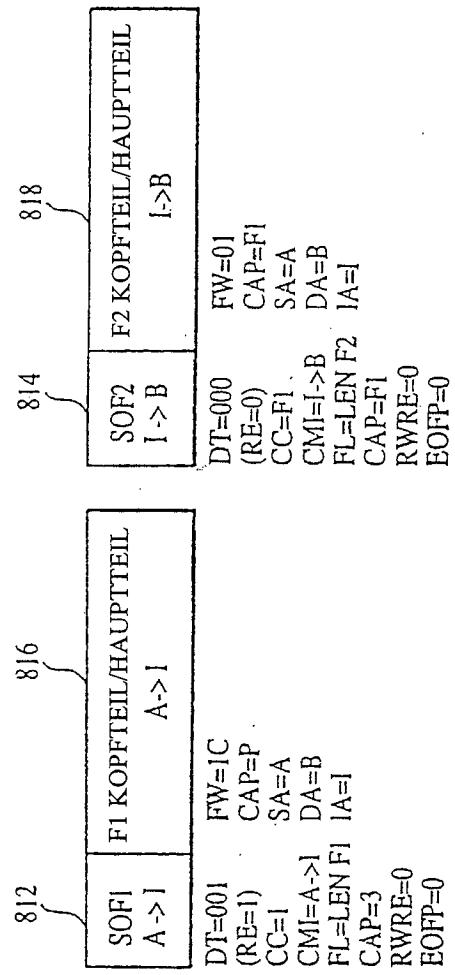


FIG. 45

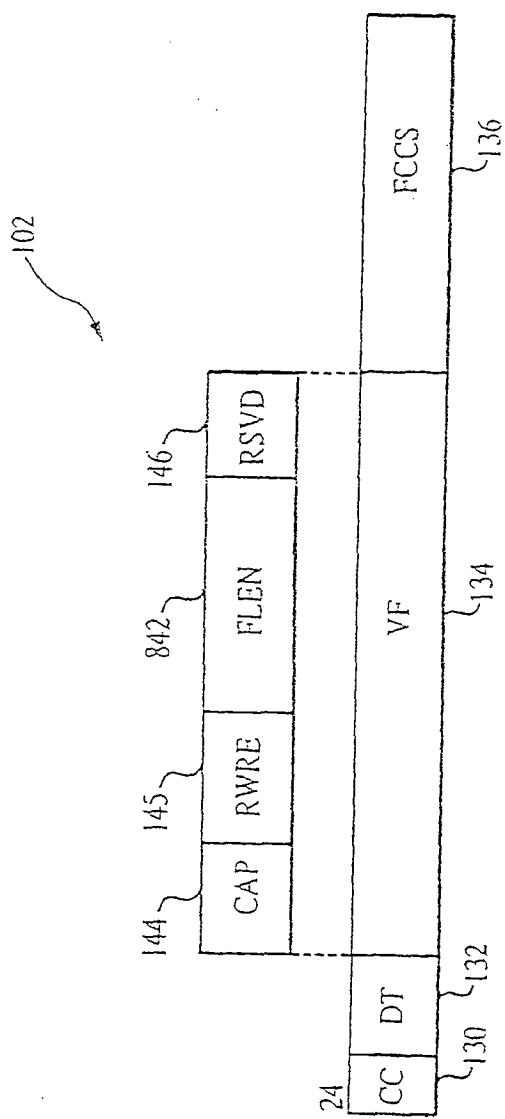


FIG. 46