



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 696 36 382 T2** 2006.12.07

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 772 326 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **696 36 382.8**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **96 307 891.0**

(96) Europäischer Anmeldetag: **31.10.1996**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **07.05.1997**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **26.07.2006**

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

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H04L 12/56** (2006.01)  
**H04L 12/413** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

**554097                      06.11.1995                      US**

(73) Patentinhaber:

**Sun Microsystems, Inc., Mountain View, Calif., US**

(74) Vertreter:

**Weickmann & Weickmann, 81679 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, FR, GB, NL, SE**

(72) Erfinder:

**Frazier, Howard M., Newark, California 94560, US;  
Muller, Shimon, Sunnyvale, California 94086, US**

(54) Bezeichnung: **Vollduplexflusssteuerung für Ethernet-Netze**

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

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

## Beschreibung

## GEBIET DER ERFINDUNG

**[0001]** Diese Erfindung bezieht sich auf Netzwerke im Allgemeinen, einschließlich Ethernet-Netzwerken, und insbesondere auf die Implementierung eines Ethernet-Netzwerks mit Vollduplex-Flusssteuerung.

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

**[0002]** Ein Netzwerk ist eine Kommunikationseinrichtung, die mehreren Arbeitsstationen, Computern oder anderer Ausrüstung (im Folgenden kollektiv als "Computer" bezeichnet) erlaubt, miteinander zu kommunizieren. Abschnitte eines Netzwerkes umfassen Hardware und Software, z. B. die Computer oder Stationen (die individuell eine oder mehrere Zentraleinheiten, Schreib/Lese-Speicher und dauerhaften Speicher umfassen können), die Schnittstellenkomponenten, die Kabel oder Faseroptiken, die verwendet werden, um diese zu verbinden, sowie Software, die den Zugang zum Netzwerk und den Informationsfluss über das Netzwerk regelt. In Netzwerken, in denen der Datenfluss gleich 100 Mbits/s ("Mbps") oder höher ist, ist das Übertragungsmedium häufig eine Faseroptik. In Netzwerken, in denen eine langsamere Datenrate akzeptabel ist, z. B. 10 Mbps, kann das Übertragungsmedium ein Koaxialkabel, oder, was häufig für ein Ethernet-Netzwerk der Fall ist, eine verdrillte Leitung sein.

**[0003]** In einem Netzwerk definiert die Netzwerkarchitektur Protokolle, Nachrichtenformate und andere Standards, an die sich die Computer und andere Anlagen sowie die Software halten müssen. Die meisten Netzwerkarchitekturen wenden ein Modell an, das funktionale Schichten umfasst, in welchen eine gegebene Schicht für die Durchführung eines spezifischen Satzes von Funktionen und für die Bereitstellung eines spezifischen Satzes von Diensten verantwortlich ist. Die von jeder Schicht und den Zwischenschichtschnittstellen bereitgestellten Dienste können eine Netzwerkarchitektur definieren. Protokolle definieren die Dienste, die über eine Schichtschnittstelle abgedeckt werden, sowie die Regeln, die bei der Verarbeitung befolgt werden, die als Teil dieses Dienstes durchgeführt wird.

**[0004]** Mehrere Organisationen haben Modelle und Standards vorgeschlagen, die innerhalb der Netzwerkbetriebsgemeinschaft akzeptiert worden sind. Die International Standards Organisation ("ISO") hat z. B. ein Sieben-Schicht-Referenzmodell für den Computernetzwerkbetrieb vorgeschlagen, das als Open Systems Interconnect ("OSI") Architektur bezeichnet wird. Ein weiterer Satz von Standards wurde vom Institute of Electrical and Electronics Engineers ("IEEE") veröffentlicht, ein Satz von vorgeschlagenen Lokalbereich-Netzwerkstandards ("LAN"-Standards), bekannt als IEEE-Projekt 802. Dieses Modell ist konform mit dem Sieben-Schicht-OSI-Modell, jedoch direkt nur zu den untersten zwei OSI-Schichten, nämlich der physikalischen Schicht und der Datenverbindungsschicht.

**[0005]** [Fig. 1](#) zeigt ein Netzwerk gemäß der IEEE-Projekt-802-Modifikation des ISO-Sieben-Schicht-Modells, bei dem zwei Computer **10**, **10'** über ein physikalisches Verbindungsmedium **20**, wie z. B. ein Kabel, miteinander Daten austauschen können. Selbstverständlich kann in der Praxis ein Netzwerk viele Hunderte von Computern aufweisen, statt nur zwei.

**[0006]** Die unterste Schicht **30** sowohl im ISO-Modell als auch im Projekt-802-Modell ist eine physikalische Schicht, die die Verbindungen zwischen zwei Maschinen (z. B. Computern **10**, **10'**) betrifft, um eine Übermittlung von Bitströmen über ein physikalisches Übermittlungsmedium (z. B. ein Kabel **20**) zu erlauben. Die physikalische Schicht **30** befasst sich somit mit den Typen der Verkabelung, den Kabelsteckern, Verbindern und dergleichen.

**[0007]** Wie im Folgenden kurz beschrieben wird, zielt die vorliegende Erfindung auf Ethernet-Netzwerke die sich an den Carrier-Sense-Multiple-Access-With-Collision-Detection-("CSMA/CD")-Standard halten (CSMA/CD = Trägererfassungs-Mehrfachzugang mit Kollisionserkennung). Im 802-Modell für CSMA/CD existiert eine Abstimmungsschnittstelle **40**, die von einem Medienunabhängige-Schnittstelle-("MII")-Standard definiert wird, für die Abstimmungsunterschicht-Schnittstelle **40** zwischen der physikalischen Schicht **30** und der Medienzugangskontrolle-("MAC")-Unterschicht **50B**. Der existierende MII-Signalsatz bietet unabhängige 4 Bit breite Pfade für das Senden und Empfangen von Daten, und enthält spezifische "Zusammenschaltungen" ("hooks") für die Verbindungsebene-Datenflusssteuerung. (Hier bezieht sich die Flusssteuerung auf die Unterbindung des Zugangs zu einem Netzwerk oder einer oder mehrerer Verbindungen innerhalb des Netzwerks.)

**[0008]** Interessanterweise hat vor der Annahme von MII der MAC-Standard ein Einzelträger-Erfassungssig-

nal ("CRS") von der physikalischen Schicht zum MAC definiert, dass die MAC verwendet, um den Zustand des Sende- und Empfangsmediums zu beschreiben. Dieses eine CRS-Signal wurde vom MAC-Sendeprozess verwendet, um eine Abgrenzung der Datenübermittlung zu implementieren, und wurde vom MAC-Empfangsprozess verwendet, um die empfangenen Daten einzufassen. Mit der Einführung von MII wurde dieses eine CRS-Signal zerlegt in ein CRS-Signal, das wiederum zum MAC-Sendeprozess gelangte, um eine Abgrenzung der Datenübermittlung zu implementieren, und in ein Empfangsdaten-Gültig-Signal ("RX\_DV"), das zum MAC-Empfangsprozess gelangte. Somit wird mit MII das CRS nur vom MAC-Sendeprozess verwendet.

**[0009]** Unter MII sind Daten und Abgrenzungen synchron zum entsprechenden Takt, wobei zwei asynchrone Medienstatussignale bereitgestellt werden, nämlich Trägererfassung ("CRS") und Kollision ("COL"). MII bietet eine Zweidraht-Seriell-Managementschnittstelle für die Steuerung und die Statusammlung, nämlich den Managementdatentakt ("MDC") und die Managementdateneingabe/Ausgabe ("MDIO"). Im OSI-Sieben-Schichten-Modell ist die Schicht über der physikalischen Schicht eine Datenverbindungsschicht, die für die fehlerfreie Übermittlung von Datenrahmen zwischen Netzwerkknoten verantwortlich ist. Ein Datenverbindungssteuerprotokoll beschreibt die Operation und die Schnittstellen dieser Schicht, die auch höhere Schichten im Modell vor den Belangen des physikalischen Übermittlungsmediums abschirmen muss.

**[0010]** In dem in [Fig. 1](#) gezeigten 802-Modell ist die Datenverbindungsschicht jedoch in die MAC-Schicht **50B** und eine darüberliegende logische Verbindungskontrollschicht ("LCC"-Schicht) **50A** unterteilt. Die Medienzugangskontroll-Unterschicht befasst sich mit dem Zugangskontrollverfahren, um zu bestimmen, wie die Verwendung des physikalischen Übermittlungsmediums zu kontrollieren ist. Die LCC-Unterschicht **50A** ist verantwortlich für medienunabhängige Datenverbindungsfunktionen und erlaubt der darüberliegenden Netzwerkschicht **60**, auf LAN-Dienste zuzugreifen, unabhängig davon, wie das Netzwerk implementiert ist. Gemäß der 802-Architektur bietet die LCC-Unterschicht **50A** Dienste für das Netzwerk **60** in der gleichen Weise an, wie es ein herkömmliches Datenverbindungsprotokoll in einem Weitbereichsnetzwerk tun würde.

**[0011]** Die MAC-Unterschicht **50B** bietet Dienste der darüber liegenden LLC-Unterschicht **50A** an und managt die gemeinsame Nutzung des Übertragungsmediums zwischen den verschiedenen Stationen des Netzwerks. Eine Medienzugangsmanagementfunktion empfängt einen Rahmen von der Datenkapselungsfunktion, nachdem die notwendigen Kontrollinformationen hinzugefügt worden sind. Anschließend ist das Medienzugangsmanagement verantwortlich für die Sicherstellung der physikalischen Übermittlung der Daten. Der Datenrahmen in einer Ethernet-Vollduplex-Umgebung hat eine maximale Größe von 1.518 Bits.

**[0012]** Es existieren mehrere 802-Standards für die MAC-Unterschicht **50B**, jedoch ist nur der "CSMA/CD"-Standard (Trägererfassungs-Mehrfachzugriff mit Kollisionserkennung) für die vorliegende Erfindung relevant, genauer der 802.3-Standard. Der bestehende 802.3-MAC-Standard enthält derzeit mehrere Einrichtungen zur Durchführung einer Flusssteuerung in einer Halbduplex-Umgebung, einschließlich eines Abgrenzungsprozesses und von Kollisionssuche- und Rücksetzprozeduren. CSMA/CD definiert die Datenkapselungs/Entkapselungs- und Medienzugangsmanagementfunktionen, die von der MAC-Unterschicht **50B** selbst durchgeführt werden, wobei die Datencodierungs/Decodierungs-Funktion von der darunterliegenden physikalischen Schicht **30** durchgeführt wird.

**[0013]** Die physikalische Übermittlung der Daten kann unter Verwendung einer Trägererfassung sichergestellt werden, um die Übermittlung zu verzögern, bis das Netzwerk bereit ist. Kurz, eine Sendestation (z. B. ein Computer oder Benutzer **10**) hört oder überwacht das Übertragungsmedium (z. B. das Kabel **20**), bevor er sendet, um zu ermitteln, ob eine weitere Station (z. B. ein Computer oder Benutzer **10'**) derzeit eine Nachricht sendet, um z. B. zu erkennen, ob das Medium frei ist. Unter Verwendung der Dienste der physikalischen Schicht **30** ermittelt das Medienzugangsmanagement, ob das Übertragungsmedium (oder der Träger) derzeit verwendet wird. Wenn das Medium nicht verwendet wird, leitet das Medienzugangsmanagement den Datenrahmen für die Übermittlung an die physikalische Schicht **30** weiter. Selbst nachdem die Übermittlung des Rahmens begonnen hat, überwacht das Medienzugangsmanagement weiterhin den Träger. Wenn der Träger belegt ist, setzt das Medienzugangsmanagement die Überwachung fort, bis keine anderen Stationen senden. Das Medienzugangsmanagement wartet anschließend eine spezifizizierte Zufallszeit, um dem Netzwerk zu erlauben, bereit zu werden, und beginnt anschließend die Übermittlung.

**[0014]** Es können jedoch andere Stationen, die Nachrichten zu senden haben, gleichzeitig hören, erkennen, dass das Übermittlungsmedium ruhig erscheint, und gleichzeitig beginnen, Nachrichten zu senden. Das Ergebnis ist eine Kollision und verstümmelte Nachrichten. Wenn eine Signalkollision entdeckt wird, ignorieren die empfangenden Stationen die verstümmelte Übertragung, wobei die sendenden Stationen das Senden von Nachrichten sofort einstellen und ein Störungssignal über das Medium senden. Nach der Kollision versucht

jede sendende Station nach dem Abwarten einer zufälligen Rücksetzverzögerungszeitperiode für den Träger, um bereit zu werden, erneut zu senden. Somit muss eine sendende Station ausreichend lange hören, um sicherzustellen, dass keine Kollision stattgefunden hat.

**[0015]** Wie in [Fig. 1](#) gezeigt ist, befasst sich die Netzwerkschicht **60** mit der Lenkung von Daten von einem Netzknoten zu einem weiteren. Es ist die Aufgabe der Netzwerkschicht **60**, Daten zwischen Netzknoten zu lenken.

**[0016]** Die Transportschicht bietet eine Datenübertragung zwischen zwei Stationen mit einem vereinbarten Niveau an Qualität, sobald eine Verbindung zwischen den Stationen eingerichtet ist. Die Transportschicht **70** wählt eine bestimmte Klasse des Dienstes aus, die zu verwenden ist, überwacht die Übermittlung, um die erhaltene Dienstqualität sicherzustellen, und benachrichtigt die Stationen (oder Benutzer), wenn die Qualität nicht aufrechterhalten werden kann.

**[0017]** Die Sitzungsschicht **80** bietet Dienste an, die einen Dialog, der zwischen den Stationen auftritt, organisieren und synchronisieren, und managt den Datenaustausch zwischen Stationen. Somit steuert die Sitzungsschicht **80**, wann Stationen Daten senden und empfangen können auf der Grundlage der Tatsache, ob diese gleichzeitig oder alternierend senden und empfangen können.

**[0018]** Die Präsentationsschicht **90** stellt sicher, dass Informationen den Netzknutzern sinnvoll präsentiert werden und kann Zeichencodeübersetzungsdienste, Datenkonversions-, Datenkompressions- und Datenexpansionsdienste zur Verfügung stellen.

**[0019]** Die Anwendungsschicht **100** bietet eine Einrichtung für Anwendungsprozesse zum Zugreifen auf Systemverbindungseinrichtungen für den Informationsaustausch. Die Anwendungsschicht bietet Dienste an, die verwendet werden, um Inter-Benutzer-Verbindungen einzurichten und zu beenden, und um die verbundenen System und die Betriebsmittel, die diese verwenden, zu überwachen und zu verwalten.

**[0020]** Fachleute werden erkennen, dass das in [Fig. 1](#) gezeigte Netzwerk vom Typ Halbduplex (oder gemeinsam genutzt) oder Vollduplex sein kann. Bei Halbduplex gibt es einen einzigen gemeinsam genutzten Kommunikationspfad, wobei eine Station zu irgendeinem gegebenen Zeitpunkt senden und überwachen kann, oder empfangen kann, jedoch niemals gleichzeitig senden und empfangen kann. In einer Halbduplex-Umgebung verwendet die MAC-Schicht **50B** einen CSMA/CD-Algorithmus, z. B. IEEE-802.3, so dass eine Station, die das Netz zum Senden verwenden will, zuerst hören muss, um zu erkennen, ob das Netzwerk belegt ist. Wenn es belegt ist, verschiebt die Station, die zu senden wünscht, die Übermittlung, überwacht jedoch weiterhin den Medienstatus, während sie darauf wartet, dass das Netzwerk frei wird. Wenn es frei ist, kann die Station mit dem Senden beginnen. Während des Sendens überwacht die Station weiterhin das Netzwerk, um sicherzustellen, dass keine weitere Station ebenfalls zum gleichen Zeitpunkt mit dem Senden beginnt, oder in einer überlappenden Weise sendet, um z. B. sicherzustellen, dass keine Kollision vorliegt. In ähnlicher Weise wird dann, wenn eine Station Daten empfängt, diese an einem gleichzeitigen Senden gehindert.

**[0021]** Somit bietet der CSMA/CD-Algorithmus eine nützliche Schrittsteuerungseinrichtung, die den Zugang von ankommenden neuen Daten in das Halbduplex-Netzwerk unterbindet oder verschiebt, bis das Netzwerk geeignet vorbereitet ist. Außerdem wird ein sogenannter Gegendruckalgorithmus auch in Halbduplex-Umgebungen verwendet, um eine Station am Senden von Daten in das Netzwerk durch Senden zu dieser Station zu hindern. Der Empfang der Übermittlung veranlasst die mögliche sendende Station, anzunehmen, dass das Netzwerk belegt ist, um die Übermittlung zu verschieben oder zu unterbinden.

**[0022]** Im Gegensatz hierzu gibt es bei Vollduplex Sende- und Empfangskommunikationspfade, wobei ein oder mehrere Stationen gleichzeitig senden und empfangen können. Der duale Kommunikationskanal oder Pfad kann in Wirklichkeit mehrere Drähte oder Kabel umfassen, oder einen einzelnen Draht oder ein einziges Kabel, die gleichzeitig Signale in beiden Richtungen vielleicht unter Verwendung einer Frequenzunterteilung senden und empfangen können. Vollduplex-Netzwerke können eine höhere Datenrate zur Verfügung stellen als Halbduplex-Netzwerke, häufig 100 Mbps, und werden aufgrund der schnelleren Kommunikationsrate häufig bevorzugt.

**[0023]** Ungünstigerweise müssen beim Übergang zu einer Vollduplex-Umgebung die IEEE-802.3-CSMA/CD-MAC-Halbduplex-Einrichtungen für die Kollisionsvermeidung und für die Übermittlungsverschiebung aufgegeben werden. In einer Vollduplex-Umgebung wird einer sendenden Station, die in einem Halbduplex-Netzwerk der Flusssteuerung unterworfen würde, erlaubt, zum gleichen Zeitpunkt zu senden, zu dem eine

empfangende Station senden kann. Das Konzept der "Kollisionen" oder der Vermeidung von Kollisionen ist in einer Vollduplex-Umgebung bedeutungslos. Da ferner eine Station, die über ein Vollduplex-Netzwerk zu senden wünscht, das Medium nicht überwacht, sind auch Halbduplex-Verzögerungs- und Gegendruck-Flusssteuerprozeduren nutzlos. Die verschiedenen Halbduplex-CSMA/CD-Datenschrittsteuerungseinrichtungen können somit bei Vollduplex nicht verwendet werden, um den Zugang zum Netzwerk zu steuern oder zu begrenzen. Ein Vollduplex-Netzwerk benötigt jedoch trotzdem eine bestimmte Einrichtung, um eine Station am Senden zu hindern.

**[0024]** Die Notwendigkeit einer Flusssteuerung entsteht, da ein Vollduplex-Netzwerk Betriebsmittel enthält, die endlich sind. Netzwerke enthalten Vorrichtungen, wie z. B. Schalter, Vermittlungen, Brücken und dergleichen, die zwei Netzwerksegmente miteinander verbinden und Daten zwischen den Segmenten bewegen. Diese Vorrichtungen enthalten typischerweise einen Pufferspeicher, um eine Datenratenadaption zwischen Verbindungen zu bewerkstelligen, die Signale mit verschiedenen Raten befördern, z. B. etwa 100 Mbps ankommender Daten, die einer Netzwerkverbindung präsentiert werden, die nur 10 Mbps handhaben kann, oder um anderweitig zu arbeiten, wenn andere Betriebsmittel belegt sind. Obwohl solche Vorrichtungen vorübergehend ankommende Daten während eines langsameren Auslesens schnell speichern können, können sich die Vorrichtungsspeicher leicht füllen und überfüllt werden, solange nicht eine bestimmte Einrichtung den Zugang neuer Daten in das Netzwerk oder wenigstens die Verbindung, die die überfüllte Vorrichtung enthält, anhalten oder verlangsamen kann. (Obwohl Halbduplex-Netzwerke ebenfalls Verbindungen mit unterschiedlichen Datenraten aufweisen können, wird das Problem in Vollduplex-Netzwerken verstärkt, in denen erheblich mehr Daten fließen, insbesondere bei 100 Mbps)

**[0025]** Ungünstigerweise gibt es im Stand der Technik keine Flusssteuereinrichtung für Vollduplex-Ethernet-Netzwerke, die eine solche Datenüberfüllung und den resultierenden Datenverlust vermeiden kann, ohne den Datendurchsatz zu opfern. Flusssteuervorrichtungen, die in Vollduplex-Netzwerken auf der Transportschicht implementiert sind, sind langsam und ineffizient. Transportschichteinrichtungen können einen Datenüberfüllungszustand erfassen und Übermittlungsraten verlangsamen. Ungünstigerweise wird der Datendurchsatz unter Verwendung solcher Flusssteuereinrichtungen langsamer als die Rate, die der überfüllten Vorrichtung zugeordnet ist. Die Datenausgabe einer 10-Mbps-Vorrichtung, die Daten mit 100 Mbps empfängt, wird wesentlich kleiner sein als die der Vorrichtung zugeordnete Rate von 10 Mbps.

**[0026]** Es besteht daher Bedarf an einer Flusssteuereinrichtung für ein Vollduplex-Ethernet-Netzwerk. Eine solche Einrichtung sollte vorzugsweise eine CSMA/CD-Kollision und einen verzögerten Zugang zu einem Vollduplex-Ethernet-Netzwerk als ein Flusssteuerverfahren zur Verfügung stellen, während die Rückwärtskompatibilität mit bestehenden Netzwerken und Standards aufrechterhalten wird. Ein solches Verfahren sollte erkennen, wenn eine empfangende Station oder Vorrichtung mit Daten überfüllt zu werden droht (oder überfüllt wird), und sollte vorübergehend eine sendende Station oder Vorrichtung am Senden neuer Daten hindern, bis die vorliegenden Daten verarbeitet werden können.

**[0027]** Um mit bestehenden Netzwerken und Anlagen und Software kompatibel zu sein, sollte eine solche Flusssteuerung konform zu den IEEE-802-Standards sein. Um deren breite Verwendung zu fördern, sollte eine solche Flusssteuereinrichtung nur kleinere Modifikationen an solchen Normen zur Folge haben. Eine solche Einrichtung sollte den Fluss so steuern, dass die Datenrate von einer langsamen Vorrichtung, die mit einer schnellen Vorrichtung verbunden ist, die Datenrate ist, zu der die langsame Vorrichtung fähig ist. Während ferner die Flusssteuerung einen "Auffrischungs"-Modus enthalten sollte, bei dem Flusssteuersignale relativ häufig gesendet werden, sollte eine Option für eine Unterbrechungseinrichtung vorgesehen sein, um die Flusssteuerung in dem Fall zu deaktivieren, in dem ein reaktiviertes Flusssteuersignal von einer sendenden Station irgendwie nicht empfangen wird.

**[0028]** Ferner besteht in einem Vollduplex-Ethernet-Netzwerk Bedarf an einer MAC-Schicht, deren Senderprozess und Empfängerprozess jeweils für separate und unabhängig erzeugte Signale verantwortlich sind.

**[0029]** Die vorliegende Erfindung offenbart eine solche Flusssteuereinrichtung und eine solche MAC-Schicht für ein Vollduplex-Ethernet-Netzwerk.

**[0030]** EP 0 404 337 A2 offenbart ein vermaschtes Lokalbereich-Netzwerk, das eine automatische Paketvermittlung und Weiterleitung zwischen Host-Computern, die mit dem Netzwerk verbunden sind, zur Verfügung stellt. Das Netzwerk weist eine Vielzahl von durchgreifenden, blockierungsfreien Vermittlungen auf, die jeweils fähig sind, eine Vielfalt von Datenpaketen gleichzeitig weiterzuleiten. Zum gleichen Zeitpunkt, zu dem Daten übermittelt werden, werden auch Flussbefehlssignale mittels einer einfachen Form von Zeitmultiplexierung ge-

sendet. Die von einer Vermittlung gesendeten Stoppbefehle stoppen vorübergehend den Fluss des Paketes, das von einem Host gesendet wird, wobei Startbefehle, die von der Vermittlung gesendet werden, den Host veranlassen, mit dem Senden des Pakets fortzufahren.

**[0031]** US 5.381.413 offenbart eine Station, die mit einem Netzwerksegment über ein gemeinsam genutztes Übertragungsmedium verbunden ist. In einem offenbaren Prozess für die Steuerung der Übertragung von Paketen von der Station veranlasst eine Drossleinrichtung absichtlich eine Medienzugangssteuerschicht, ein künstliches Trägersignal zu der Station zu senden, was die Station veranlasst, das Senden von Paketen zu unterbinden, bis sie das künstliche Trägersignal nicht mehr erfasst.

**[0032]** Der IEEE-Standard 802.3u-1995 ergänzt die vorher existierenden CSMA/CD-Netzwerkzugangsverfahren und die Spezifikationen der physikalischen Schicht mit Medienzugangssteuerparametern, der physikalischen Schicht, Mediumanbringungseinheiten und Verstärkerspezifikationen für den Betrieb des Netzwerktyps 100BASE-T.

#### ÜBERBLICK ÜBER DIE VORLIEGENDE ERFINDUNG

**[0033]** Die vorliegende Erfindung schafft ein Flusssteuerverfahren für die Verwendung mit einem Vollduplex-Ethernet-Netzwerk, wie in Anspruch 1 ausgeführt ist, und ein Vollduplex-Ethernet-Netzwerk wie in Anspruch 19 ausgeführt ist.

**[0034]** Die Ausführungsformen der Erfindung nutzen CSMA/CD, um eine Flusssteuerung in einem Vollduplex-Ethernet-Netzwerk in einer verlustlosen Weise zu implementieren, ohne Vertrauen auf ein einzelnes Signal, um den Zustand sowohl des Sendeprozesses als auch des Empfangsprozesses eines Datenendgerätes (DTE) zu beschreiben, dessen Datenfluss zu steuern ist. Flusssteuerung-Senden-Ein/Aus-("XON/XOFF")-Nachrichten werden von einem empfangenen DTE, das überfüllt zu werden droht, über die physikalische Schicht zum sendenden DTE, dessen Datenausgabe zu steuern ist, gesendet. Die XON/XOFF-Signale weisen ein Format auf, das von normalen Daten unterscheidbar ist, und werden in der Zwischenpaketlücke ("IPG") zwischen Datenrahmen mit einer Häufigkeit von z. B. jeder IPG gesendet. Wenn die Betriebsmittel des empfangenden DTE wenigstens einen Rahmen zusätzlicher Daten empfangen können, wird während der IPG XON gesendet, ansonsten wird XOFF gesendet. Alternativ kann, statt XON/XOFF nach jedem einzelnen Rahmen zu senden (d. h. "aufzufrischen"), ein Zeitgeber innerhalb des sendenden DTE durch den Empfang eines XOFF gestartet werden, wobei nach Ablauf einer gegebenen Zeitspanne die Übermittlung erneut gestartet werden kann, selbst wenn kein XON empfangen wurde (vielleicht aufgrund einer Datenverstümmelung). Die Zeitgebereinrichtung kann mit einem Pro-IPG-Auffrischungssteuersignal verwendet werden, um die Wiederaufnahme der Übertragung sicherzustellen, sollte ein XON-Steuersignal vom flussgesteuerten, sendenden DTE irrtümlich nicht empfangen werden.

**[0035]** Bei der physikalischen Schicht des sendenden DTE am anderen Ende des Mediums werden die eindeutig formatierten Flusssteuernachrichten empfangen, decodiert und voneinander und von Daten unterschieden. Wenn XOFF erkannt wird, bestätigt das sendende DTE sein Trägererfassungssignal (CRS) für seine MAC-Schicht am MII.

**[0036]** Die MAC-Schicht ist leicht modifiziert, um separate und unabhängige Sendeverzögerungs-Empfangsdatenrahmeneinrichtungen unter Verwendung separater und unabhängiger Eingangsstatussignale, nämlich CRS und RX\_DV, bereitzustellen. Innerhalb der leicht modifizierten MAC-Schicht wird das CRS-Signal verwendet, um ein Trägererfassungssignal bereitzustellen, das verwendet wird, um eine Verzögerungsfunktion innerhalb des MAC-Sendeprozesses durchzuführen. Wenn ferner RX\_DV auf dem MII bestätigt wird, akzeptiert und verarbeitet die MAC-Empfangsverarbeitungslogik Daten von der physikalischen Schicht und leitet anschließend die verarbeiteten Daten zur logischen Verbindungsteuerschicht weiter. Die modifizierte MAC ist jedoch vollständig rückwärtskompatibel zu Halbduplex-Netzwerken.

**[0037]** Wenn eine Überfüllung droht, sendet ein empfangendes DTE an die physikalische Schicht des sendenden DTE ein XOFF. Bei Empfang des XOFF setzt die sendende physikalische Schicht CRS bei MII (oder einer weiteren Schnittstelle) und setzt fortgesetzt dieses Signal, bis XON empfangen wird. Solange CRS gesetzt ist, verzögert die sendende MAC die Datenübermittlung, und wird somit flussgesteuert oder am Senden in das Netz gehindert.

**[0038]** Wenn die Betriebsmittel des empfangenden DTE die Annahme zusätzlicher Daten erlauben, gibt dessen physikalische Schicht XON über das Medium an das sendende DTE aus, vorzugsweise während der IPG

während seiner eigenen Datenübermittlung. (Die Tatsache, dass das empfangende DTE überfüllt werden kann, beeinflusst nicht dessen Fähigkeit, in der Vollduplex-Umgebung zu senden.) Das ursprünglich sendende DTE empfängt und erkennt XON und nimmt CRS zurück, was seiner MAC erlaubt, zu senden.

**[0039]** Das empfangende DTE sendet vorzugsweise ein XOFF-Signal, wenn es innerhalb eines Rahmens oder dergleichen überfüllt zu werden droht. Wenn beim sendenden Ende ein XOFF während einer Rahmenübertragung empfangen wird, tritt das XOFF nicht in Kraft, bis diese Rahmenübertragung abgeschlossen ist. Die Flusststeuerung ist somit verlustfrei mit einer Körnigkeit von  $\pm 1$  Rahmen.

**[0040]** Andere Merkmale und Vorteile werden anhand der folgenden Beschreibung deutlich, in der die bevorzugten Ausführungsformen genauer und in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen erläutert werden.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0041]** [Fig. 1](#) zeigt ein Netzwerk gemäß dem Stand der Technik;

**[0042]** [Fig. 2](#) zeigt ein Vollduplex-Vermittlungsnetzwerk, das eine Datenflusststeuerung gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet;

**[0043]** [Fig. 3A](#) zeigt die räumliche Beziehung zwischen den Signalen, die dem Senden einer XOFF-Nachricht auf MII' zugeordnet sind;

**[0044]** [Fig. 3B](#) zeigt die räumliche Beziehung zwischen den Signalen, die dem Senden einer XON-Nachricht auf MII' zugeordnet sind;

**[0045]** [Fig. 3C](#) zeigt die räumliche Beziehung zwischen den Signalen, die dem Senden einer XOFF-Nachricht auf MII' zugeordnet sind;

**[0046]** [Fig. 3D](#) zeigt die räumliche Beziehung zwischen den Signalen, die dem Empfangen einer XOFF-Nachricht auf MII' zugeordnet sind;

**[0047]** [Fig. 3E](#) zeigt die räumliche Beziehung zwischen den Signalen, die dem Empfangen einer XON-Nachricht auf MII' zugeordnet sind;

**[0048]** [Fig. 3F](#) zeigt das räumliche Fenster, während dem gültige Flusststeuerungsnachrichten gesendet werden können;

**[0049]** [Fig. 3G](#) zeigt Änderungen am MII'-Signal und CRS-Verhalten während der normalen Paketübermittlung;

**[0050]** [Fig. 3H](#) zeigt Änderungen am MII'-Signal und dem CRS-Antwortverhalten während XON/XOFF;

**[0051]** [Fig. 3I](#) zeigt Änderungen am MII'-Signal und an der CRS-Antwort, wenn XOFF während einer Paketübermittlung empfangen wird;

**[0052]** [Fig. 3J](#) zeigt Änderungen am MII'-Signal und an der CRS-Antwort in Reaktion auf RELEASE;

**[0053]** [Fig. 4](#) zeigt die Rolle der Stationsmanagementinstanz ("STA") innerhalb jedes DTE;

**[0054]** [Fig. 5](#) zeigt Modifikationen und die Abbildungsrolle der Abstimmungsunterschicht;

**[0055]** [Fig. 6](#) zeigt die modifizierte Medienzugangsschicht ("MAC") und deren Empfang der unabhängigen und separat erzeugten CRS- und RX\_DV-Signale.

#### GENAUE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORM

**[0056]** [Fig. 2](#) zeigt ein vermitteltes Vollduplex-Umgebung-Netzwerk, das eine Datenflusststeuerung zum Verhindern einer Paketstauung gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet. Das Netzwerk der [Fig. 2](#) ist in vielerlei Hinsicht dem Netzwerk der [Fig. 1](#) des Standes der Technik ähnlich, mit der Ausnahme, dass an der Medienzugangskontroll-Unterschicht, hier **50B'**, an der Abstimmungsunterschicht, hier **40'**, am Schnittstellenstan-

dard hier MII', zwischen der physikalischen Schicht und der Abstimmungsunterschicht **40'** und an der physikalischen Schicht, hier **30'**, kleine Änderungen vorgenommen wurden.

**[0057]** Es wird angenommen, dass Schichten ab einschließlich der logischen Verbindungssteuerschicht **50A** und aufwärts unverändert sind, ebenso wie die Computer **10**, **10'** und das Verbindungsmedium **20**. Da nur die MAC-Unterschicht **50B'**, die Abstimmungsunterschicht **40'**, die MII-Schnittstelle MII' und die physikalische Schicht **30** leicht verändert sind, ist das Netzwerk vollständig IEEE-802-kompatibel, und ist ferner kompatibel mit dem neu veröffentlichten IEEE-802.3u-Standard. Als Ergebnis wird die Verbindungsebene-Flusssteuerung ohne Beeinträchtigung der Systemfähigkeiten mit bestehenden Standards, einschließlich des 802.3-Standards, leicht erreicht.

**[0058]** Gemäß der vorliegenden Erfindung sendet eine Einheit eines Datenendgerätes ("DTE"), z. B. ein Computer **10**, eine physikalische Schicht **30'**, eine Schnittstelle MII', eine Abstimmungsunterschicht **40'** und eine MAC-Schicht **50B**, eine XON- oder XOFF-Nachricht zur Flusssteuerung des DTE am entfernten Ende einer Verbindung. Wie in [Fig. 2](#) gezeigt ist, kann das zweite DTE einen Computer **10** und zugehörige relevante Schichten **30'**, **40'**, **50B'** und eine Schnittstelle MII' enthalten. Wie im Folgenden beschrieben wird, werden Flusssteuernachrichten XON/XOFF vorzugsweise auf den Datenpfad während der normalerweise wenigstens 96 Bitzeitspannen breiten Zwischenpaketlückenperiode ("IPG"-Periode) gesendet, wobei ein eindeutiges Muster an Bits verwendet wird, um XON und XOFF von irgendwelchen möglichen Daten zu unterscheiden. Diese Flusssteuersignale können jedoch stattdessen während der Rahmen aktueller Daten gesendet werden, obwohl die Zuverlässigkeit beeinträchtigt werden kann, da bei der Fehlidentifikation eines Flusssteuersignals ein Bitfehler resultieren kann. Es ist wichtig, dass die physikalische Schicht der sendenden Station ankommende XON/XOFF-Nachrichten (oder andere Flusssteuernachrichten, z. B. RELEASE) von Daten unterscheidet und die Flusssteuernachrichten reservierte Codes, Nicht-Datencodes, unter anderen Codemustern, die von normalen Datenmustern zu unterscheiden sind, verwenden können.

**[0059]** Unter Verwendung der vorliegenden Erfindung kann ein DTE senden, solange es keine XOFF-Nachricht vom DTE am entfernten Ende der Verbindung empfangen hat. Bei Empfang einer solchen XOFF-Nachricht muss ein DTE zuerst eine XON-Nachricht empfangen, bevor ihm erlaubt wird, zu senden. Wie in [Fig. 2](#) gezeigt ist, werden die XON- und XOFF-Nachrichten von der physikalischen Schicht **30'** codiert und decodiert. Die physikalische Schicht **30'** antwortet auf ein XOFF durch Zwingen einer 802.3-konformen MAC-Schicht **50B'**, bis zum Empfang eines XON oder bis Eintreten einer Zeitüberschreitung zu verzögern. Die XON- und XOFF-Nachrichten werden über die MII'-Schnittstelle über reservierte Codierungen des Datenpfades und Abgrenzungssignale transportiert. Wie hier beschrieben wird, verwendet die vorliegende Ausführungsform den Verzögerungsprozess der MAC **50B'** als Einrichtung für die verlustfreie Voll duplex-Flusssteuerung.

**[0060]** Ein DTE kann die Übermittlung einer XON- oder XOFF-Nachricht über das folgende Primitiv einleiten:

```
RS_FlowControl.request(request_type)
    request_type:START,STOP
```

**[0061]** Der hier verwendete Ausdruck "Primitiv" bezieht sich auf eine formale Definition einer Dienstschnittstelle, die von einer Modellschicht bereitgestellt wird. Zum Beispiel sind Schichten in der Kommunikation mit Prozessen durch die Dienste definiert, die die Schichten anderen Schichten bereitstellen, wobei die individuelle Spezifikation solcher Dienste Primitive sind.

**[0062]** Ein DTE kann eine XON- oder XOFF-Nachricht über das folgende Primitiv empfangen:

```
RS_FlowControl.indicate(indicate_type)
    indicate_type:START,STOP
```

**[0063]** Ein DTE kann sich von einer verlorenen XON-Nachricht über das folgende Primitiv erholen:

```
RS_FlowControl_Release.request()
```

XON- und XOFF-Nachrichten können nur während der IPG oder der ersten Hälfte der Präambel gesendet werden.

**[0064]** Im herkömmlichen MII-Signalsatz sind unabhängige 4 Bit breite Pfade für das Senden und Empfangen von Daten vorhanden, ebenso wie spezifische "Zusammenschaltungen" ("hooks") für die Verbindungsebene-Datenflusssteuerung. Die vier Sendepfade sind Sendedaten oder TXD<3:0>, Sendetakt oder TX\_CLK,

Sendefreigabe oder TX\_EN und Sendefehler oder TX\_ER. TX\_CLK wird von der physikalischen Schicht erzeugt und von der MAC als Datenreferenztakt verwendet. TX\_CLK läuft mit 25 % der Bitrate der Übertragungsmedien, z. B. 25 MHz für eine Übertragungsrate von 100 Mbps, und ist kontinuierlich aktiv. TX\_EN wird von der MAC bereitgestellt und fasst Daten ein oder grenzt diese ab, welche von der physikalischen Schicht gesendet werden sollen. TX\_EN wird zu Beginn einer Rahmenübertragung in den aktiven Zustand ("1") versetzt und bleibt bis zur Rücksetzung auf eine logisch "0" am Ende der Rahmenübertragung aktiv. Die Sendedaten TXD sind die wirklichen Rahmendaten von der MAC zur physikalischen Schicht. Die Nomenklatur TXD<3:0> gibt an, dass die Sendedaten ein 4 Bit breites Bündel sind. TX\_ER ist ein Signal von der MAC an die physikalische Schicht, das dieser mitteilt, dass die Inhalte des Datenbündels kein Datencode sind, wie z. B. vielleicht verstümmelte Daten oder XON, XOFF.

**[0065]** Die vier Empfangspfade sind Empfangsdaten oder RXD<3:0>, Empfangstakt oder RX\_CLK, Empfangsgültigkeit oder RX\_DV und Empfangsfehler oder RX\_ER. Wie erwähnt worden ist, ist TX\_CLK kontinuierlich aktiv, während RX\_CLK während des Datenempfangs und einer Zwischenpaketlücke **3A** ("IPG") kontinuierlich aktiv ist. Innerhalb einer Protokolldateneinheit ("PDU") ist das Senden und Empfangen von Daten unterbrechungsfrei. Die hier verwendete Notation TXD<3:0> oder RXD<3:0> gibt an, dass diese Signale ein 4 Bit breites Bündel sind.

**[0066]** Die Erzeugung und Handhabung von Nachrichten für das Netzwerk der [Fig. 2](#) wird im Folgenden beschrieben. Eine XOFF-Nachricht wird von der Abstimmungs-("RS")-Unterschicht **40'** in Reaktion auf das Primitiv RS\_FlowControl.request(STOP) erzeugt. Die XOFF-Nachricht wird auf den MII'-Signalen wie folgt übermittelt:

TXD<3:0>=<0111>, TX\_EN zurückgesetzt, TX\_ER gesetzt.

**[0067]** Eine XON-Nachricht wird von der RS **40'** in Reaktion auf das Primitiv RS\_FlowControl.request(START) erzeugt. Die XON-Nachricht wird auf den MII'-Signalen wie folgt übermittelt:

TXD<3:0>=<1011>, TX\_EN zurückgesetzt, TX\_ER gesetzt.

**[0068]** Diese XON- und XOFF-Nachrichten werden in einer TX\_CLK-Periode übermittelt.

**[0069]** [Fig. 3A](#) zeigt die räumliche Beziehung zwischen TX\_CLK, TX\_EN, EXD<3:0> und TX\_ER bezüglich der Übermittlung eines XOFF-Flusssteuersignals von der MAC in der überfüllten Station. In [Fig. 3A](#) bezeichnet ein angenommener eindeutiger Code "0111" XOFF, z. B. Sendedaten 3 = "0", Sendedaten 2, 1 und 0 sind alle "1". (Die Nomenklatur "Sendedaten x" bezieht sich auf ein bestimmtes Signal im 4-Bit-Datenbündel.) Die MAC der Empfangsstation stellt TX\_EN bereit, das gleich "0" ist, wenn die gezeigten Wellenformen während der IPG auftreten, und stellt ferner TX\_ER von der Abstimmungsunterschicht bereit. Die MAC der Empfangsstation setzt ebenfalls TX\_ER für einen Zyklus von TX\_CLK, während das Muster "0111" auf dem Datenbündel platziert wird, um anzuzeigen, dass dies ein Nicht-Datensignal ist. Wenn TX\_ER gleich "1" ist, ähnelt das Auftreten von 0111 auf den Daten TXD Daten, während jedoch dann, wenn TX\_En = "0" und TX\_ER = "1" gilt, das eindeutige Muster (hier 0111) XOFF bezeichnet. Die Notation "XX" für die Daten TXD gibt "ohne Bedeutung" an, da normale Daten während der IPG-Zeit keine Bedeutung haben.

**[0070]** [Fig. 3B](#) zeigt die räumliche Beziehung zwischen den gleichen Signalen für das Übermitteln eines XON-Flusssteuersignals (hier mit "1011" bezeichnet) von der nicht mehr überfüllten MAC der Empfangsstation. TX\_EN ist "0", da wie erwähnt XON vorzugsweise zwischen den Rahmen in der IPG übermittelt wird. Die nicht mehr überfüllte MAC der Station stellt das XON-Signal 1011 bereit, welches dann, wenn TX\_EN = "0" und EX\_ER = "1" gilt, XON und keine Daten bezeichnet.

**[0071]** [Fig. 3C](#) und [Fig. 3D](#) zeigen in ähnlicher Weise den Empfang einer XOFF- und einer XON-Nachricht durch die sendende Station, deren Datenausgabe die Empfangsstation zu überfüllen droht. In den [Fig. 3C](#) und [Fig. 3D](#) gilt RX\_DV = "0", da die verschiedenen von der physikalischen Schicht erzeugten Wellenform der sendenden Station wie gezeigt innerhalb der IPG auftreten und RX\_DV normalerweise während der IPG zurückgesetzt bleibt. Wenn in [Fig. 3C](#) eine Flusssteuernachricht während der IPG empfangen wird, bleibt RX\_DV gleich "0", wobei das empfangene Datenbündel den Wert "0111" annimmt, der XOFF bezeichnet, und RX\_ER für einen Zyklus von RX\_CLK auf einen Zustand "1" gesetzt wird. Wie in [Fig. 3D](#) gezeigt ist, bleibt in ähnlicher Weise zum Empfangen einer XON-Nachricht RX\_DV zurückgesetzt, wobei das empfangene Datenbündel den Zustand "1011" annimmt, was XON bezeichnet, und das normalerweise zurückgesetzte RX\_ER für einen Zyklus von RX\_CLK auf "1" angehoben wird.

**[0072]** Die physikalische Schicht **30'** sendet eine XOFF-Nachricht zur RS **40'**, wenn die physikalische Schicht

ein XOFF von dem entfernten Ende der Verbindung empfangen hat. Die XOFF-Nachricht wird auf den MII'-Signalen wie folgt übermittelt:

RXD<3:0>=<0111 >, RX\_DV zurückgesetzt, RX\_ER gesetzt

**[0073]** Die RS erzeugt RS\_FlowControl.indicate(STOP), wenn sie eine XOFF-Nachricht empfängt.

**[0074]** Die physikalische Schicht sendet eine XON-Nachricht zur RS, wenn die physikalische Schicht ein XON vom entfernten Ende der Verbindung empfängt. Die XON-Nachricht wird auf den MII'-Signalen wie folgt übermittelt:

RXD<3:0>=<1011>, RX\_DV zurückgesetzt, RX\_ER gesetzt

**[0075]** Die RS erzeugt RS\_FlowControl.indicate(START), wenn sie eine XON-Nachricht empfängt. Die XON- und XOFF-Nachrichten werden in einer RX\_CLK-Periode übermittelt.

**[0076]** In einer bevorzugten "Auffrischungsmodus"-Ausführungsform wird XON oder XOR von einer empfangenen Station vorzugsweise während jeder IPG gesendet, obwohl diese Flussteuersignale statt dessen mit einer Wiederholung von weniger als einmal pro IPG gesendet werden könnten. In einer alternativen "Zeitüberschreitungs"-Ausführungsform misst ein in [Fig. 2](#) mit **110** bezeichneter Zeitgeber, der der MAC-Schicht zugeordnet ist, ein Intervall  $\Delta T$  beginnend mit dem Empfang eines XOFF-Flussteuersignals. Wenn nach dem Intervall  $\Delta T$  kein XON-Signal empfangen worden ist (vielleicht aufgrund einer Verstümmelung oder eines anderen Fehlers), gibt die MAC der Sendestation ein RELEASE-Signal ("1100" in [Fig. 3E](#)) aus, das die darunterliegende physikalische Schicht zwingt, das CRS-Signal zurückzusetzen. Die MAC kann anschließend senden, genau so, wie wenn ein XON-Signal empfangen worden wäre. Obwohl die Implementierung des Zeitgebers **110** zusätzliche Kosten und Hardware zur Folge hat, kann dessen Verwendung viele der IPG-Perioden für eine andere Nutzung als für die Beförderung von Flussteuernachrichten verfügbar machen. Andererseits ist die Übermittlung von Flussteuernachrichten während jeder IPG eine robustere Prozedur, weist jedoch wenigstens einen Teil der IPG-Periode der Flussteuernachrichtenübermittlung zu.

**[0077]** Die RELEASE-Nachricht wird von der Abstimmungsunterschicht **40'** der Sendestation in Reaktion auf das Primitiv RS\_FlowControl\_Release.request() erzeugt. Die RELEASE-Nachricht wird auf den MII'-Signalen wie folgt übermittelt:

TXD<3:0>=<1100>, TX\_EN zurückgesetzt, TX\_ER gesetzt.

**[0078]** Diese RELEASE-Nachricht wird in einer TX\_CLK-Periode übermittelt.

**[0079]** [Fig. 3E](#) zeigt die räumliche Beziehung zwischen TX\_CLK, TX\_EN, TXD<3:0> und TX\_ER bezüglich der Codierung einer RELEASE-Nachricht ("1100") auf MII'. TX\_EN = "0" ist wie gezeigt immer noch die IPG-Periode. Das Setzen von TX\_ER von "0" auf "1" während eines TX\_CLK-Zyklus, während "1100" am Datenbündel vorhanden ist, führt zur Erzeugung eines RELEASE-Signals von der MAC zur physikalischen Schicht. Wie erwähnt worden ist, setzt die physikalische Schicht CRS zurück, was der MAC ermöglicht, zu senden.

**[0080]** Die RS **40'** muss sicherstellen, dass Flussteuernachrichten nur während der IPG oder während des ersten Halbbytes der Präambel gesendet werden. Nachrichten können gesendet werden, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

$TX\_EN_{[t]} = 0$  oder  $TX\_EN_{[t-1]} = 0$ .

**[0081]** [Fig. 3F](#) zeigt diese räumliche Beziehung des Transports der Flussteuernachrichten über MII', wenn XON, XOFF oder RELEASE ausgegeben werden. Somit ist [Fig. 3E](#) sowohl für den Auffrischungsmodus als auch den Zeitüberschreitungsmodus der Erzeugung der Flussteuersignale relevant. Obwohl in [Fig. 3F](#) XON auf TXD gezeigt ist, könnten tatsächlich auch XOFF oder RELEASE gezeigt sein. In [Fig. 3F](#) sind zwei Zeitfenster für die mögliche Ausgabe eines Flussteuersignals gezeigt, die mit "frühestens" und "spätestens" bezeichnet sind.

**[0082]** In [Fig. 3F](#) befindet sich die früheste Ausgabe eines Flussteuersignals in der Halbbytezeit oder der Taktperiode, die dem letzten Halbbyte eines Datenrahmens folgt. (Ein "Halbbyte" ist eine 4-Bit-Einheit von Daten, die 25 % der nominalen Bitrate erfordert, um über die MII' gesendet zu werden.) Die späteste Gelegenheit zum Senden einer Flussteuernachricht überlappt mit dem ersten Halbbyte eines Datenpakets. Dieses Ergebnis tritt auf, da angenommen wird, dass die Flussteuernachrichten von einer Instanz ausgegeben werden, die von den normalen MAC-Sendeprozessen logisch getrennt ist.

**[0083]** Die vorliegende Ausführungsform erfordert keine Änderungen am MAC-Sendeprozess, um Flussteuernachrichten auszugeben, nimmt jedoch statt dessen einen parallelen Prozess logisch getrennt vom MAC-Sendeprozess an. Obwohl diese Annahme die Protokollkompatibilität fördert, besteht keine Korrelation zwischen der Abfolge der MAC-Sendeprozesse und dem Zustand des Prozesses, der die Flussteuernachrichten ausgibt. Anders ausgedrückt, die zwei Prozesse kennen weder ihre gegenseitigen Maßnahmen für den nächsten TX\_CLK-Zyklus noch können sie diese vorhersagen. Somit kann die MAC mit dem Senden eines Datenpakets starten, wenn der Prozess wünscht, dass die Signalflosssteuerung beginnt, XON, XOFF oder RELEASE zu senden. Um eine Störung zu vermeiden, kann der Flussteuernerzeugungsprozess den Zustand von TX\_EN überwachen, wobei dann, wenn TX\_EN gleich "0" ist, oder wenn es auf "0" im vorherigen TX\_CLK-Zyklus zurückgesetzt wurde, eine Flussteuernachricht gesendet werden kann. Wenn jedoch TX\_EN gesetzt ist und im vorangehenden TX\_CLK-Zyklus gesetzt wurde, kann keine Flussteuernachricht gesendet werden. Somit muss der Prozess, der Flussteuernachrichten sendet, TX\_EN überwachen und kann nur Flussteuernachrichten senden, wenn TX\_EN zurückgesetzt ist oder wenn es während des vorangehenden TX\_CLK-Signals zurückgesetzt wurde.

**[0084]** [Fig. 3G](#) zeigt die Reaktion der CRS- und Kollisions-("COL")-Signale in Reaktion auf TX\_EN während der normalen Paketübertragung.

**[0085]** TX\_EN wird von der MAC für die physikalische Schicht an der MII erzeugt, um anzuzeigen, dass ein Datenrahmen gesendet wird, wobei CRS und COL Signale von der physikalischen Schicht an die MAC sind. CRS wird von der physikalischen Schicht in Reaktion auf das Senden gesetzt. CRS bleibt während des Sendens gesetzt, und wird nach dem Zurücksetzen von TX\_EN zurückgesetzt. Der MAC-Verzögerungsprozess, ein Abschnitt einer der MAC-Schicht zugeordneten Zustandsmaschine, beginnt die IPG mit dem Zurücksetzen von CRS zeitlich abzumessen. COL bleibt für eine Vollduplex-Umgebung zu allen Zeitpunkten inaktiv oder "0".

**[0086]** Wenn im Gegensatz hierzu [Fig. 3G](#) einer Halbduplexverbindung zugeordnet wird, würde kein gleichzeitiger Empfang stattfinden. Bei Halbduplex setzt die physikalische Schicht **30'** CRS während des Sendens oder Empfangens eines Pakets, während im Vollduplex-Modus die physikalische Schicht CRS während des Sendens des Pakets setzt, jedoch nicht während des Empfangens eines Pakets. Im Vollduplex-Modus setzt die physikalische Schicht CRS, wenn eine XOFF-Nachricht vom getrennten Ende der Verbindung empfangen wird, und setzt kontinuierlich CRS bis eine XON-Nachricht vom entfernten Ende der Verbindung empfangen wird, oder bis eine RELEASE-Nachricht von der lokalen Abstimmungsschicht **40'** empfangen wird.

**[0087]** [Fig. 3H](#) zeigt die Antwort der CRS- und Kollisions-("COL")-Signale in Reaktion auf TX\_EN bei Vorhandensein von XOFF- und XON-Signalen. TX\_EN wird am normalen Ende einer Datenrahmenübertragung zurückgesetzt, während CRS in Reaktion hierauf zurückgesetzt wird. In [Fig. 3H](#) empfängt jedoch eine bestimmte Zeitspanne nach CRS = "0" die physikalische Schicht bei der Sendestation ein XOFF-Flussteuersignal von der überfüllten Empfangsstation am Ende der Verbindung. XOFF wird decodiert und in Reaktion hierauf CRS an der MII von der Sendestation zurückgesetzt, wie in [Fig. 3H](#) gezeigt ist. CRS bleibt für eine unbestimmte Zeitperiode aktiv, während der TX\_EN auf Niedrigpegel liegt, da die sendende MAC verzögert und nicht sendet, wenn CRS gesetzt bleibt. Später in [Fig. 3H](#) wird ein XON-Signal von der sendenden physikalischen Schicht, die CRS zurücksetzt, empfangen, woraufhin die MAC mit dem Senden beginnen kann. Die MAC wird zuerst die IPG zeitlich abmessen (96 Bitzeitspannen) und anschließend mit dem Senden beginnen, und setzt TX\_EN (wenn sie Daten zu senden hat). Die zu sendenden Daten werden auf das Medium gebracht und die physikalische Schicht setzt ebenfalls CRS.

**[0088]** [Fig. 3I](#) zeigt die Wirkung des Empfangs eines XOFF während einer Übertragung, und demonstriert die Paketgrenzenkörnigkeit. MAC sendet einen Rahmen, wie durch TX\_EN = "1" und CRS = "1" gezeigt ist. Irgendwann während der Rahmenübertragung wird ein XOFF-Signal empfangen. Die MAC setzt das Senden fort, und beendet das Paket normal. Bei Abschluss der Rahmenübertragung bleibt CRS gesetzt, statt CRS zurückzusetzen (wie in [Fig. 3G](#)), da XOFF empfangen wurde, und bleibt gesetzt, bis XON empfangen wird. Nachdem XON empfangen worden ist, wird nach einer IPG CRS zurückgesetzt und die MAC kann wieder mit dem Senden beginnen.

**[0089]** [Fig. 3J](#) zeigt die Reaktion der physikalischen Schicht auf eine RELEASE-Nachricht und kann verwendet werden, wenn eine XON-Nachricht irgendwie verstümmelt ist. Die sendende physikalische Schicht empfängt eine XOFF-Nachricht während der Übertragung, was CRS für eine relativ lange Zeitperiode aktiviert und die MAC am Senden hindert (z. B. verzögert). Die MAC fährt mit der Verzögerung fort, wenn kein XON-Signal empfangen wird (vielleicht aufgrund einer Signalverstümmelung). Nach einer Zeitperiode  $\Delta T$  wird ein RELEASE-Signal empfangen, das die physikalische Schicht zwingt, CRS aufzuheben oder zurückzusetzen, was

der MAC erlaubt, erneut zu senden. Die RELEASE-Nachricht wird auf dem Sendepfad der MII codiert, was die physikalische Schicht zum Aufheben von CRS zwingt.

[0090] Es ist wichtig, anzunehmen, dass, während XOFF von einer entfernten (überfüllten) Station vielleicht am Ende einer Verbindung empfangen wurde, das RELEASE-Signal vom nahen Ende der Verbindung empfangen wird, nämlich von einer Stationsmanagementinstanz ("STA") 150 in der Sendestation (siehe [Fig. 4](#)).

[0091] Wie in [Fig. 4](#) gezeigt ist, ist ein erster Teil eines Datenendgerätes oder DTE, wie z. B. ein Computer 10, eine physikalische Schicht 30', eine Schnittstelle MII', eine Abstimmungsunterschicht 40' und eine MAC-Schicht 50B, mit einem zweiten DTE verbunden, wie z. B. einem Computer 10' und entsprechenden Schichten und Unterschichten. Jedes DTE enthält eine Stationsmanagementinstanz ("STA") 150, die im Wesentlichen ein Satz von Management- oder Steuerfunktionen innerhalb der Station oder des Computers ist. Die STA erkennt, wenn Stationsbetriebsmittel (z. B. Speicher) überfüllt zu werden drohen. Als Gestaltungsmöglichkeit ist es z. B. nützlich, eine Überfüllung zu signalisieren und die Ausgabe eines XOFF-Flusssteuersignals zu veranlassen, wenn Betriebsmittel mehr als etwa einen Rahmen als Datenspeicher verfügbar haben, obwohl statt dessen andere Schwellen festgelegt werden können.

[0092] In [Fig. 4](#) sind die MII'-Schnittstelle, die Dienstprimitive für das physikalische Schichtsignal ("PLS"), die Abstimmungsunterschichtdienstprimitive und die Flusssteuernachrichten allgemein dargestellt, ebenso wie die physikalische Verbindung, z. B. das Kabel 20, zwischen den DTEs. Die PLS-Dienstprimitive werden von der physikalischen Schicht 30' der Medienzugangskontrollschicht 50B zur Verfügung gestellt. Wie aus [Fig. 5](#) deutlich wird, dient die Abstimmungsunterschicht 40' zum Abbilden der konkreten Signale, die durch die MII' definiert werden, auf die weniger konkreten PLS-Dienstprimitive.

[0093] Wenn z. B. eine DTE-STA 150 eine bevorstehende Betriebsmittelüberfüllung erkennt und wünscht, ein Flusssteuersignal (z. B. XOFF) auszugeben, verwendet die STA ein RS-STOP-Dienstprimitiv. Die STA sendet dieses Primitiv zur RS 40', die das Primitiv in MII' codiert. Die MII' veranlasst anschließend die zugehörige physikalische Schicht 30', das entsprechende Flusssteuersignal, hier XOFF, auszugeben.

[0094] Es ist wichtig, aus [Fig. 4](#) zu erkennen, dass die STA 150 ein von der MAC 50B' separater und unabhängiger Prozess ist, und dass zwischen diesen keine Korrelation existiert. Folglich ist es durchaus möglich, dass beschränkte Betriebsmittel im Computer 10' dazu führen können, dass in dessen STA 150 festgestellt wird, dass ein Überfüllung droht und dass ein XOFF-Signal gesendet werden muss, obwohl der Computer 10' bereit sein kann, gleichzeitig Daten zu senden. Somit können gleichzeitig ein Datenpaket von der MAC 50B' und ein Flusssteuerprimitiv von der STA 150 ausgegeben werden, wobei beide Signalsätze gleichzeitig an der RS 40' ankommen. Verständlicherweise wird die RS' versuchen, beide Signale gleichzeitig zu codieren, wobei das Ergebnis jedoch darin besteht, dass die physikalische Schicht 30' ein verstümmeltes Signal sendet, da sie nicht die wirklichen Daten vom Flusssteuersignal unterscheiden kann. Wie mit Bezug auf [Fig. 3F](#) beschrieben wurde, erzeugt somit die vorliegende Ausführungsform eine Regel, um eine solche Überlappung zu vermeiden, indem ein Fenster spezifiziert wird, innerhalb dem Flusssteuerprimitiv von der MII' codiert werden.

[0095] [Fig. 5](#) wird im Folgenden mit Bezug auf Änderungen der MII'-Schnittstelle und des Verhaltens ihrer zugehörigen Signale beschrieben. In [Fig. 5](#) enthalten die mit der Abstimmungsunterschicht 40' verbundenen Dienstprimitive vier neue Dienstfunktionen, die gemäß der vorliegenden Erfindung definiert sind. Die in [Fig. 5](#) in Fettschrift gezeigten neuen Dienste sind:

<b>RS_FLOW_CONTROL_RELEASE.request</b>	(input)
<b>RS_FLOW_CONTROL.request</b>	(input)
<b>PLS_RX_CARRIER.indicate</b>	(output)
<b>RS_FLOW_CONTROL.indicate</b>	(output)

[0096] Diese neuen Abstimmungsdienstschichtprimitive enthalten Prozesse, von denen in [Fig. 5](#) nur die wichtigsten gezeigt sind. Die verschiedenen Dienstprimitive, die auf der linken Seite der [Fig. 5](#) gezeigt sind, sind in Standard-Primitivsprache gegeben. Die MII'-Signale auf der rechten Seite der [Fig. 5](#) spiegeln die MII'-Schnittstellenspezifikation wider. Die MII'-Spezifikation ist lediglich die Definition des Verhaltens eines Satzes von Signalen an der Schnittstelle zwischen der physikalischen Schicht 30' und der Abstimmungsunterschicht 40', wobei die MII' an sich keine funktionale Instanz ist. Wie gemäß der vorliegenden Erfindung modifiziert, definiert somit die MII' einen zusätzlichen Satz von Signalverhalten, z. B. die Codierung eines Sende-

datenbündels (TXD<3:0>), wenn Flussteuersignale, wie z. B. XON/XOFF, benötigt werden, oder das Verhalten der physikalischen Schicht **30'** hinsichtlich seiner Handhabung eines CRS-Signals, und dergleichen. Was modifiziert wird, ist die Verhaltensbeschreibung solcher Signale, und wie solche Signale verwendet werden können, um eine Flusststeuerung in einer Vollduplex-Ethernet-Umgebung ohne Datenverlust zu erreichen.

**[0097]** **Fig. 6** zeigt den Dualitätsaspekt der Schicht MAC **50B'** gemäß der vorliegenden Erfindung genauer. Wie erwähnt worden ist, hat in Halbduplex-MAC-Schichten ein einziges CRS-Eingangssignal von der physikalischen Schicht die MAC-Schicht-Senderprozess-Verzögerung und auch die MAC-Schicht-Empfangsprozess-Dateneinfassung gesteuert. In starkem Gegensatz hierzu trennt die modifizierte MAC-Schicht **50B'** gemäß der vorliegenden Ausführungsform diese zwei Prozesse und verwendet unabhängige und separate Eingangssignale, um die Verzögerungs- und Dateneinfassungseinrichtungen zu steuern.

**[0098]** Wie in **Fig. 6** gezeigt ist, enthält innerhalb der MAC **50B'** der Senderprozess **130** eine Verzögerungseinrichtung **150**, die auf ein Trägererfassungssignal anspricht, während der Empfängerprozess **140** eine Bitempfängereinrichtung **160** enthält, die auf eine neue Variable anspricht, die gemäß der vorliegenden Erfindung als receive\_carrierSense-Signal definiert ist. Wie gezeigt ist, kann die Variable receive\_carrierSense direkt aus dem MII'-Signal RX\_DV abgeleitet werden, und wird verwendet, um ankommende Bits anzuzeigen. (Im Gegensatz hierzu wurde im Stand der Technik eine Variable carrierSense direkt aus dem MII-Signal CRS abgeleitet und wurde verwendet, um eine Übertragungsverzögerung anzuzeigen.)

**[0099]** In der bevorzugten Ausführungsform werden an der MII' separate CRS- und RX\_DV-Signale der RS **40'** zur Verfügung gestellt, die unter den verschiedenen Dienstprimitiven, die in **Fig. 5** gezeigt sind, die Primitive PLS\_carrier.indicate und PLS\_receive\_carrier.indicate ausgibt. Die MAC **50B'** empfängt diese Dienstprimitive, die als carrierSense und receive\_carrierSense den Verzögerungs- und Bitempfängereinrichtungen bereitgestellt werden. Diese Trennung der MAC-carrierSense-Variablen in carrier-Sense (das von der Verzögerung **150** verwendet wird) und receive\_carrierSense (das von Bitempfänger **160** verwendet wird) steht im Gegensatz zum Stand der Technik.

**[0100]** Für die Zwecke der vorliegenden Ausführungsform reicht es aus, dass separate und unabhängig erzeugte Signale carrierSense und receive\_carrierSense innerhalb der modifizierten MAC-Schicht **50B'** zur Folge haben. Anders ausgedrückt, es ist nicht erforderlich, dass CRS und RX\_DV diese Signale verursachen. Ungeachtet der Tatsache, wie die separaten und unabhängig erzeugten Signale erzeugt werden, führt in Reaktion hierauf die modifizierte MAC-Schicht **50B'** separate Verzögerungs- und Dateneinfassungsprozeduren durch, ähnlich denjenigen, die für ein Halbduplex-Netzwerk unter Verwendung einer MAC-Schicht gemäß dem Stand der Technik ausgeführt werden. Ferner ist eine modifizierte MAC-Schicht **50B'** vollständig rückwärtskompatibel mit Netzwerken des Standes der Technik, die die gleichen Signale CRS und RX\_DV verwenden.

**[0101]** Die vorliegende Erfindung modifiziert den 802.3-MAC-Standard leicht und semantisch wie folgt: Die Schnittstelle zur physikalischen Schicht ist wie folgt beschaffen, wobei die Fettschrift neu hinzugefügte Merkmale angibt, z. B. ist receive\_carrierSense eine neu definierte Variable:

var

**receive\_carrierSense: Boolean; (zeigt ankommende Bits an)**

carrierSense: Boolean; **(zeigt Sendeverzögerung an)**

transmitting: Boolean; (zeigt abgehende Bits an)

wasTransmitting: Boolean; (zeigt unfertige Übertragung an)

collisionDetect: Boolean; (zeigt Medieninhalt an)

procedure TransmitBit (bitParam; Bit); (Sendet ein Bit)

function ReceiveBit: Bit; (Empfängt ein Bit)

procedure wait (bitTimes:integer); (Wartet angegebene Anzahl von Bitzeitspannen)

**[0102]** Die Zustandsvariableninitialisierung gemäß der vorliegenden Ausführungsform kann wie folgt implementiert werden:

```

Procedure Initialize;
begin
    frameWaiting := false;
    deferring := false;
    newCollision := false;
    transmitting := false;
    receiving := false;
    while carrierSense or receive_CarrierSense do nothing;
        (Starte Ausführung aller Prozesse)
end; (Initialize)

```

[0103] Der Rahmenempfang ist vorzugsweise wie folgt implementiert:

```

Procedure BitReceiver;
    var b: Bit;
begin
    cycle (äußere Schleife)
        while receiving do
            begin (innere Schleife)
                if currentReceiveBit = 1 then
                    PhysicalSignalDecap: (Abstreifen der Präambel und Starten
                        des Rahmenabgrenzers)
                    b := ReceiveBit; (Erhalte nächstes Bit vom physikalischen
                        Medienzugang)
                if receive_carrierSense then
                    begin (hänge Bit an Rahmen an)
                        incomingFrame(currentReceiveBit := b;
                            currentReceiveBit := currentReceiveBit + 1
                    end (hänge Bit an Rahmen an)
                    receiving := receive_carrierSense
                end (innere Schleife)
                frameSize := currentReceiveBit - 1
            end (äußere Schleife)
end; (BitReceiver)

```

[0104] Die vorliegende Ausführungsform nimmt eine leichte Modifikation der Abstimmungsunterschicht wie folgt vor:

[0105] Wie in [Fig. 6](#) gezeigt, bildet PLS\_RX\_CARRIER.indicate(CARRIER STATUS) das MII-Signal RX\_DV auf die MAC-Variable receive\_carrierSense ab, und PLS\_CARRIER.indicate(CARRIER\_STATUS) bildet das MII-Signal CRS auf die MAC-Variable carrierSense ab.

[0106] RS\_FLOW\_CONTROL.request(REQUEST\_TYPE) wird von der STA für die Abstimmungsunter-

schicht erzeugt, während der Parameter REQUEST\_TYPE einen von zwei Werten annehmen kann: STOP und START. Bei Empfang dieses Primitivs bildet die Abstimmungsunterschicht die Werte STOP und START auf Nachrichten auf der MII' wie folgt ab:

STOP → XOFF  
START → XON

**[0107]** In der vorliegenden Erfindung wird RS\_FLOW\_CONTROL.indicate(INDICATE\_TYPE) von der Abstimmungsunterschicht für die STA erzeugt. Der Parameter INDICATE\_TYPE kann einen der zwei folgenden Werte annehmen: STOP und START

**[0108]** Die Abstimmungsunterschicht erzeugt dieses Primitiv durch Decodieren von Nachrichten von der MII und Abbilden derselben wie folgt:  
XOFF → STOP  
XON → START

**[0109]** Das Primitiv RS\_FLOW\_CONTROL\_RELEASE.request() wird von der STA für die Abstimmungsunterschicht erzeugt und hat keinen Parameter. Bei Empfang dieses Primitivs erzeugt die Abstimmungsunterschicht eine RELEASE-Nachricht auf der MII'.

**[0110]** In der Zusammenfassung wird aus allem Vorangehenden deutlich, dass die vorliegende Ausführungsform die Flusssteuerung in einer Vollduplex-Ethernet-Umgebung implementiert, während die Rückwärtskompatibilität mit existierenden Umgebungen und Hardware bewahrt bleibt. Die Flusssteuerung wird unter Verwendung eines leicht modifizierten MII'-Signalsatzes mit kleineren Änderungen an der MAC-Schicht **50B'**, mit kleineren Hinzufügungen zur Abstimmungsunterschicht **40'** und mit kleineren Änderungen der physikalischen Schicht **30'** zur Verfügung gestellt.

**[0111]** Die vorliegende Ausführungsform bietet eine Verzögerung und eine Dateneinfassung vorzugsweise unter Verwendung zweier unabhängig erzeugter Signale. Die resultierende Flusssteuerung ist verlustfrei und erlaubt eine reduzierten Datenrate gleich der Datenrate des langsameren Betriebsmittels, dessen drohende Überfüllung Anlass für die Flusssteuerung gibt. Kurz, die Verbindungsebene-Flusssteuerung für Vollduplex-Ethernet-Netzwerke kann in einer einfachen und kosteneffektiven Weise implementiert werden, während die Rückwärtskompatibilität aufrechterhalten bleibt.

### Patentansprüche

1. Flusssteuerverfahren für die Verwendung mit einem Vollduplex-Ethernet-Netzwerk, das wenigstens ein erstes Datenendgerät, das mittels eines Mediums mit einem zweiten Datenendgerät verbunden ist, um dazwischen Signale zu übertragen, enthält, wobei jedes Datenendgerät so definierbar ist, dass es wenigstens eine physikalische Schicht (**30'**) und eine Abstimmungsunterschicht (**40'**) und dazwischen eine medienunabhängige Schnittstelle, sowie eine Medienzugangskontrollschicht (**50B'**) enthält,

**dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren die folgenden Schritte enthält:

(a) wenn Betriebsmittel des zweiten Datenendgerätes ein Schwellenniveau der Überfüllung erreichen, Veranlassen des zweiten Datenendgerätes, periodisch ein erstes Flusssteuer-XOFF-Signal über das Medium zum ersten Datenendgerät zu senden, und Veranlassen des zweiten Datenendgerätes, ansonsten periodisch ein zweites Flusssteuer-XON-Signal über das Medium zum ersten Datenendgerät zu senden, wobei das XOFF-Signal und das XON-Signal von den über das Medium sendbaren Datensignalen unterscheidbar sind;

(b) bei Empfang eines XOFF-Signals, Veranlassen des ersten Datenendgerätes, kontinuierlich ein Trägererfassungssignal zu setzen, bis zum Empfang eines die Rücksetzung des Trägererfassungssignals anweisenden Steuersignals durch das erste Datenendgerät;

wobei das Setzen des Trägererfassungssignals für eine Zeitperiode andauert, die den Empfang eines XON-Signals vom zweiten Datenendgerät durch das erste Datenendgerät nicht überschreitet;

während des Setzens des Trägererfassungssignals das erste Datenendgerät flussgesteuert wird, und wenigstens ein geeignetes Signal der Signale XON und XOFF während wenigstens einer Zwischenpaketlücke gesendet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem im Schritt (b) die physikalische Schicht (**30'**) des ersten Datenendgerätes das Flusssteuersignal empfängt, decodiert und erkennt, und bei dem die Erkennung eines XOFF-Flusssteuersignals dazu führt, dass die physikalische Schicht des ersten Datenendgerätes die Medienzugangskontrollschicht (**50B'**) des ersten Datenendgerätes zwingt, die weitere Übertragung für ein Zeitintervall

zu verzögern, das die Übermittlung eines XON-Steuersignals durch das zweite Datenendgerät nicht überschreitet.

3. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem im Schritt (b) bei Empfang, Decodierung und Erkennung des Flusssteuersignals die physikalische Schicht (**30'**) des ersten Datenendgerätes die Medienzugangskontrollschicht (**50B'**) des ersten Datenendgerätes zwingt, zu verzögern, bis das XON-Steuersignal oder ein Zeitüberschreitungssignal empfangen wird, je nachdem, was früher eintritt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem:  
die medienunabhängige Schnittstelle Datenübertragungspfade bereitstellt, die Sendedaten TXD<3:0>, Sendetakt TX\_CLK, Sendefreigabe TX\_EN und Sendefehler TX\_ER enthalten, und Empfangspfade bereitstellt, die Empfangsdaten RXD<3:0>, Empfangstakt RX\_CLK, Empfangsdatengültigkeit RX\_DV und Empfangsfehler RX\_ER enthalten, und asynchrone Medienstatussignale bereitstellt, die Trägererfassung und Kollision enthalten, und ferner eine Managementschnittstelle für die Steuerung und die Statussammlung einschließlich des Managementdatentakts und der Managementdaten-Eingabe/Ausgabe bereitstellt;  
der TX\_CLK kontinuierlich aktiv ist, der RX\_CLK während des Empfangs von Daten vom ersten Datenendgerät durch das zweite Datenendgerät und während der Zwischenpaketlücke kontinuierlich aktiv ist; und  
das Senden und das Empfangen von Daten durch das Datenendgerät innerhalb einer Protokolldateneinheit unterbrechungsfrei ist.

5. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem im Schritt (a) das Datenendgerät die Übertragung eines XON- oder XOFF-Signals unter Verwendung eines Primitivs RS\_FlowControl.request(request\_type), wobei request\_type:START,STOP gilt, einleitet.

6. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem im Schritt (b) das Datenendgerät das XON- oder XOFF-Signal unter Verwendung eines Primitivs RS\_FlowControl.indicate(indicate\_type), wobei indicate\_type:START,STOP gilt, empfängt.

7. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem im Schritt (b) das Datenendgerät sich vom Nichtempfang eines gesendeten XON-Signals unter Verwendung eines Primitivs RS\_FlowControl.Release.request() erholt.

8. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem im Schritt (a) das XOFF-Flusssteuersignal von der Abstimmungsschicht (**40'**) im zweiten Datenendgerät in Reaktion auf ein Stopp-Flusssteuerung-Anforderungsdienst-Primitiv RS\_FlowControl.request(STOP) erzeugt wird und auf der medienunabhängigen Schnittstelle des zweiten Datenendgerätes in einer Empfangstakt-RX\_CLK-Periode als ein Sendedatensignal [<TXD<3:0>=<pattern1>, ein zurückgesetztes Sendefreigabesignal TX\_EN, und ein gesetztes Sendefehlersignal (TX\_ER)] übermittelt wird, wobei <pattern1> ein Bitmuster ist, das das XOFF-Flusssteuersignal repräsentiert.

9. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem im Schritt (a) das XON-Flusssteuersignal von der Abstimmungsschicht (**40'**) im zweiten Datenendgerät in Reaktion auf ein Start-Flusssteuerung-Anforderungsdienst-Primitiv RS\_FlowControl.request(START) erzeugt wird und auf der medienunabhängigen Schnittstelle des zweiten Datenendgerätes in einer Sendetakt-TX\_CLK-Periode als ein Sendedatensignal [<TXD<3:0>=<pattern2>, ein zurückgesetztes Sendefreigabesignal TX\_EN, und ein gesetztes Sendefehlersignal (TX\_ER)] übermittelt wird, wobei <pattern2> ein Bitmuster ist, das das XON-Flusssteuersignal repräsentiert.

10. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die physikalische Schicht (**30'**) des ersten Datenendgerätes bei Empfang des XOFF-Signals vom zweiten Datenendgerät ein XOFF-Signal an die Abstimmungsschicht des ersten Datenendgerätes ausgibt, das auf der medienunabhängigen Schnittstelle als ein Empfangsdatensignal [<RXD<3:0>=<pattern1>, ein zurückgesetztes Empfangsdatengültigkeitssignal RX\_DV, und ein gesetztes Empfangsfehlersignal RX\_ER] übermittelt wird, wobei <pattern1> ein Bitmuster ist, das das XOFF-Flusssteuersignal repräsentiert.

11. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die physikalische Schicht (**30'**) des ersten Datenendgerätes bei Empfang des XON-Signals vom zweiten Datenendgerät eine XON-Nachricht an die Abstimmungsschicht des ersten Datenendgerätes ausgibt, die auf der medienunabhängigen Schnittstelle als ein Empfangsdatensignal [<RXD<3:0>=<pattern2>, ein zurückgesetztes Empfangsdatengültigkeitssignal RX\_DV, und ein gesetztes Empfangsfehlersignal RX\_ER] übermittelt wird, wobei <pattern2> ein Bitmuster ist, das das XON-Flusssteuersignal repräsentiert.

12. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Abstimmungsschicht (**40'**) des ersten Datenendgerätes eine

RELEASE-Nachricht in Reaktion auf ein Primitiv RS\_FlowControl\_Release.request() ausgibt, wobei die RELEASE-Nachricht auf der medienunabhängigen Schnittstelle als ein Sendedatensignal [ $\langle TXD\langle 3:0 \rangle = \langle pattern3 \rangle$ ], ein zurückgesetztes Sendefreigabesignal TX\_EN, und ein gesetztes Sendefehlernsignal TX\_ER] übermittelt wird, wobei  $\langle pattern3 \rangle$  ein Bitmuster ist, das das RELEASE-Signal repräsentiert.

13. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem wenigstens ein geeignetes Signal der Flussteuersignale XON und XOFF während einer ersten Hälfte der Präambel gesendet wird, die einem Rahmen der über das Medium übertragenen Daten zugeordnet ist.

14. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem wenigstens ein geeignetes Signal der Flussteuersignale XON und XOFF während jeder Zwischenpaketlücke gesendet wird.

15. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Flusssteuerung verlustfrei ist.

16. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem wenigstens das erste Datenendgerät ferner einen Zeitgeber enthält, der bei Empfang des XOFF-Steuersignals vom zweiten Datenendgerät durch das erste Datenendgerät ein Zeitüberschreitungsintervall erzeugt, nach welchem das erste Datenendgerät das Trägererfassungssignal selbst dann zurücksetzt, wenn durch das erste Datenendgerät kein XON-Signal vom zweiten Datenendgerät empfangen worden ist.

17. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Netzwerk IEEE-802-konform ist, wobei das erste Datenendgerät und das zweite Datenendgerät identisch sind.

18. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Datenendgerät eine Medienzugangsschicht enthält, die einen Senderprozess aufweist, der eine Verzögerungseinrichtung enthält, die auf ein Trägererfassungssignal von der physikalischen Schicht (**30'**) des Datenendgerätes anspricht, wobei die Medienzugangsschicht ferner einen Empfängerprozess aufweist, der eine Bitempfängereinrichtung enthält, die in Reaktion auf eine Empfangsdatengültigkeit RX\_DV von der physikalischen Schicht des Datenendgerätes Daten einfasst.

19. Voll duplex-Ethernet-Netzwerk, das wenigstens ein erstes Datenendgerät enthält, das über ein Medium mit einem zweiten Datenendgerät verbunden ist, um dazwischen Signale zu übermitteln, wobei jedes Datenendgerät wenigstens eine physikalische Schicht (**30'**) und eine Abstimmungsunterschicht (**40'**) und dazwischen eine medienunabhängige Schnittstelle, sowie eine Medienzugangskontrollschicht (**50B'**) enthält, dadurch gekennzeichnet, dass:

das Netzwerk so ausgelegt ist, dass das zweite Datenendgerät periodisch ein erstes Flussteuersignal XOFF über das Medium zum ersten Datenendgerät sendet, wenn Betriebsmittel des zweiten Datenendgerätes ein Schwellenniveau der Überfüllung erreichen, und ansonsten periodisch ein zweites Flussteuersignal XON über das Medium zum ersten Datenendgerät sendet, wobei das Signal XOFF und das Signal XON von den über das Medium sendbaren Datensignalen unterscheidbar sind; und

das Netzwerk ferner so ausgelegt ist, dass bei Empfang des XOFF-Flussteuersignals das erste Datenendgerät flussgesteuert wird und kontinuierlich ein Trägererfassungssignal bis zum Empfang eines Steuersignals, das das Zurücksetzen des Trägererfassungssignals anweist, durch das erste Datenendgerät setzt, wobei das Trägererfassungssignal für eine Zeitperiode gesetzt wird, die den Empfang des XON-Signals vom zweiten Datenendgerät durch das erste Datenendgerät nicht überschreitet,

das Netzwerk ferner so ausgelegt ist, dass wenigstens ein geeignetes Signal der Flussteuersignale XON und XOFF während wenigstens einer Zwischenpaketlücke übermittelt wird.

20. Netzwerk nach Anspruch 19, bei dem die physikalische Schicht (**30'**) des ersten Datenendgerätes dafür ausgelegt ist, das XOFF-Flussteuersignal zu empfangen, zu decodieren und zu erkennen, wobei die physikalische Schicht des ersten Datenendgerätes ferner dafür ausgelegt ist, bei Erkennung des XOFF-Flussteuersignals die Medienzugangskontrollschicht (**50B'**) des ersten Datenendgerätes zu zwingen, die weitere Übertragung für ein Zeitintervall zu verzögern, das die Übermittlung eines nachfolgend gesendeten XON-Steuersignals durch das zweite Datenendgerät nicht überschreitet.

21. Netzwerk nach Anspruch 19, bei dem die physikalische Schicht des ersten Datenendgerätes ferner dafür ausgelegt ist, bei Empfang, Decodierung und Erkennung des XOFF-Flussteuersignals die Medienzugangskontrollschicht (**50B'**) des ersten Datenendgerätes zu zwingen, bis zum Empfang des XON-Steuersignals oder eines Zeitüberschreitungsintervalls zu verzögern, je nachdem, was früher eintritt.

22. Netzwerk nach Anspruch 19, das ferner so ausgelegt ist, das wenigstens ein geeignetes Signal der

Flusssteuersignale XON und XOFF während einer ersten Hälfte einer Präambel, die einem Rahmen der über das Medium übermittelten Daten zugeordnet ist, übermittelt wird.

23. Netzwerk nach Anspruch 19, das ferner so ausgelegt ist, dass wenigstens ein geeignetes Signal der Flusssteuersignale XON und XOFF während jeder Zwischenpaketlücke übermittelt wird.

24. Netzwerk nach Anspruch 19, bei dem wenigstens das erste Datenendgerät ferner einen Zeitgeber enthält, der dafür ausgelegt ist, bei Empfang des XOFF-Steuersignals vom zweiten Datenendgerät durch das erste Datenendgerät ein Zeitüberschreitungsintervall zu erzeugen, nach welchem das erste Datenendgerät das Trägererfassungssignal selbst dann zurücksetzt, wenn durch das erste Datenendgerät kein XON-Signal vom zweiten Datenendgerät empfangen worden ist.

25. Netzwerk nach Anspruch 19, bei dem das Datenendgerät eine Medienzugangsschicht enthält, die einen Senderprozess aufweist, der eine Verzögerungseinrichtung enthält, die auf ein Trägererfassungssignal von der physikalischen Schicht (**30'**) des Datenendgerätes anspricht, wobei die Medienzugangsschicht ferner einen Empfängerprozess aufweist, der eine Bitempfängereinrichtung enthält, die in Reaktion auf eine Empfangsdatengültigkeit RX\_DV von der physikalischen Schicht des Datenendgerätes Daten einfasst.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

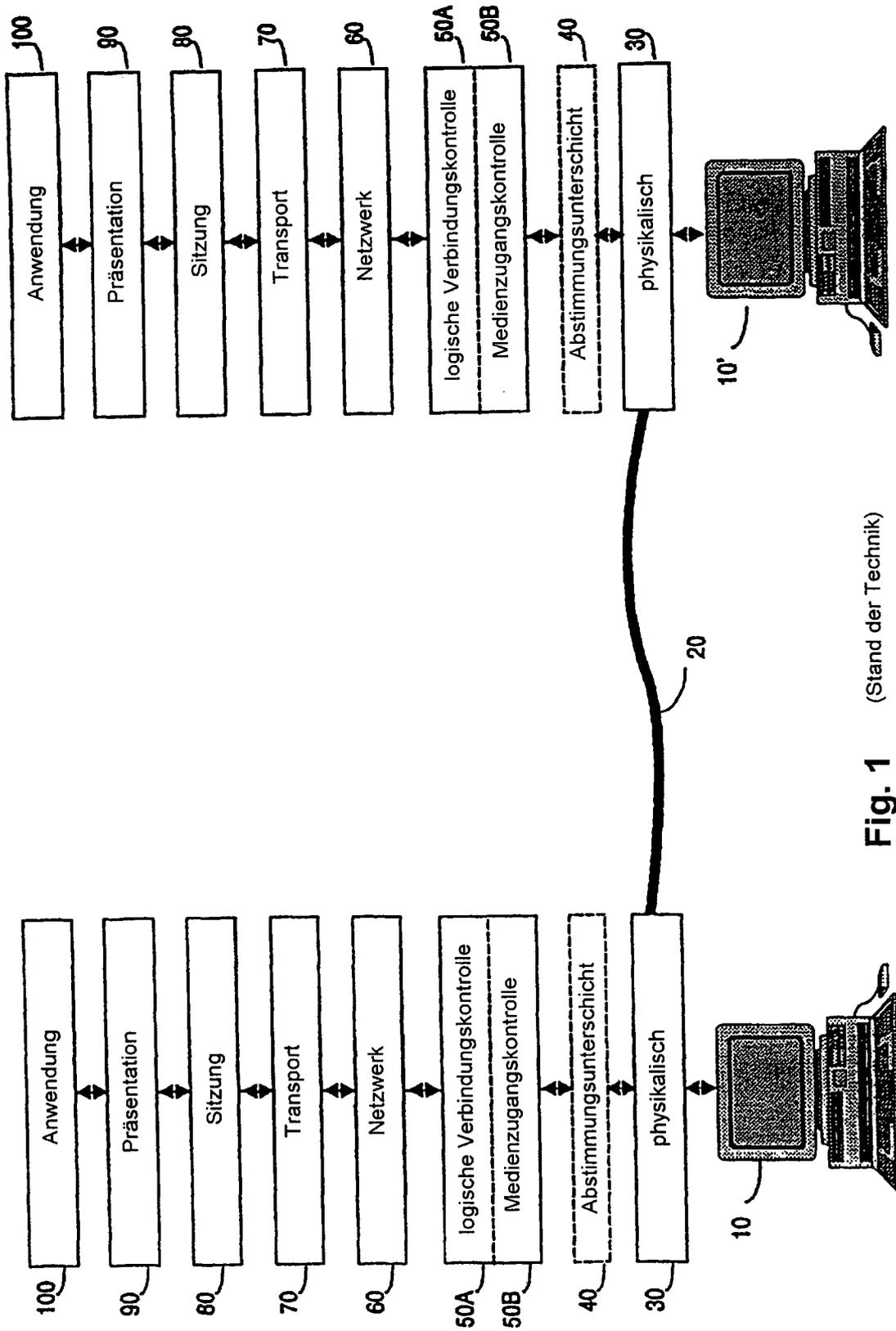


Fig. 1 (Stand der Technik)

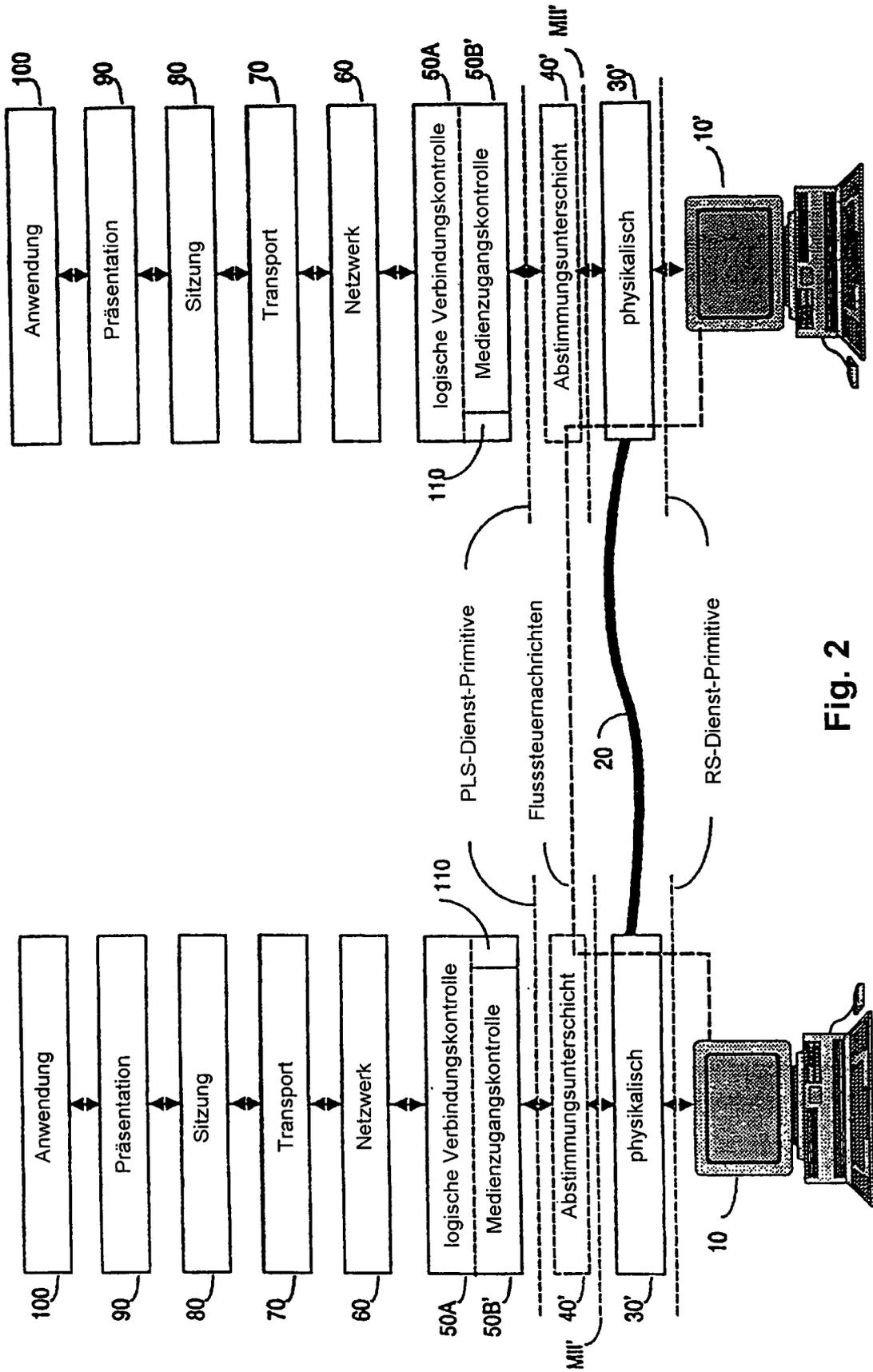


Fig. 2

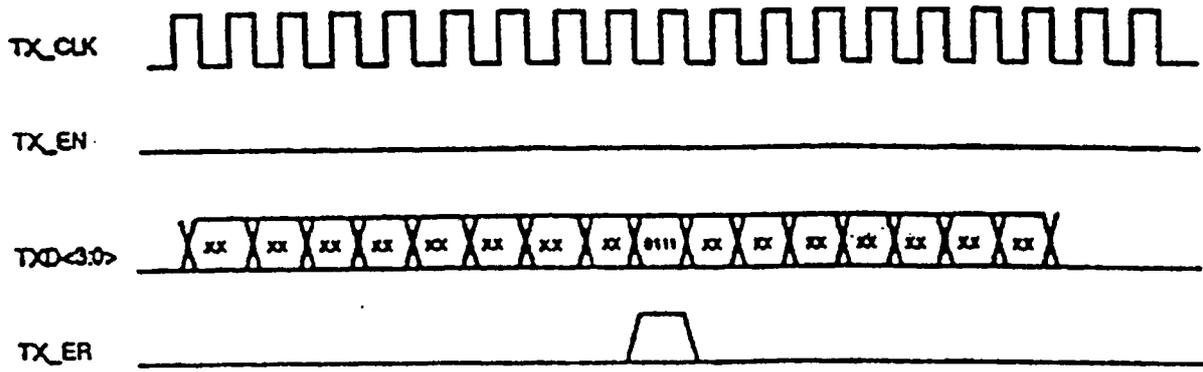


Fig. 3A

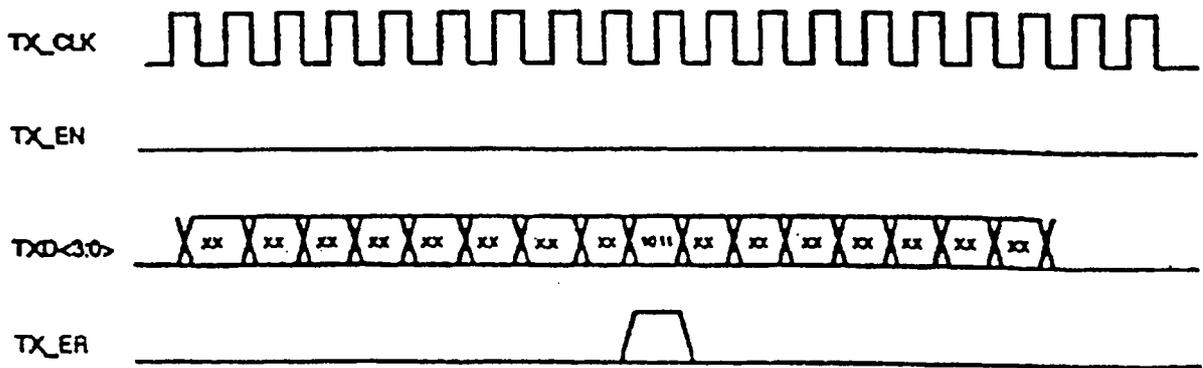


Fig. 3B

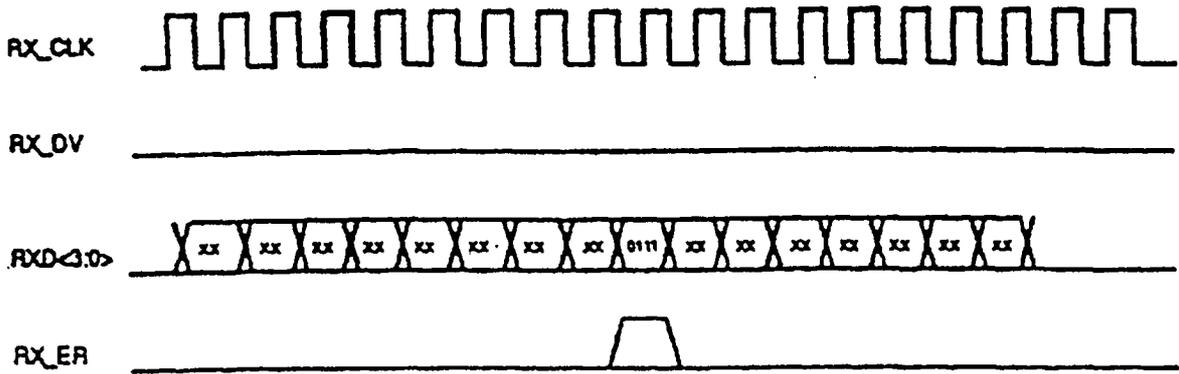


Fig. 3C

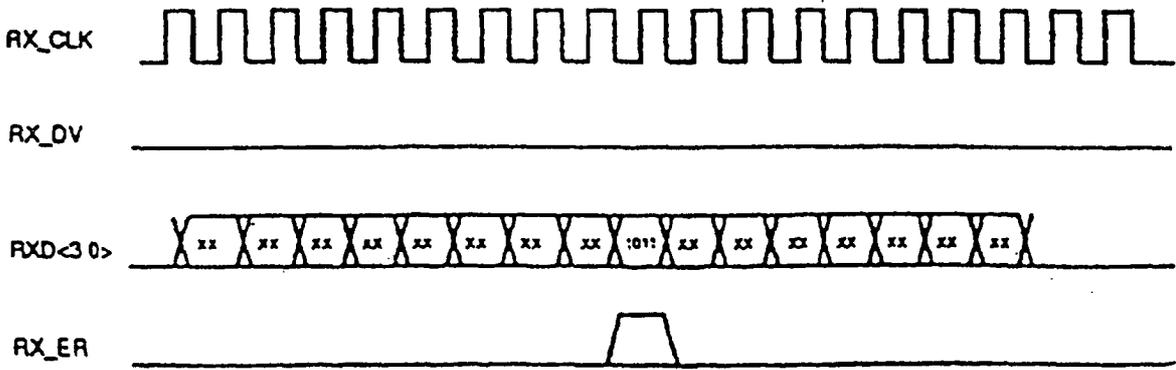


Fig. 3D

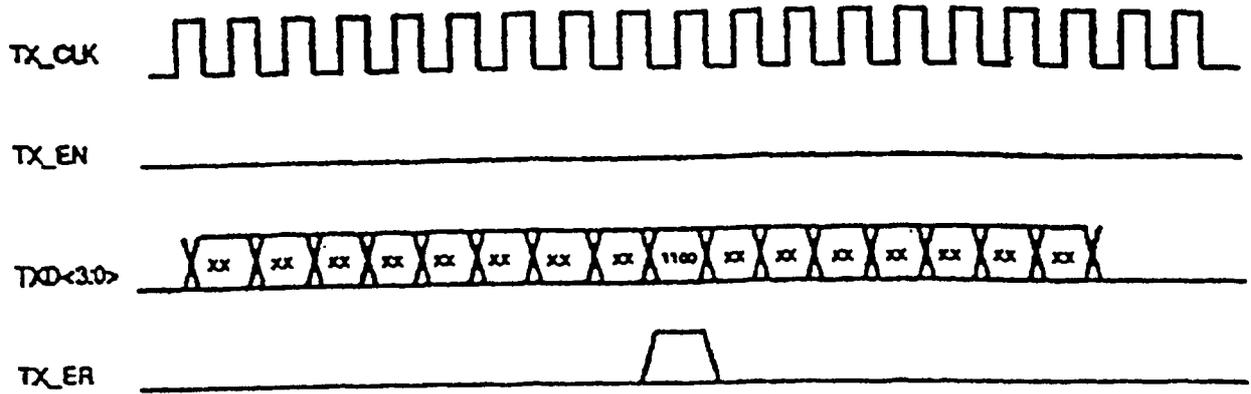


Fig. 3E

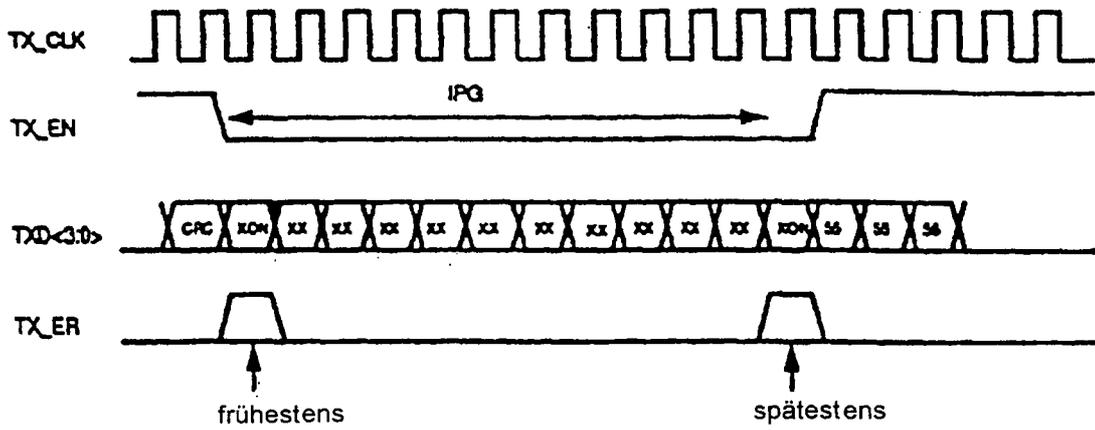


Fig. 3F

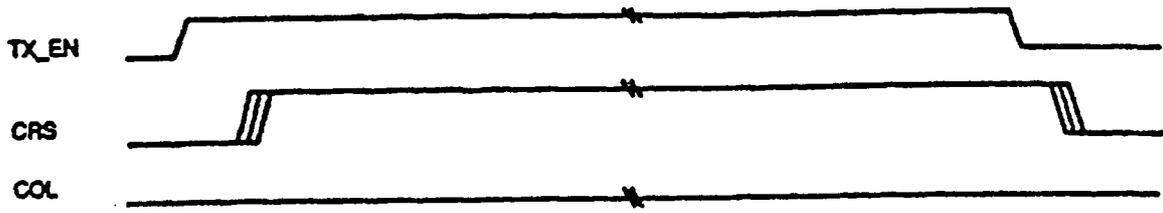


Fig. 3G

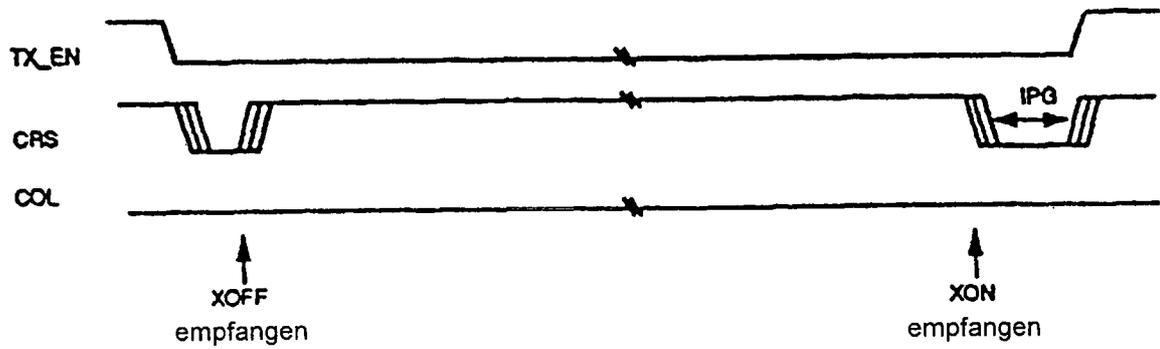


Fig. 3H

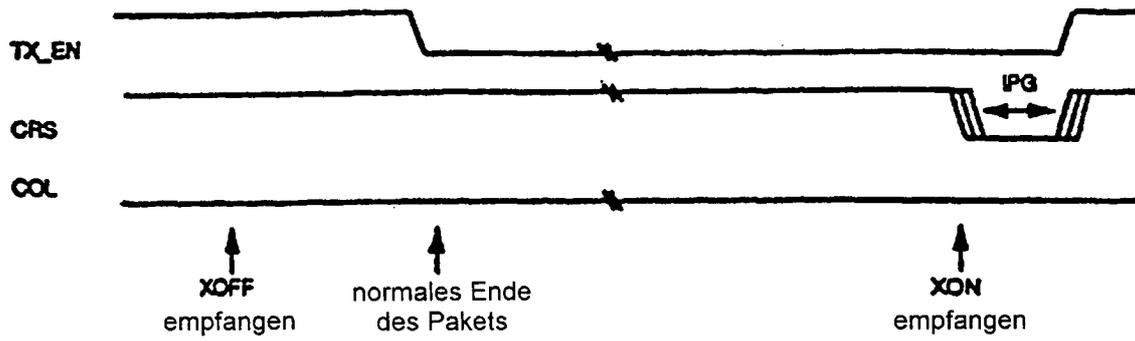


Fig. 3I

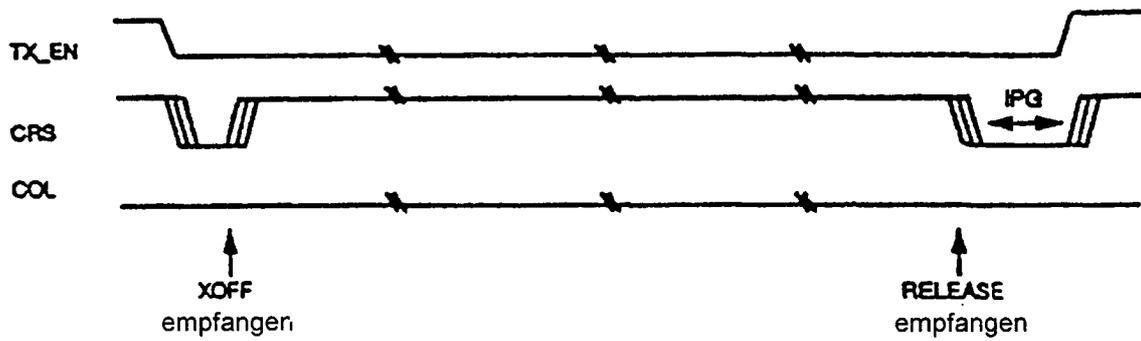


Fig. 3J

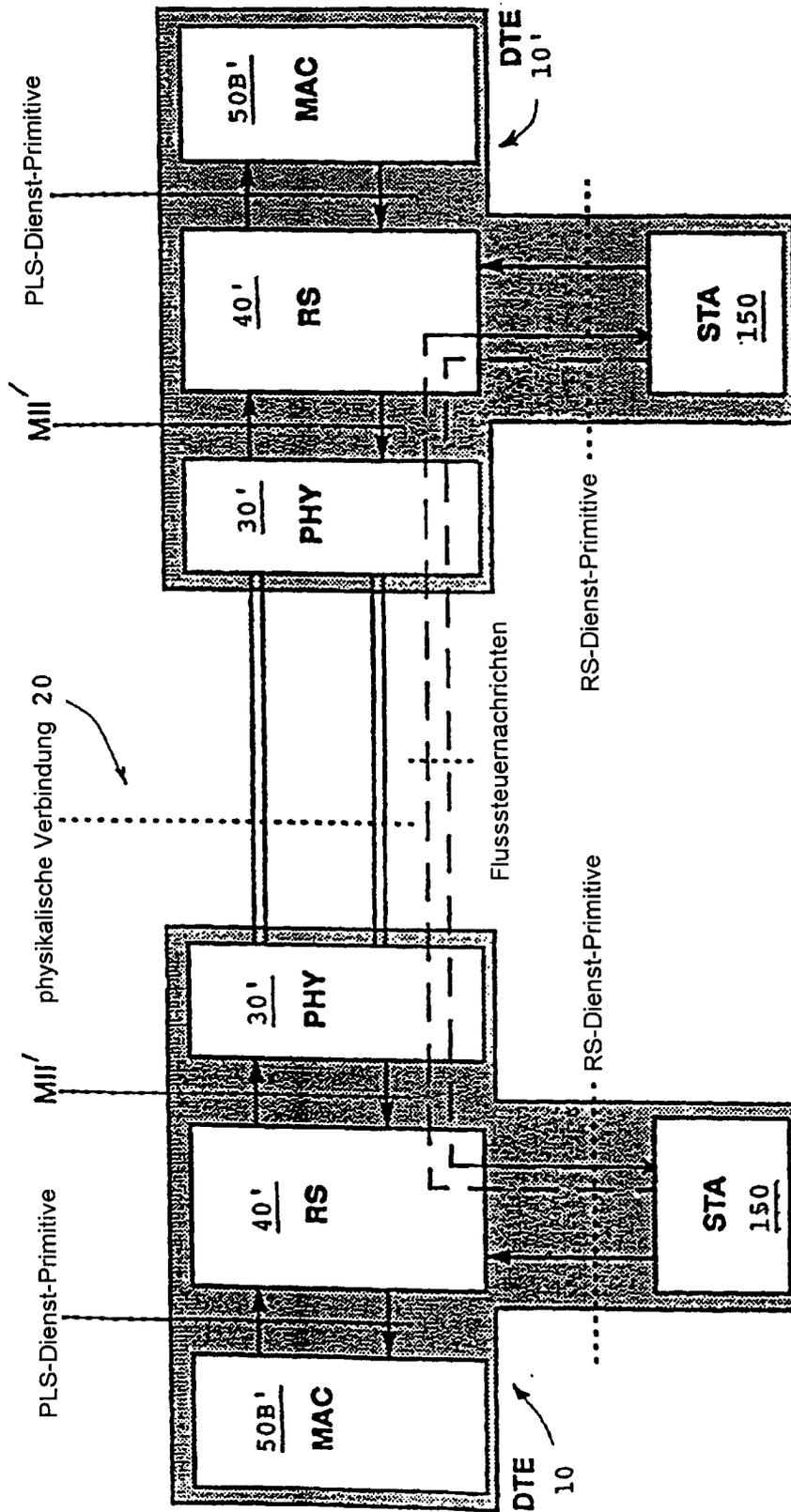


Fig. 4

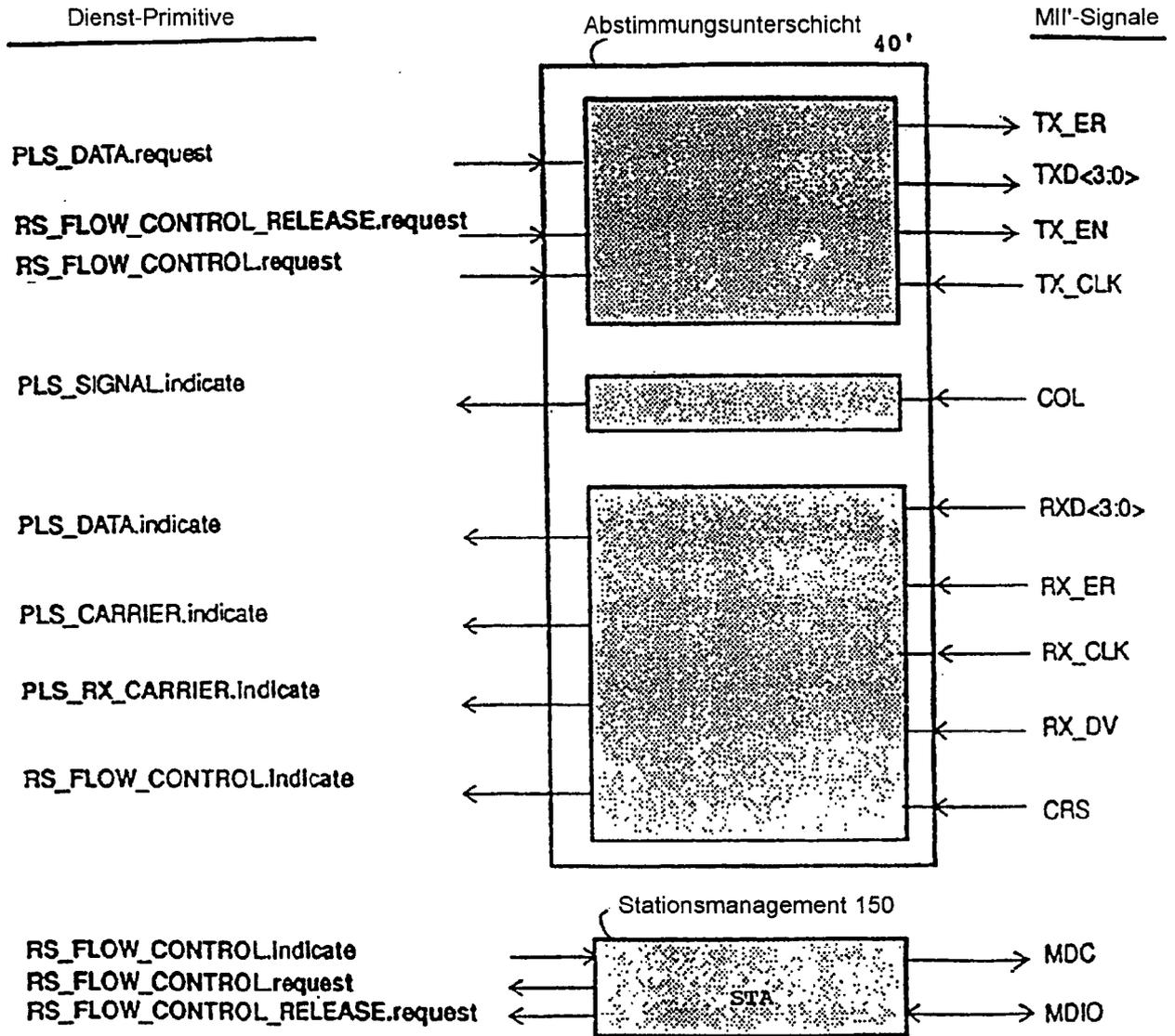


Fig. 5

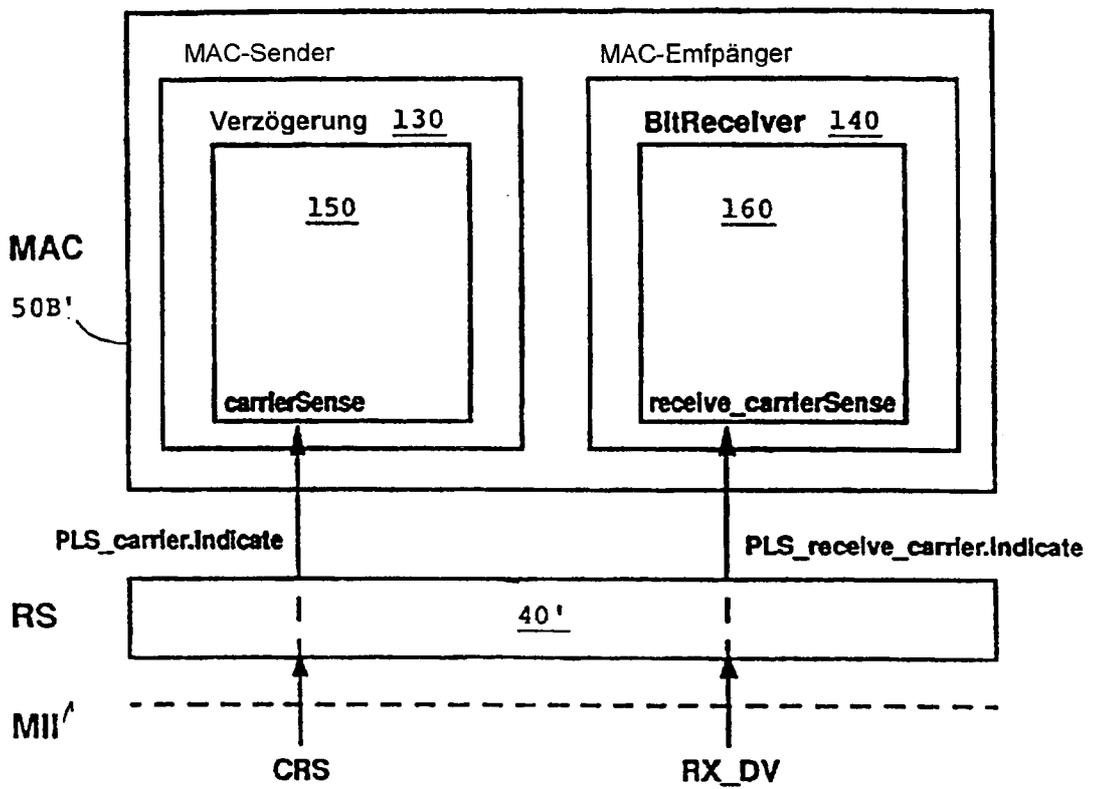


Fig. 6