



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 25 178 T2** 2006.02.23

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 933 897 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 25 178.8**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 300 563.6**

(96) Europäischer Anmeldetag: **26.01.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **04.08.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **11.05.2005**

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

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H04L 5/02** (2006.01)  
**H04L 5/14** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

**17592                      03.02.1998                      US**

(73) Patentinhaber:

**Lucent Technologies Inc., Murray Hill, N.J., US**

(74) Vertreter:

**derzeit kein Vertreter bestellt**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, FR, GB**

(72) Erfinder:

**Dagdeviren, Nuri Ruhi, Red Bank, New Jersey  
07701, US; Kustka, George John, Marlboro, New  
Jersey 07746, US; Laroia, Rajiv, Princeton  
Junction, New Jersey 08550, US; Wang, Jin-Der,  
Ocean, New Jersey 07712, US**

(54) Bezeichnung: **Verringerung von Interferenz in Mehrtonübertragungssystemen mit Duplexbetrieb**

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

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

**Beschreibung**

## Erfindungsgebiet

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein die Kommunikation und insbesondere hochratige Datenkommunikationssysteme.

## Stand der Technik

**[0002]** Der einfache herkömmliche Fernsprechkdienst (POTS – Plain Old Telephone Service) wird einzelnen Teilnehmern typischerweise über ein verdrehtes Leitungspaar zugeführt. Heute wünschen immer mehr Teilnehmer zusätzlich zu Sprachdiensten hochratigen Datenzugang beispielsweise zum Internet über dieses verdrehte Paar. Eine Technik, die die Übertragungskapazität über ein verdrehtes Paar steigert ist die ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Loop – Unsymmetrische Digitale Anschlußleitung). Bei einer Version von ADSL wird die Bandbreite des verdrehten Paares bis auf 1,1 MHz (Megahertz) erhöht, wodurch Übertragungsfähigkeiten bis zu 9 MBps (Millionen Bit pro Sekunde) bereitgestellt werden.

**[0003]** Bei ADSL werden unterschiedliche Beträge an Bandbreite zwischen Aufwärtskommunikationen und Abwärtskommunikationen zugeteilt (daher der Begriff "unsymmetrisch"), wobei Aufwärtskommunikation weniger Bandbreite als Abwärtskommunikation aufweist. In diesem Zusammenhang gibt es unterschiedliche Strategien für eine spezifische Bandbreitezuteilung und unterschiedliche Modulationsverfahren. In der Aufwärtsrichtung, d.h. von der Endeinrichtung eines Teilnehmers (CPE – Consumer Premises Equipment) zu einer Ortsvermittlungsstelle (CO – Central Office) (oder dem Ortsnetzbetreiber (LEC – Local Exchange Carrier)) kann der Aufwärtskanal eine zugeteilte Bandbreite von 25 kHz (Kilohertz) bis 138 kHz aufweisen während der Abwärtskanal in der Abwärtsrichtung, d.h. von der CO zur CPE eine zugeteilte Bandbreite von 138 kHz bis 1,1 MHz aufweisen kann. (Der POTS-Sprachkanal (0 bis 4 kHz) ist nicht von ADSL betroffen). In diesem Beispiel sind der Aufwärtskanal und der Abwärtskanal getrennt und auch benachbart. ADSL-Systeme können jedoch aufgebaut werden, wo der Aufwärtskanal den Abwärtskanal teilweise überschneidet. Während dies mehr Bandbreite für das Abwärtssignal bereitstellt, erfordert es auch die Verwendung von Echolöschverfahren. Betreffs der Modulationsverfahren kann CAP-Modulation (Carrierless Amplitude Phase – Trägerlose Amplitudenphasenmodulation) oder DMT-Modulation (Discrete Multi-Tone – Diskrete Mehrfrequenzmodulation) benutzt werden. (DMT ist eine Form von orthogonalem Frequenzmultiplex (OFDM – Orthogonal Frequency Division Multiplexing)).

**[0004]** Für ADSL-Übertragung ist ein Standard ANSI T1.413. In diesem Standard wird die Verwen-

dung von DMT-Modulation angegeben, die mehrere Träger (manchmal auch Unterträger genannt) zur Übermittlung von Informationen benutzt. Bei DMT-Modulation ist der zugeteilte Frequenzbereich in K Trägerkanäle eingeteilt,  $K > 1$ , wobei jeder Trägerkanal durch annähernd 4 kHz getrennt ist. Bei einem derartigen Ansatz überträgt ein auf DMT basierendes ADSL-System als "Mehrfrequenzsymbole" oder "DMT-Symbole" bezeichnete Symbole.

**[0005]** Ein Problem bei einem auf DMT basierenden ADSL-System ist die Komplexität und die sich ergebenden Systemkosten der Echolöschung, wenn es eine Überschneidung zwischen dem Aufwärtskanal und dem Abwärtskanal gibt. Diese Komplexität beruht darauf, daß jeder Träger durch eine Mehrzahl der anderen Träger gestört werden kann. Es ist infolgedessen billiger, ADSL-Systeme anzubieten, bei denen der Aufwärtskanal und der Abwärtskanal getrennt sind.

**[0006]** Ein weiteres Problem bei einem auf DMT basierenden ADSL-System besteht darin, daß es Zwischensymbolinterferenz (ISI – Intersymbol Interference), d.h. einander störende benachbarte DMT-Symbole, geben kann. Um die Auswirkung von ISI zu verringern wird das Konzept der "zyklischen Erweiterung" benutzt. Bei der zyklischen Erweiterung wird ein DMT-Symbol teilweise und zyklisch in beiden Richtungen erweitert. In [Fig. 1](#) ist eine konzeptmäßige Darstellung für einen einzelnen Träger an einem Empfänger dargestellt. Das DMT-Symbol ist z.B. durch die Phase des Trägers **10** dargestellt. Zyklische Erweiterung tritt vor und nach dem DMT-Symbol auf. Im wesentlichen wird dem Träger **10** erlaubt, sich in beiden Richtungen wie durch zyklische Erweiterung **1** ( $CE_1$ ) und zyklische Erweiterung **2** ( $CE_2$ ) dargestellt zu erweitern, die einander gleich sein können oder nicht.  $CE_1$  und  $CE_2$  sind eine Form von Overhead bei der DMT-Übertragung und auch in der Technik als Vorspann bzw. Nachspann bekannt. Es ist zu bemerken, daß in der Praxis ein ADSL-DMT-Sender dem DMT-Symbol wie in [Fig. 1](#) gezeigt einfach eine einzelne zyklische Erweiterung CE hinzufügt, während der Empfänger den Abtastvorgang so einstellt, daß sich zwei offensichtliche zyklische Erweiterungen, eine  $CE_1$  und  $CE_2$ , ergeben, wobei  $CE = CE_1$  und  $CE_2$ . So wie er hier benutzt wird schließt der Begriff erweitertes DMT-Symbol das DMT-Symbol zuzüglich mindestens einer zyklischen Erweiterung ein. Der Wert von CE wird als Funktion der Spanne einer geschätzten Kanalimpulsantwort eingestellt.

**[0007]** In EP-A-0 653 859 ist ein Kommunikationssystem offenbart, das eine hochratige digitale Verbindung mit DMT (Discrete Multiple Tone – Diskrete Mehrfrequenz) benutzt, wobei die Wege nach außen von einem zentralen Sender/Empfänger zu weiteren, von diesem Signale empfangenden Sendern/Empfängern eine Menge von Trägerfrequenzkanälen be-

nutzen und die Rücksignalwege eine unterschiedliche Menge von Trägerfrequenzkanälen benutzen. Bei einer Ausführungsform ist der zentrale Sender/Empfänger eine Vermittlungsstelle und die weiteren Sender/Empfänger sind mit der Vermittlungsstelle verbundene Teilnehmer.

**[0008]** In einer weiteren Schrift WO9730531 ist ein OFDM-System offenbart, wo durch die Verwendung einer festen zyklischen Erweiterung erzeugte Overhead durch Verwendung einer zyklischen Erweiterung mit veränderlicher Dauer auf Grundlage der Laufzeit vorgebeugt werden kann.

#### Kurze Darstellung der Erfindung

**[0009]** Verfahren und Vorrichtungen gemäß der Erfindung entsprechend den unabhängigen Ansprüchen. Bevorzugte Ausführungsformen entsprechen den abhängigen Ansprüchen.

**[0010]** Es ist beobachtet worden, daß bei einem auf DMT basierenden System mit den oben erwähnten zyklischen Erweiterungen und getrennten und benachbarten Aufwärts- und Abwärtskanälen immer noch Störungen zwischen unterschiedlichen Trägern des Aufwärtskanals und des Abwärtskanals auftreten können. Es ist jedoch erkannt worden, daß diese Störungen durch Synchronisation der DMT-Symbolübertragungen verringert werden können. Daher und erfindungsgemäß wird ein Mehrfrequenzsender mit einem Fern-Mehrfrequenzsender synchronisiert. Zusätzlich ist erkannt worden, daß durch diese Synchronisation die Auslegung eines Echolöschers vereinfacht wird, der in Mehrfrequenzsystemen benutzt werden kann, wo sich der Aufwärtskanal und Abwärtskanal überschneiden. (Selbst bei Verwendung getrennter und benachbarter Aufwärts- und Abwärtskanäle könnte Echolöschung auch aufgrund des Abfalls in der überschüssigen Bandbreitenerweiterung im Aufwärtskanal notwendig sein, wenn das Aufwärtssignal unter Verwendung einer schnellen Fourier-Rücktransformation einer Größe gleich der Anzahl von Trägern im Signal erzeugt wird.) Bei einer Ausführungsform der Erfindung weist ein ADSL-DMT-System getrennte und benachbarte Aufwärts- und Abwärtskanäle auf. Während der Trainingsphase einer ADSL-Verbindung bestimmt ein ADSL-DMT-Sender zuerst eine doppelte Signallaufzeit durch Übertragung eines Entfernungsmeßsignals zu einem ADSL-Fern-Endpunkt. Während der nachfolgenden Kommunikationsphase synchronisiert der ADSL-Sender die Übertragung von DMT-Symbolen mit einem Bezugstakt. Zusätzlich werden die zyklischen Erweiterungen jedes DMT-Symbols als Funktion der Laufzeit vergrößert.

**[0011]** Bei einer zweiten Ausführungsform der Erfindung weist ein ADSL-DMT-System einen Aufwärts- und Abwärtskanal auf, die sich teilweise überlappen.

Während der Trainingsphase einer ADSL-Verbindung bestimmt ein ADSL-DMT-Sender zuerst eine doppelte Signallaufzeit durch Übertragung eines Entfernungsmeßsignals zu einem ADSL-Fern-Endpunkt. Während der nachfolgenden Kommunikationsphase synchronisiert der ADSL-Sender die Übertragung von DMT-Symbolen mit einem Bezugstakt. Zusätzlich werden die zyklischen Erweiterungen jedes DMT-Symbols als Funktion der Laufzeit vergrößert. Ein ADSL-Empfänger enthält einen Echolöcher mit Einzelanzapfung für jeden Träger in dem Teil der Bandbreite, wo sich der Aufwärts- und Abwärtskanal überlappen.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnung

**[0012]** [Fig. 1](#) zeigt konzeptmäßig eine zyklische Erweiterung, so wie sie bei ADSL-DMT-Übertragung zum Kompensieren von ISI benutzt wird;

**[0013]** [Fig. 2](#) zeigt eine ADSL-Kommunikationseinrichtung des Standes der Technik;

**[0014]** [Fig. 3](#) zeigt eine beispielhafte ADSL-Bandbreitenzuteilung;

**[0015]** [Fig. 4](#) zeigt ein beispielhaftes CE-Gate-Delektorelement des CE-Gates **160** der [Fig. 2](#);

**[0016]** [Fig. 5](#) zeigt eine weitere Darstellung von ADSL-Kommunikationseinrichtungen des Standes der Technik;

**[0017]** [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) zeigen konzeptmäßig eine Störungsform bei ADSL-Kommunikationen;

**[0018]** [Fig. 8–Fig. 10](#) zeigen das erfinderische Konzept;

**[0019]** [Fig. 11](#) zeigt ein ADSL-Kommunikationssystem gemäß den Grundsätzen der Erfindung;

**[0020]** [Fig. 12](#) zeigt ADSL-Einrichtung gemäß den Grundsätzen der Erfindung zur Verwendung im System der [Fig. 11](#);

**[0021]** [Fig. 13](#) zeigt ein beispielhaftes Flußdiagramm mit den Grundsätzen der Erfindung zur Verwendung in der ADSL-Einrichtung der [Fig. 12](#); und

**[0022]** [Fig. 14](#) zeigt eine ADSL-Einrichtung gemäß den Grundsätzen der Erfindung zur Verwendung im System der [Fig. 11](#).

#### Ausführliche Beschreibung

**[0023]** Vor Beschreibung des erfinderischen Konzepts wird die in [Fig. 2](#) gezeigte ADSL-Kommunikationseinrichtung **100** des Standes der Technik beschrieben, um einige Hintergrundinformationen zu

bieten. Die in [Fig. 2](#) gezeigten Elemente sind wohlbekannt und werden nicht ausführlich beschrieben. Für Beschreibungszwecke wird angenommen, daß sich die ADSL-Einrichtung **100** an der CO befindet. Die entsprechende ADSL-Einrichtung die sich auf dem Kundengrundstück befindet, d.h. die ADSL-Fern-Einrichtung bzw. CPE ist ähnlich und wird hier nicht beschrieben. Es wird angenommen, daß die ADSL-Einrichtung **100** ANSI T1.413 entspricht. Auch wird angenommen, daß das in [Fig. 2](#) dargestellte ADSL-System Bandbreite nach der Darstellung in [Fig. 3](#) zuteilt. Der POTS-Kanal liegt im Bereich 0 bis 4 kHz, der Aufwärtskanal, d.h. von der CPE zur CO, liegt im Bereich 25 kHz bis 138 kHz während der Abwärtskanal von der CO zur CPE im Bereich 138 kHz bis 1,1 MHz liegt. Dabei sind der Aufwärtskanal und der Abwärtskanal getrennt und auch benachbart.

**[0024]** Rückkehrend zur [Fig. 2](#) umfaßt der Sender-Teil der ADSL-Einrichtung **100** den Serien-Parallel-Umsetzer (S/P) **105**, Symbolumcodierer **110**, das IFFT-Element **115** (Schnelle Fourier-Rücktransformation), zyklische Erweiterung (CE – Cyclic Extender) **120**, Parallel-Serien-Umsetzer (P/S) **125**, Digital-Analog-Wandler (D/A) **130** und die Gabel **135**. Ein Datensignal wird an den S/P **105** angelegt, der das Datensignal aus der seriellen in die parallele Form umsetzt und 256 Signale  $n_0$  bis  $n_{255}$  bereitstellt. Die Signale  $n_0$  bis  $n_{255}$  werden an die Symbolumcodierer **110** angelegt. Die letzteren umfassen 256 Symbolumcodierer, einen für jedes der parallelen Ausgangssignale von S/P **105**. (Wie weiter unten beschrieben wird die Anzahl von durch jeden Symbolumcodierer codierten Bit, und daher die Anzahl von vom S/P **125** in jedem  $n_i$  bereitgestellten Bit als Ergebnis einer während einer Trainingsphase bestimmten Spektralantwort bestimmt.) Die sich ergebenden 256 Ausgangssymbolströme von den Symbolumcodierern **110** sind komplexwertig und werden an die IFFT **115** angelegt, die die verschiedenen unterschiedlichen Träger mit dem Ausgangssymbolstrom moduliert, um 512 Ausgangssignale bereitzustellen. (Die IFFT **115** nimmt die (nicht gezeigte) komplexe Konjugierte der 256 Ausgangssymbolströme zur Bereitstellung von 512 reellen Signalen). Die 512 Ausgangssignale von der IFFT **115** werden an den CE **120** angelegt, der die oben erwähnte zyklische Erweiterung durchführt. Diese erweiterten Signale werden dann an P/S **125** angelegt, um ein serielles Ausgangssignal, das DMT-Symbol zuzüglich zyklischer Erweiterung, bereitzustellen, das durch A/D **130** von Digital in Analog umgewandelt wird. Der letztere stellt ein, eine Folge erweiterter DMT-Symbole darstellendes stromabwärtiges ADSL-Signal für die Gabel **135** bereit, die dieses stromabwärtige ADSL-Signal an die Weichung **150** ankoppelt, die den POTS-Kanal zufügt. Das Ausgangssignal von der Weiche **150** umfaßt den POTS-Kanal im Bereich 0 bis 4 kHz und das stromabwärtige Signal im Bereich 138 kHz bis 1,1 Mhz und wird an den durch das verdrehte Paar **151**

dargestellten Kommunikationskanal angelegt.

**[0025]** Der Empfängerteil der ADSL-Einrichtung **100** umfaßt die Gabel **135**, den Analog-Digital-Wandler (A/D) **155**, das CE-Gate **160**, den S/P **165**, das Element zur schnellen Fouriertransformation **170**, den Entzerrer/Symboldoppelbegrenzer **175** und P/S **180**. Die Weiche **150** teilt den POTS-Kanal aus dem auf dem verdrehten Paar **151** vorliegenden Signal heraus und stellt das verbleibende Aufwärts-ADSL-Signal (im Bereich 138 kHz bis 1,1 MHz) für die Gabel **135** bereit. Die letztere koppelt das Aufwärts-ADSL-Signal an das CE-Gatter **160** an, das DMT-Symbole wie in der Technik bekannt ist aus jedem empfangenen erweiterten DMT-Symbol ableitet. (Es ist zu bemerken, daß die Funktion des CE-Gate **160** als Alternative nach dem S/P **165** durchgeführt werden könnte).

**[0026]** Eine Funktion des CE-Gate **160** ist die Bestimmung, wann das Ableitungsverfahren zu beginnen ist. In der [Fig. 4](#) wird eine beispielhafte Struktur zur Verwendung im CE-Gate **160** gezeigt. Ein erweiterte DMT-Symbole darstellendes Signal **79** wird an das Verzögerungselement **80** und den Kombinator **85** angelegt. Das Verzögerungselement **80** in Verbindung mit dem Kombinator **85** erlaubt den Vergleich eines aktuellen Abtastwerts mit dem Wert des Abtastwerts, der 512 Punkte früher auftrat. Der Kombinator **85** liefert ein Signal, das anzeigt, wann im erweiterten DMT-Symbol das Ableitungsverfahren beginnen kann, d.h. welche möglichen 512 Abtastwerte das DMT-Symbol darstellen.

**[0027]** Zurückkehrend zur [Fig. 2](#) wird das Ausgangssignal vom CE-Gate **160** an den S/P **165** angelegt, der 512 Ausgangssignale für die FFT **170** bereitstellt, die die Symbole aus jedem der Träger wiedergewinnt. Entzerrer/Symboldoppelbegrenzer **175** stellen eine Mehrzahl von Entzerrer- und Symboldoppelbegrenzerstrukturen dar, eine für jeden Träger zur Wiedergewinnung des Datensignals in paralleler Form. Die Ausgangssignale der Entzerrer/Symboldoppelbegrenzer **175** werden zum Rückwandeln des Datensignals in serielle Form an den P/S **180** angelegt.

**[0028]** In der [Fig. 5](#) ist eine alternative Darstellung einer ADSL-Einrichtung des Standes der Technik dargestellt. Auch ist zu bemerken, daß gleiche Ziffern in unterschiedlichen Figuren gleichartige Elemente darstellen. Nach der Darstellung in [Fig. 5](#) umfaßt die ADSL-Einrichtung **100** einen DMT-Modulator **185**, DMT-Demodulator **195**, Gabel **135** und Steuerung **190**. Der DMT-Modulator **185** wirkt wie oben hinsichtlich der Übertragung eines ADSL-Signals beschrieben und enthält die oben erwähnten Komponenten der [Fig. 2](#) wie beispielsweise S/P **105** usw. Auf ähnliche Weise wirkt der DMT-Demodulator **195** wie oben hinsichtlich des Empfangs eines ADSL-Signals be-



schrieben und enthält die oben erwähnten Komponenten der [Fig. 2](#) wie beispielsweise A/D **155** usw.

**[0029]** Ebenfalls in der [Fig. 5](#) dargestellt ist die Steuerung **190**, die beispielsweise eine speicherprogrammierbare Steuerung und zugehöriger Speicher nach dem Stand der Technik ist. Die Steuerung **190** steuert und empfängt Informationen vom DMT-Modulator **185** und DMT-Demodulator **195** über Zeichengabe **196** bzw. **197**. Allgemein gesagt umfaßt eine ADSL-Kommunikationssitzung eine Trainingsphase und eine Kommunikationsphase. Während dem Training tauscht die ADSL-Einrichtung **100** Zeichengabe mit der (nicht gezeigten) ADSL-Fern-Einrichtung aus. Von der Steuerung **190** wird diese Zeichengabe zur Feststellung der oben erwähnten Spektralantwort des Kommunikationskanals **151** benutzt (wie auch durch eine ähnliche Steuerung in der ADSL-Ferneinrichtung). Die Spektralantwort wird durch solche Sachen wie Nebensprechen, physikalische Leitungslänge des verdrehten Paares des Kommunikationskanals **151** usw. beeinflusst. Zur Bestimmung der Spektralantwort des verdrehten Paares führt die Steuerung **190** allgemein folgende Schritte durch. Zuerst überträgt der DMT-Modulator **185** ein Breitband-Testsignal zur ADSL-Fern-Einrichtung. Bei Empfang wird das empfangene Signal von der ADSL-Fern-Einrichtung ausgewertet, um die Spektralantwort des verdrehten Paares zu bestimmen. Sobald die Spektralantwort bestimmt ist, erzeugt die ADSL-Fern-Einrichtung eine Bitzuweisungstabelle und sendet die Bitzuweisungstabelle zur ADSL-Einrichtung **100**. Die Bitzuweisungstabelle enthält für jeden Träger eine Anzahl von Bit, die jeder Träger unterstützen kann. Die Bitzuweisungstabelle wird von der Steuerung **190** zur Auswahl verschiedener Betriebsparameter wie beispielsweise Symbol-Umcodierungen an jedem Träger benutzt. (Obwohl jeder Träger bis zu M Informationsbit unterstützen kann, ist die wirkliche Anzahl von von einem Träger unterstützten Bit aufgrund der Spektralantwort des verdrehten Paares bei den unterschiedlichen Trägerfrequenzen unterschiedlich. Beispielsweise kann ein Träger in der Lage sein, 12 Bit aufzunehmen, während ein anderer nur 2 Bit aufnehmen kann.) Sobald die Trainingsphase abgeschlossen ist, kann die Übertragung beginnen, d.h. die ADSL-Kommunikationssitzung tritt in die Kommunikationsphase ein.

**[0030]** Wie oben gezeigt ist die ADSL-Einrichtung **100** über die Gabel **135** an das verdrehte Paar **151** angekoppelt (momentan die Weiche **150** außer Acht lassend). Während der Übertragung und des Empfangs von DMT-Symbolen (mit zugehörigen zyklischen Erweiterungen) ist beobachtet worden, daß bei einem auf DMT basierenden System mit den oben erwähnten zyklischen Erweiterungen und mit getrennten und benachbarten Aufwärts- und Abwärtskanälen immer noch Störungen zwischen unterschiedlichen Trägern des Aufwärtskanals und des

Abwärtskanals auftreten können. Diese Störungen treten in einem Bereich auf, in dem die Aufwärts- und Abwärtskanäle benachbart sind. Wie in [Fig. 3](#) gezeigt sind der Aufwärtskanal und der Abwärtskanal beispielsweise bei 138 kHz benachbart. Für einen Bereich von Frequenzen um 138 kHz kann ein Aufwärtsträger durch einen Abwärtsträger gestört werden und umgekehrt. (Der Bereich und die Größe dieser Art Störung ist kanalspezifisch, d.h. abhängig von der oben erwähnten Spektralantwort).

**[0031]** Dies ist konzeptmäßig in [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) für zwei verschiedene Fälle dargestellt. In der [Fig. 6](#) werden in der Abwärtsrichtung unterschiedliche DMT-Symbole  $A_d$  und  $B_d$  nacheinander beispielsweise durch den DMT-Modulator **185** der [Fig. 5](#) übertragen. In der Aufwärtsrichtung und in der Zeitperiode, in der der DMT-Modulator **185** DMT-Symbole  $A_d$  und  $B_d$  überträgt wird das DMT-Symbol  $C_u$  von der Gabel **135** empfangen. (Der Einfachheit halber wird angenommen, daß das DMT-Symbol  $B_d$  einfach eine Phasenumkehr vom DMT-Symbol  $A_d$  ist.) Die Gabel **135** stellt das empfangene Aufwärts-DMT-Symbol  $C_u$  und einen Teil der Abwärtsübertragung aufgrund von Einstreuung für den DMT-Demodulator **195** bereit. Dieses Einstreuungssignal enthält nicht nur die durch die DMT-Symbole  $A_d$  und  $B_d$  dargestellten Träger, sondern auch zusätzliches Rauschen. Da insbesondere die Abwärtsübertragung zwei unterschiedliche Trägersymbole enthält, besteht zwischen den Symbolen wie in [Fig. 6](#) dargestellt eine Sprungstelle. Diese Sprungstelle bewirkt die Erzeugung zusätzlicher Frequenzkomponenten (was mathematisch gezeigt werden kann) – Frequenzkomponenten, die nunmehr in der Aufwärtsrichtung erscheinen können trotz der Verwendung getrennter Frequenzbänder. (Ein ähnlicher Effekt ist für den ADSL-Fern-Endpunkt hinsichtlich von in das Abwärtssignal eingestreuten Aufwärtsübertragungen möglich). Insbesondere überspannt zur Wiedergewinnung des DMT-Symbols  $C_u$  die vom DMT-Demodulator **195** durchgeführte Verarbeitung eine Zeitdauer, die durch die gestrichelte Klammer **2** dargestellt ist, die sowohl das DMT-Symbol  $A_d$ , das DMT-Symbol  $B_d$  und die oben erwähnte Sprungstelle einschließt. (Hinsichtlich des in [Fig. 6](#) dargestellten Abwärtssignals sollte man sich darin erinnern, daß obwohl sie für die Zwecke dieser Erläuterung als getrennte zyklische Erweiterungen  $CE_1$  und  $CE_2$  dargestellt sind, in der Praxis eine einzige zyklische Erweiterung CE durch den Sender hinzugefügt wird, wobei  $CE = CE_1 + CE_2$ . Eine ähnliche Bemerkung gilt für das Abwärtssignal in [Fig. 7–Fig. 10](#).)

**[0032]** Im Vergleich zeigt die [Fig. 7](#) den Fall, wo keine Sprungstelle zwischen aufeinanderfolgenden DMT-Symbolen besteht. In der [Fig. 7](#) wird in der Abwärtsrichtung das gleiche DMT-Symbol  $A_d$  nacheinander durch beispielsweise den DMT-Modulator **185** der [Fig. 5](#) übertragen. In der Aufwärtsrichtung und in der Zeitperiode, in der der DMT-Modulator **185**

DMT-Symbole  $A_d$  überträgt, wird das DMT-Symbol  $C_u$  an der Gabel **135** empfangen. Die letztere stellt das empfangene Aufwärts-DMT-Symbol  $C_u$  und einen Teil der Abwärtsübertragung aufgrund von Einstreuung für den DMT-Demodulator **195** bereit. Wie unter Bezugnahme auf die gestrichelte Klammer **2** der [Fig. 7](#) ersichtlich, enthält diese Einstreuung nunmehr nur die durch das DMT-Symbol  $A_d$  dargestellten Träger und es gibt daher keine Sprungstelle zwischen den aufeinanderfolgenden Abwärts-DMT-Symbolen. Da diese Abwärtsträger frequenzmäßig von den Aufwärtsträgern getrennt sind, gibt es keine Einwirkung auf die empfangene Aufwärtsübertragung.

**[0033]** Ein Verfahren zum Entfernen der oben erwähnten Störungen besteht in der Verwendung eines Filters im Empfänger, z.B. eines Tiefpaßfilters (LPF – Low Pass Filter) für ADSL-Einrichtung, die das Aufwärtssignal empfängt. Leider kann durch diese Filterung die Auswirkung von Gruppenlaufzeitverzerrung auf das empfangene ADSL-Signal und damit den Wert der zyklischen Erweiterung bedeutend gesteigert werden.

**[0034]** Es ist jedoch erkannt worden, daß diese Störung auch durch Synchronisation von DMT-Symbolübertragungen verringert wird. Daher und erfindungsgemäß wird ein ADSL-Sender mit einem ADSL-Fern-Sender synchronisiert. Zusätzlich ist erkannt worden, daß durch eine solche Synchronisation die Auslegung eines Echolöschers vereinfacht wird, der in ADSL-Systemen benutzt werden kann, wo sich der Aufwärtskanal und der Abwärtskanal überlappen.

**[0035]** Das erfindungsgemäße Konzept ist in [Fig. 8–Fig. 10](#) dargestellt. Die letzteren werden im Zusammenhang mit in der CO befindlichen ADSL-Einrichtungen erläutert. Eine ähnliche Beschreibung gilt für die ADSL-CPE und wird hier nicht beschrieben. Die Auswirkung von Synchronisation von ADSL-Sendern unter der Annahme von einer Laufzeit von Null oder vernachlässigbar ist in [Fig. 8](#) dargestellt. In der Abwärtsrichtung werden unterschiedliche DMT-Symbole  $A_d$  und  $B_d$  nacheinander durch die ADSL-CO-Einrichtung übertragen. Zur gleichen Zeit und in der Aufwärtsrichtung empfängt die ADSL-CO-Einrichtung DMT-Symbole  $C_u$  und  $D_u$ . Obwohl es Einstreuung durch die Gabel der ADSL-CO-Einrichtung des Abwärtsübertragungssignals gibt, überspannt die Verarbeitung für jedes empfangene DMT-Symbol nur ein einziges Abwärts-DMT-Symbol wie durch die gestrichelten Klammern **2** ersichtlich.

**[0036]** Im Vergleich zeigt die [Fig. 9](#) die Auswirkung einer deutlichen Aufwärts-Laufzeit  $t_{pu}$ . Aus [Fig. 9](#) ist ersichtlich, daß die Aufwärtslaufzeit für einige Werte immer noch die Beeinflussung eines empfangenen ADSL-DMT-Symbols durch mehr als ein übertrage-

nes DMT-Symbol über Einstreuung bewirken kann. (Dies ist durch die gestrichelten Klammern **2** der [Fig. 9](#) dargestellt). Daher und gemäß den Grundsätzen der Erfindung wird die zyklische Erweiterung für einige ADSL-Systeme wertmäßig als Funktion der Laufzeit des ADSL-Systems gesteigert, um Synchronisation aufrechtzuerhalten. Diese zusätzliche zyklische Erweiterungsverzögerung kann auf verschiedene Weisen hinzugefügt werden.

**[0037]** Ein Verfahren besteht darin, einfach unabhängig von der Laufzeit einen festen Betrag an zyklischer Erweiterung hinzuzufügen.

**[0038]** Ein weiteres Verfahren ist in [Fig. 10](#) dargestellt, wo jede zyklische Erweiterung nunmehr gleich

$$CE_{t1} = CE_1 + \alpha t_{pu}, \text{ und} \quad (1)$$

$$CE_{t2} = CE_2 + (1 - \alpha) t_{pu}, \quad (2)$$

ist, wobei  $CE_{t1}$  und  $CE_{t2}$  die neuen Werte für jede zyklische Erweiterung unter Berücksichtigung einer durch den Index  $t$  bezeichneten Zeitverzögerung sind.  $CE_1$  und  $CE_2$  sind die Werte der jeweiligen ursprünglichen zyklischen Erweiterung, die zum Kompensieren der oben erwähnten ISI-Störung benutzt werden und  $t_{pu}$  ist ein Meßwert der durch den Index  $pu$  bezeichneten Aufwärts-Laufzeit. [Fig. 10](#) zeigt beispielhafterweise einen Wert von  $\alpha = 0,5$ . Infolgedessen beträgt aus der [Fig. 10](#) der Gesamtwert der zyklischen Erweiterung Gesamtwert der zyklischen Erweiterung =

$$CE_1 = CE_2 + t_{pu}. \quad (3)$$

**[0039]** Im allgemeinen wird bei diesem Ansatz die doppelte Signallaufzeit zur Bestimmung des neuen Wertes für die gesamte zyklische Erweiterung  $CE_T$  hinsichtlich einer Laufzeit gemäß den Grundsätzen der Erfindung benutzt, wobei

$$CE_T = t_{pu} + t_{pd})/2, \text{ und} \quad (4)$$

**[0040]** Gesamtwert der zyklischen Erweiterung =

$$CE_i + CE_T. \quad (5)$$

wobei  $CE_i$  der Gesamtwert der zum Kompensieren der oben erwähnten ISI-Störung benutzten zyklischen Erweiterung (z.B. der vorherigen  $CE_1 + CE_2$ ) bezeichnet durch den Index  $i$ ,  $t_{pd}$  ein Meßwert der durch den Index  $pd$  bezeichneten Abwärts-Laufzeit und die doppelte Signallaufzeit gleich  $(t_{pu} + t_{pd})$  ist.

**[0041]** Unter Bedingungen, wenn die Aufwärtslaufzeit der Abwärtslaufzeit gleich ist kann die zyklische Erweiterung einfach gemäß der Gleichung (5) erhöht werden. Bei manchen Situationen sind diese Laufzeiten möglicherweise nicht gleich und Erhöhen des

Werts der zyklischen Erweiterungen ist möglicherweise nicht genug, um Synchronisation aufrechtzuerhalten. In diesen Situationen sollte der ADSL-Endpunkt, der (wie unten beschrieben) mit dem entgegengesetzten Endpunkt synchronisiert ist, ebenfalls die Übertragung jedes DMT-Symbols um eine Zeitverzögerung  $\delta t$  verzögern, wobei:

$$\delta t = [(t_{pd} + t_{pu})/2] - t_{pu} \quad (6)$$

**[0042]** Zusätzlich zu den oben beschriebenen Verfahren zum Steigern des Wertes der zyklischen Erweiterung zur Aufrechterhaltung von DMT-Symbolsynchronisation stehen auch andere gleichwertige Verfahren zur Verfügung. Beispielsweise das einfache Ein- und Ausschalten eines Senders zu geeigneten Zeitpunkten. Wobei die Ein-Ausschalt-Zeitabstände eine Funktion der Laufzeit sind.

**[0043]** In der [Fig. 11](#) ist ein beispielhaftes ADSL-System mit den Grundsätzen der Erfindung dargestellt. Das ADSL-System umfaßt eine ADSL-CO-Einrichtung **200**, die über ein verdrehtes Paar an die ADSL-Kundenendeinrichtung (CP) **250** angekoppelt ist. Jeder von diesen wird auch als ein Mehrträger-Endpunkt bezeichnet. (Die Weiche für den POTS-Kanal ist der Einfachheit halber ausgelassen worden). Es wird angenommen, daß das ADSL-DMT-System getrennte und benachbarte Aufwärts- und Abwärtskanäle aufweist. Gemäß dem erfinderischen Konzept wird während der Trainingsphase einer ADSL-Verbindung durch einen entweder in der ADSL-CO-Einrichtung **200** oder der ADSL-CP-Einrichtung **250** befindlichen ADSL-DMT-Sender zuerst durch Übertragung eines Entfernungsmeßsignals zu einem ADSL-Fern-Endpunkt eine doppelte Signallaufzeit bestimmt. Während der nachfolgenden Kommunikationsphase synchronisiert jeder ADSL-Sender die Übertragung von DMT-Symbolen mit einem Bezugs-Symboltakt. Zusätzlich können die zyklischen Erweiterungen jedes DMT-Symbols als Funktion der Laufzeit vergrößert werden.

**[0044]** In der [Fig. 12](#) ist eine beispielhafte ADSL-Einrichtung **300** mit den Grundsätzen der Erfindung zur Verwendung im ADSL-System der [Fig. 11](#) dargestellt. Anders als bei dem erfinderischen Konzept sind die in der [Fig. 12](#) gezeigten Elemente wohlbekannt und werden nicht ausführlich beschrieben. (Es ist auch zu beachten, daß gleiche Ziffern in unterschiedlichen Figuren gleichartige Elemente darstellen.) Die DSL-Einrichtung **300** umfaßt den DMT-Modulator **385**, DMT-Demodulator **395**, die Gabel **135** und die Steuerung **390**, die beispielhafterweise eine speicherprogrammierbare Steuerung mit zugehörigem Speicher nach dem Stand der Technik ist. Der DMT-Modulator **385** bildet ein ADSL-Signal zur Übertragung auf dem verdrehten Paar **151** über die Gabel **135** und die Weiche **150**. Vom DMT-Demo-

dulator **395** werden Daten aus den durch die Weiche **150** und die Gabel **135** bereitgestellten empfangenen ADSL-Signalen wiedergewonnen. Die Steuerung **390** steuert und empfängt Informationen vom DMT-Modulator **385** und DMT-Demodulator **395** über Zeichengabe **196** bzw. **197**.

**[0045]** Gemäß dem erfinderischen Konzept stellt die Steuerung **390** ein Synchronisations- bzw. Sync-Signal **393** für den DMT-Modulator **385** bereit. Während die [Fig. 12](#) eine allgemeine Architektur von ADSL-Einrichtung gemäß den Grundsätzen der Erfindung darstellt, kann sich die eigentliche Funktionsweise in Abhängigkeit davon, ob sich die ADSL-Einrichtung in der CO oder der CP befindet, unterscheiden. Es wird hier angenommen, daß die in der CO befindliche ADSL-Einrichtung (z.B. ADSL-CO-Einrichtung **200** der [Fig. 11](#)) z.B. ein "Master" ist und die in der CP befindliche ADSL-Einrichtung von der CO-Einrichtung geführt wird. In diesem Fall ist das Sync-Signal **393** nicht notwendig, wenn sich die ADSL-Einrichtung **300** in der CO befindet und DMT-Symbole werden wie zuvor übertragen (obwohl vielleicht mit unterschiedlichen zyklischen Erweiterungen, um DMT-Symbolsynchronisation gemäß dem unten beschriebenen erfinderischen Konzept zu erreichen).

**[0046]** Sollte sich die ADSL-Einrichtung **300** an der CP befinden (z.B. ADSL-CP-Einrichtung **250** der [Fig. 11](#)), erzeugt die Steuerung **390** das Sync-Signal **393** unter Verwendung des durch den DMT-Demodulator **395** bereitgestellten Taktwiedergewinnungsinformations-(CL-)Signals **394**. Das CL-Signal **394** steht im Demodulator **395** schon vom CE-Gate-Element her zur Verfügung. Das CE-Gate-Element bietet im Effekt einen wiedergewonnenen Symboltakt, da das CE-Gate-Element erkennt, wann das DMT-Symbol abzuleiten ist und entfernt dadurch die zyklischen Erweiterungen (z.B. wie oben unter Bezugnahme auf [Fig. 4](#) beschrieben). Als Ergebnis wird die DMT-Symbolerzeugung als Funktion des wiedergewonnenen Symboltakts erzeugt und durch die ADSL-Einrichtung in der CO geführt. (Es ist zu bemerken, daß der Systembetrieb auch entgegengesetzt laufen kann, d.h. mit der ADSL-Einrichtung in der CO durch die ADSL-CPE geführt. Zusätzlich können andere Synchronisationsverfahren benutzt werden.) Zusätzlich kann wie oben bemerkt die Laufzeit in einigen ADSL-Systemen den Verlust von DMT-Symbolsynchronisation verursachen. In diesen Systemen ist eine Anzahl von Alternativen möglich.

**[0047]** Eine Alternative besteht darin, den Wert der zyklischen Erweiterung wie oben bemerkt zu erhöhen. Bei einem Verfahren dafür stellt die Steuerung **390** einen Wert für die oben beschriebene  $CE_T$  für sowohl den DMT-Modulator **385** als auch den DMT-Demodulator **395** über Zeichengabe **392** bzw. **391** bereit. Vom DMT-Modulator **385** wird sein jeweiliges

(nicht gezeigtes) zyklisches Erweiterungselement abgeändert, um zyklische Erweiterungen mit einer zusätzlichen Dauer von  $CE_T$  zu erzeugen. Obwohl der Vollständigkeit halber dem DMT-Demodulator **395** zugeführt muß das CE-Gate-Element nicht wissen, wie die zyklische Erweiterung aufgeteilt ist. Wie oben bemerkt, leitet das CE-Gate-Element das DMT-Symbol unter Verwendung der besten 512 Abtastwerte in einem empfangenen erweiterten DMT-Symbol ab. Sobald das DMT-Symbol abgeleitet ist sind die übrigbleibenden Teile des erweiterten DMT-Symbols nach Definition die zyklische Erweiterung (Vorspann und Nachspann).

**[0048]** Bei einer Variation dieses Ansatzes stellt die Steuerung **390** einen festen Wert für  $CE_T$  für den DMT-Modulator **385** und DMT-Demodulator **395** über Zeichen **391** und **392** bereit.

**[0049]** Bei einer weiteren Variation dieses Ansatzes wird der Wert für  $CE_T$  während der oben erwähnten Trainingsphase einer ADSL-Verbindung bestimmt. Während der Wert für  $CE_T$  in beiden an der CO oder der CP befindlichen ADSL-Einrichtungen der gleiche ist erzeugt die Steuerung **390** diesen Wert unterschiedlich in Abhängigkeit davon, ob sich die Steuerung **390** in der CO oder CP befindet. Sollte sich die ADSL-Einrichtung **300** in der CO befinden überträgt die Steuerung **390** während des Trainings ein Entfernungsmesssignal (einfach ein ADSL-Fern-Einrichtung bekanntes vordefiniertes Signal). Bei Empfang überträgt die ADSL-Fern-Einrichtung das Entfernungsmesssignal wieder zur ADSL-Einrichtung **300** zurück. (Entfernungsmessverfahren sind in der Technik bekannt und es können auch andere benutzt werden). Bei Empfang des Entfernungsmesssignals berechnet die Steuerung **390** die doppelte Signallaufzeit und bestimmt einen Wert für  $CE_T$ . (Bei dieser berechneten Laufzeit wird eine vernachlässigbare Verarbeitungsverzögerung in der ADSL-Fern-Einrichtung angenommen. Wenn diese Verarbeitungsverzögerung bedeutsam ist, muß der Meßwert in der Steuerung **390** für diese Verarbeitungsverzögerung eingestellt werden). Nach Berechnung wird dieser Wert von  $CE_T$  auch zu der ADSL-Fern-Einrichtung für ihre Verwendung übertragen. (Dies ist ähnlich der oben erwähnten Übertragung der Bitzuordnungstabelle). Auch können andere Verfahren benutzt werden, zum Beispiel kann die an der CP befindliche ADSL das Entfernungsmesssignal erzeugen usw. (Es ist zu beachten daß diese Ausführungsformen, bei denen sich die ADSL-Einrichtung **300** in der CP befindet, bereits beschrieben worden sind, d.h. in diesem Fall ist die ADSL-Einrichtung **300** wie oben beschrieben die Fern-ADSL).

**[0050]** Wie oben bemerkt sind in einigen Situationen diese Laufzeiten möglicherweise nicht gleich und Steigern des Werts der zyklischen Erweiterung ist möglicherweise nicht genug, um Synchronisation

aufrechtzuerhalten. In diesen Situationen wird durch die Steuerung **390** das Sync-Signal **393** zusätzlich um  $\delta t$  aus der Gleichung (6) verzögert.

**[0051]** Eine weitere gleichwertige Alternative besteht darin, daß die Steuerung **390** den DMT-Modulator **385** z.B. durch Ein- und Ausschalten desselben steuert. In diesem Fall benutzt die Steuerung **390** das Sync-Signal **393** zum Ein- und Ausschalten des DMT-Modulators **385**. Hier ist das Sync-Signal **393** eine Funktion von CL **394** und, bei Benutzung, der vergrößerte Wert der zyklischen Erweiterung (ob fest oder als Funktion einer Laufzeit). Letzteres erzeugt die gleiche Wirkung wie Erhöhen des Werts der zyklischen Erweiterung. In diesem Fall ist das Signal **392** nicht notwendig.

**[0052]** Es ist zu bemerken, daß diese zusätzliche Zeichengabe CL-Signal **394**, Sync **393** usw. dargestellt wird, um das erfinderische Konzept hervorzuheben. Die Zeichengabe **196** und **197** kann auch gemäß des erfinderischen Konzepts auf geeignete Weise abgeändert werden.

**[0053]** Wie oben bemerkt ist in manchen Fällen die Synchronisation der DMT-Symbole durch Verwendung des wiedergewonnenen Symboltakts aus dem CE-Gate-Element genug, um DMT-Symbolsynchronisation im ADSL-System bereitzustellen. Im schlimmsten Fall muß ein zyklischer Erweiterungswert erhöht (oder gleichwertig erhöht) werden. Ein solches Verfahren ist in [Fig. 13](#) dargestellt. Die letztere zeigt ein beispielhaftes Verfahren gemäß den Grundsätzen der Erfindung zur Verwendung in ADSL-Einrichtungen, z.B. in der Steuerung **390** der [Fig. 12](#). Im Schritt **600** bestimmt die Steuerung **390** wie oben beschrieben die doppelte Signallaufzeit. (Wie oben beschrieben können die wirklichen Schritte je nachdem, an welchem Ende der ADSL-Verbindung das Entfernungsmesssignal übertragen wird, unterschiedlich sein). Im Schritt **605** wird durch die Steuerung **390** der Wert der zyklischen Erweiterung als Funktion der doppelten Signallaufzeit eingestellt und dieser Wert  $CE_T$  für sowohl den Modulator **385** als auch den Demodulator **395** bereitgestellt. Im Schritt **610** liefert die Steuerung **390** ein Synchronisations- bzw. Sync-Signal an den DMT-Modulator **385**. (Es ist zu bemerken, daß die ADSL-Einrichtung dynamisch bestimmen kann, wann das in [Fig. 13](#) dargestellte Verfahren zu benutzen ist, beispielsweise als eine Funktion der oben gemessenen Spektralantwort. Wenn die Ergebnisse dieser Messung innerhalb eines bestimmten Bereichs oder über oder unter einem bestimmten Wert liegen, dann wird das oben beschriebene Verfahren durchgeführt.) Wie oben bemerkt ist in dem Fall, wenn sich der Abwärtskanal teilweise mit dem Aufwärtskanal überschneidet, Echolöschung erforderlich. Typischerweise ist diese Echolöschung komplex und infolgedessen kostspielig. Jedoch und gemäß den Grundsätzen der Erfindung



kann ein ADSL-Endpunkt, der mit einem entgegengesetzten ADSL-Endpunkt synchronisiert ist, einen einfacheren und billigeren Echolöcher benutzen. In der [Fig. 14](#) ist eine beispielhafte ADSL-Einrichtung **400** dargestellt.

**[0054]** Bei dieser Ausführungsform der Erfindung weist ein ADSL-DMT-System einen Aufwärts- und Abwärtskanal auf, die sich teilweise überlappen, z.B. kann der Abwärtskanal den Aufwärtskanal vollständig überlappen. Bei diesem letzteren Beispiel erstreckt sich der Abwärtskanal von 25 kHz bis 1,1 MHz. Die ADSL-Einrichtung **400** fungiert auf ähnliche Weise wie die ADSL-Einrichtung **300** hinsichtlich der Synchronisation und Abänderung der zyklischen Erweiterung als Funktion der doppelten Signallaufzeit. Zusätzlich enthält die ADSL-Einrichtung **400** einen Echolöcher mit Einzelanzapfung für jeden Träger in diesem Teil der Bandbreite, wo sich der Aufwärts- und Abwärtskanal überlappen.

**[0055]** Der Echolöcher mit einzelner Anzapfung ist durch das adaptive Filter **410** mit Einzelanzapfung und den Kombinator **405** dargestellt. Vom Kombinator **405** werden die Schätzungen des Echos bei jeder Trägerfrequenz abgezogen (von denen einige für diejenigen Frequenzen, wo keine Überlappung des Aufwärts- und Abwärtskanals besteht, Null sein werden). Vom adaptiven Filter **410** wird der Wert jedes Koeffizienten  $C_0$  bis  $C_{255}$  als Funktion des jeweiligen Ausgangssignals des Kombinator **405** wie durch das Rückkopplungssignal **411** dargestellt nach dem Stand der Technik angepaßt.

**[0056]** Wie oben bemerkt wird durch Synchronisieren der Übertragung von DMT-Symbolen mit den empfangenen DMT-Symbolen ein vereinfachter Echolöcher ermöglicht. Auch sind andere Variationen möglich, beispielsweise im Fall von ADSL-CO-Einrichtungen können, wenn ein Aufwärtssignal im Empfängerteil mit einer FFT-Größe gleich der Anzahl von Unterträgern im Aufwärtskanal verarbeitet wird, die durch den Senderteil im Abwärtskanal erzeugten Träger höherer Frequenz sich in das Aufwärtssignal falten. Es könnte daher gewünscht werden, mehr als einen Abwärtskanal-Unterträger im Echolöcher zum Löschen der Störung im Aufwärtssignal zu benutzen.

**[0057]** Wie oben beschrieben wird gemäß dem erfinderischen Konzept durch einen ADSL-Sender die DMT-Symbolübertragung mit den empfangenen DMT-Symbolen synchronisiert. Wie oben bemerkt sind zahlreiche Variationen möglich, wie beispielsweise die Durchführung zusätzlichen Trainings, um eine Laufzeit zu ergeben, Zufügen eines Werts zu der zyklischen Erweiterung (wobei dieser Wert fest oder als Funktion einer Laufzeit vorliegt) und/oder Ein- und Ausschalten des Senders usw. Dabei werden durch das Obige nur die Grundsätze der Erfindung darge-

stellt und es ist daher ersichtlich, daß der Fachmann in der Lage sein wird, zahlreiche alternative Anordnungen auszuführen.

**[0058]** Obwohl beispielsweise das erfinderische Konzept hier als mit diskreten Funktionsbausteinen implementiert dargestellt wurde, z.B. DMT-Modulator, DMT-Demodulator usw., können die Funktionen eines beliebigen oder mehrere dieser Bausteine unter Verwendung eines oder mehrerer zutreffend programmierter Prozessoren, z.B. eines Digitalsignalprozessors usw. ausgeführt werden.

**[0059]** Obwohl auch das erfinderische Konzept unter Verwendung bestimmter ADSL-DMT-Bandbreitenzuteilungsverfahren dargestellt wurde, ist das erfinderische Konzept auf ADSL-DMT im allgemeinen anwendbar einschließlich derjenigen Versionen, die sich über 1,1 MHz hinaus erstrecken und symmetrische DSL. In der Tat gilt das erfinderische Konzept für alle Mehrfrequenz-Kommunikationssysteme, DSL oder sonstwie, z.B. ein Funksystem. Im Letzteren ist zu beachten, daß obwohl jedes Mehrfrequenzsymbol Informationen von einer Mehrzahl von Teilnehmern darstellen kann, das erfinderische Konzept trotzdem noch anwendbar ist.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Verwendung in Mehrträgeranordnungen, mit folgenden Schritten:

Empfangen eines eine Folge von erweiterten diskreten Mehrfrequenzsymbolen darstellenden Mehrträgersignals über einen Kanal einer ersten Frequenz, wobei jedes erweiterte diskrete Mehrfrequenzsymbol eine zyklische Erweiterung ( $CE_{t1}$ ,  $CE_{t2}$ ) und ein diskretes Mehrfrequenzsymbol ( $C_u$ ,  $D_u$ ) von einem Fern-Mehrträgerendpunkt umfaßt, gekennzeichnet durch:

Synchronisieren der Übertragung einer Folge erweiterter diskreter Mehrfrequenzsymbole ( $A_d$ ,  $B_d$ ,  $CE_{t1}$ ,  $CE_{t2}$ ) über einen Frequenzkanal, der mindestens dem Kanal der ersten Frequenz benachbart ist, mit dem Empfang der Folge erweiterter diskreter Mehrfrequenzsymbole durch Einstellen des Werts einer zyklischen Erweiterung eines übertragenen Symbols als Funktion einer Laufzeit ( $t_{pu}$ ) zwischen dem Endpunkt und der Mehrträgeranordnung.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Synchronisationsschritt den Sender so synchronisiert, daß ein empfangenes erweitertes diskretes Mehrfrequenzsymbol und ein übertragenes erweitertes diskretes Mehrfrequenzsymbol einander zeitlich überlappen.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Laufzeit gleich der doppelten Signallaufzeit zwischen der Mehrträgeranordnung und dem Fern-Mehrträgerendpunkt ist.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Synchronisierungsschritt weiterhin den Schritt des Einstellens des Werts dieser zyklischen Erweiterungen um einen festen Wert einschließt.

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Synchronisierungsschritt folgendes umfaßt:  
Durchführen von Taktwiedergewinnung an dem empfangenen Mehrträgersignal zur Wiedergewinnung eines Taktsignals; und  
Verwenden des wiedergewonnenen Taktsignals zum Synchronisieren der Übertragung.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei das wiedergewonnene Taktsignal ein diskreter Mehrfrequenzsymbol-Takt ist.

7. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Mehrträgerereinrichtung eine asynchrone digitale Teilnehmeranschlußeinrichtung ist.

8. Vorrichtung mit folgendem:  
einem diskreten Mehrfrequenzdemodulator zum Empfangen einer Folge erweiterter diskreter Mehrfrequenzsymbole über einen Kanal einer ersten Frequenz, wobei jedes erweiterte diskrete Mehrfrequenzsymbol eine zyklische Erweiterung ( $CE_{t1}$ ,  $CE_{t2}$ ) und ein diskretes Mehrfrequenzsymbol ( $C_u$ ,  $D_u$ ) von einem Fern-Mehrträgerendpunkt umfaßt, gekennzeichnet durch folgendes:  
eine Steuerung zum Synchronisieren der Übertragungen einer Folge erweiterter diskreter Mehrfrequenzsymbole ( $A_d$ ,  $B_d$ ,  $CE_{t1}$ ,  $CE_{t2}$ ) über einen Frequenzkanal, der mindestens dem Kanal der ersten Frequenz benachbart ist, zu dem Endpunkt durch einen diskreten Mehrfrequenzmodulator mit der empfangenen Folge von erweiterten diskreten Mehrfrequenzsymbolen zum Einstellen des Wertes einer zyklischen Erweiterung als Funktion einer Laufzeit ( $t_{pu}$ ) zwischen dem Endpunkt und dem diskreten Mehrfrequenzdemodulator.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, wobei die Steuerung zum Synchronisieren des diskreten Mehrfrequenzmodulators angeordnet ist, so daß ein empfangenes erweitertes diskretes Mehrfrequenzsymbol und ein übertragenes erweitertes diskretes Mehrfrequenzsymbol einander zeitlich überlappen.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8, wobei die Steuerung zum Bearbeiten einer Laufzeit angeordnet ist, die einer doppelten Laufzeit zwischen der Vorrichtung und dem Fern-Endpunkt gleich ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 8, wobei die Steuerung weiterhin zum Einstellen des Wertes der zyklischen Erweiterung um einen festen Betrag zum Aufrechterhalten der Synchronisation angeordnet ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 8, wobei der dis-

krete Mehrfrequenzdemodulator zum Bereitstellen eines aus der empfangenen Folge erweiterter diskreter Mehrfrequenzsymbole wiedergewonnenen Taktsignals angeordnet ist, und wobei die Steuerung zur Verwendung des wiedergewonnenen Taktsignals zum Synchronisieren der Übertragung angeordnet ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, wobei der diskrete Mehrfrequenzdemodulator so angeordnet ist, daß das wiedergewonnene Taktsignal ein diskreter Mehrfrequenzsymbol-Takt ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 8, wobei die Vorrichtung ein Mehrträgersignal empfangen kann, das ein diskretes Mehrfrequenzsignal eines asynchronen digitalen Teilnehmeranschlusses ist.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

FIG. 1  
(Stand der Technik)

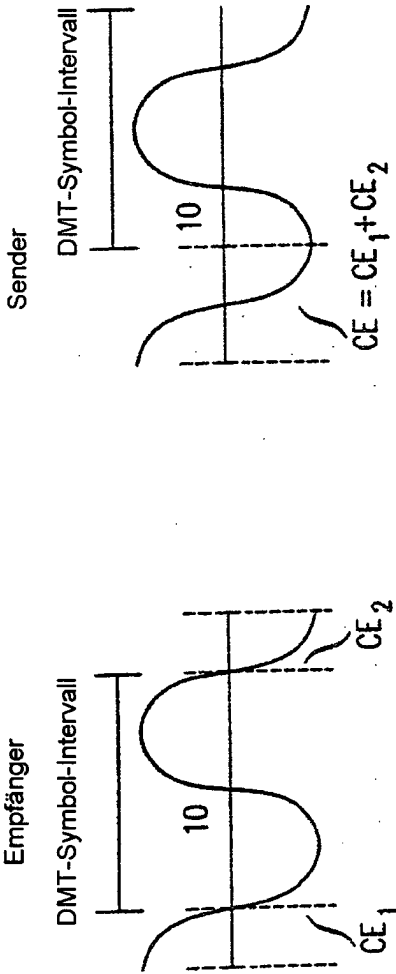


FIG. 3  
(Stand der Technik)

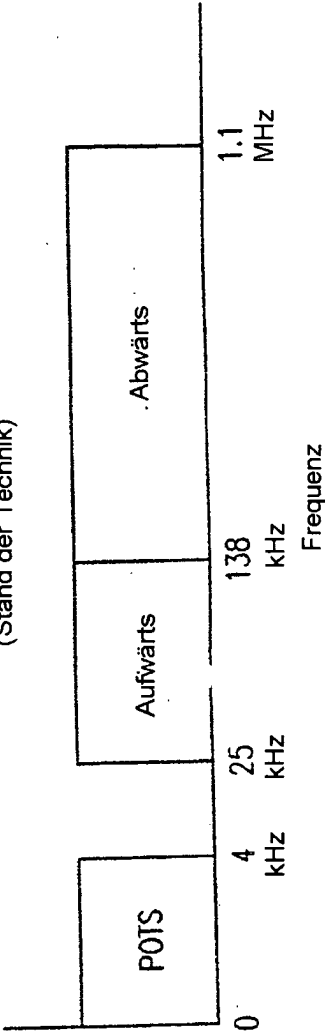
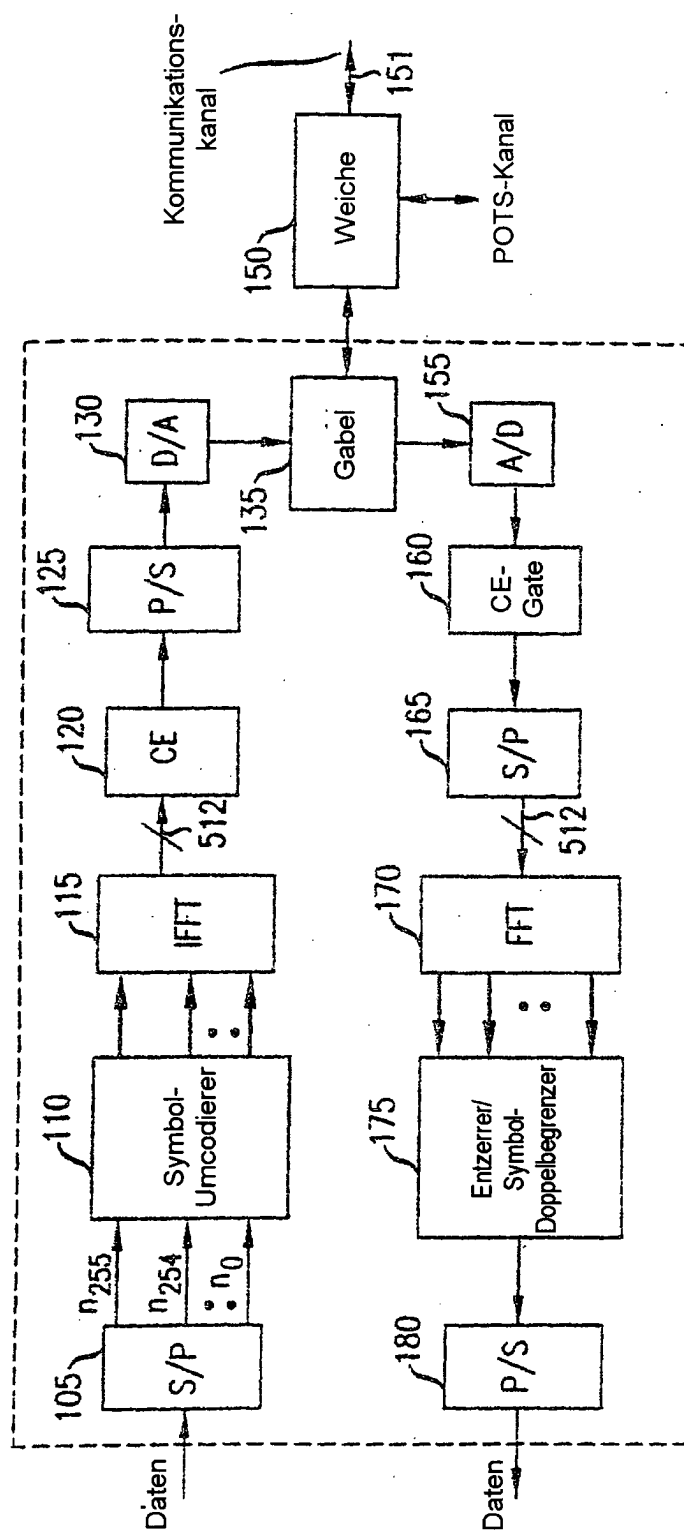


FIG. 2

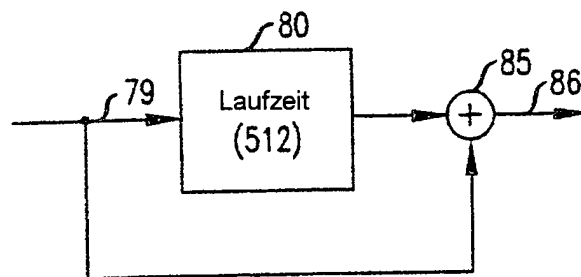
(Stand der Technik)

100



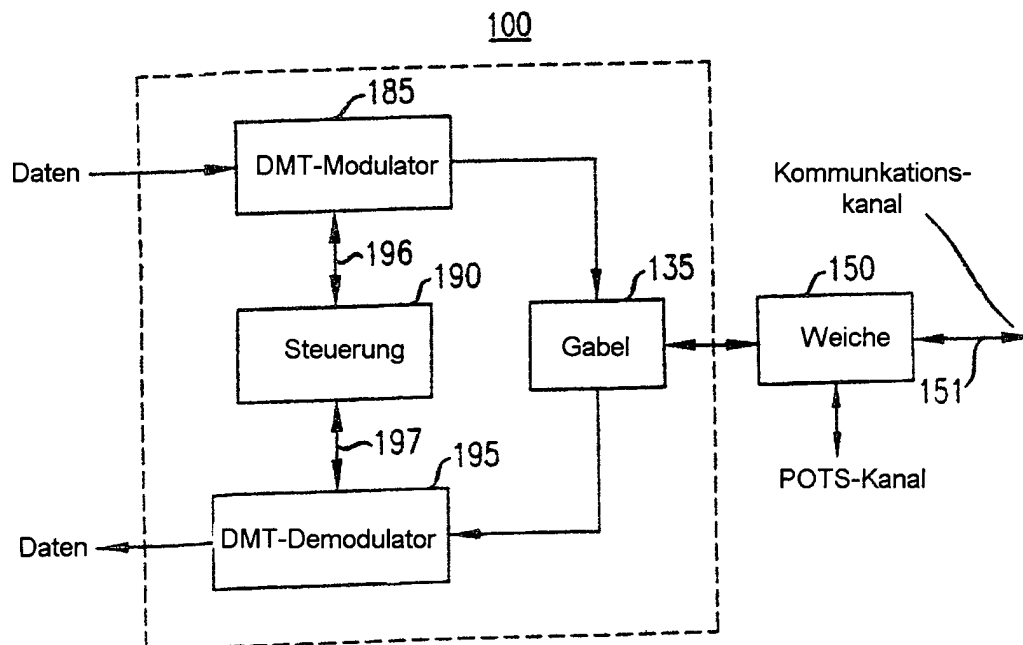


**FIG. 4**  
(Stand der Technik)

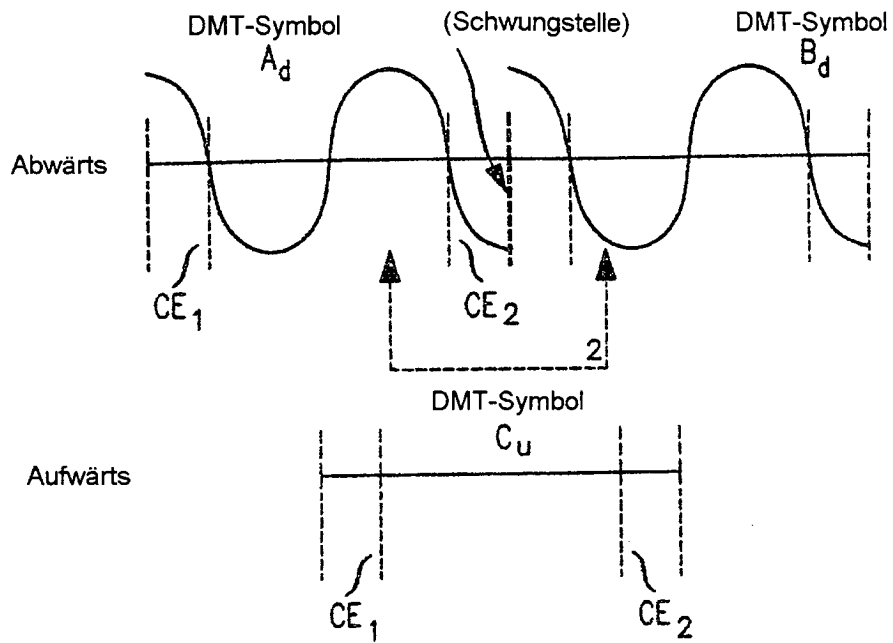


CE-Gate-Detektor zur  
Ableitung eines DMT-Symbols

**FIG. 5**  
(Stand der Technik)



**FIG. 6**



**FIG. 7**

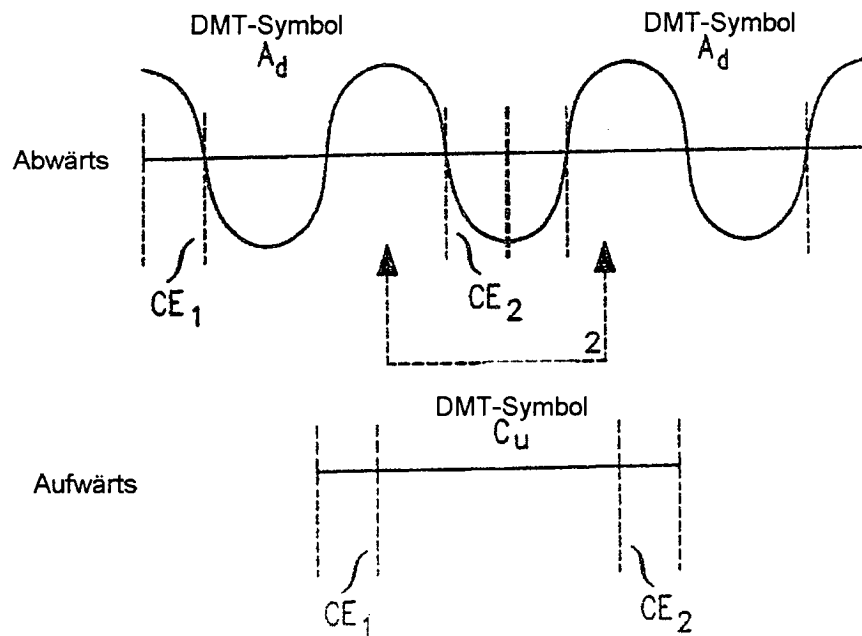


FIG. 8

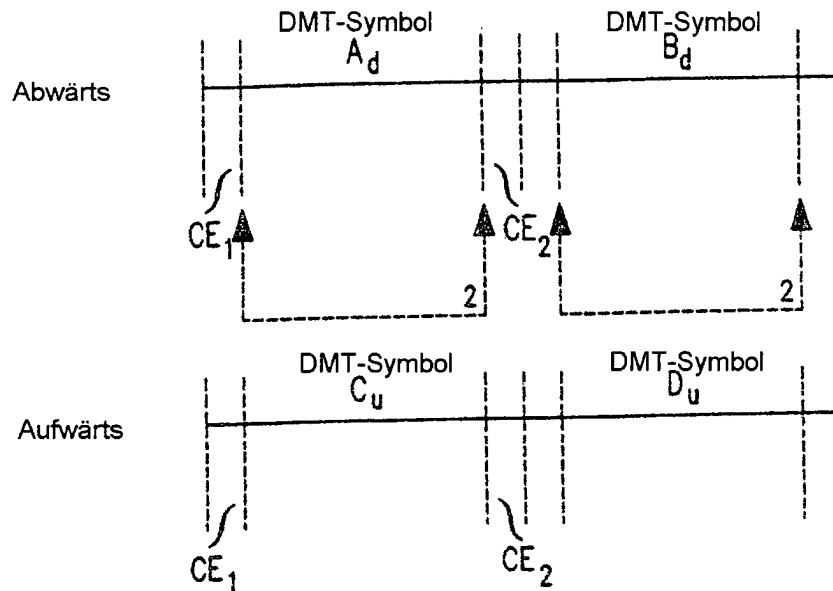
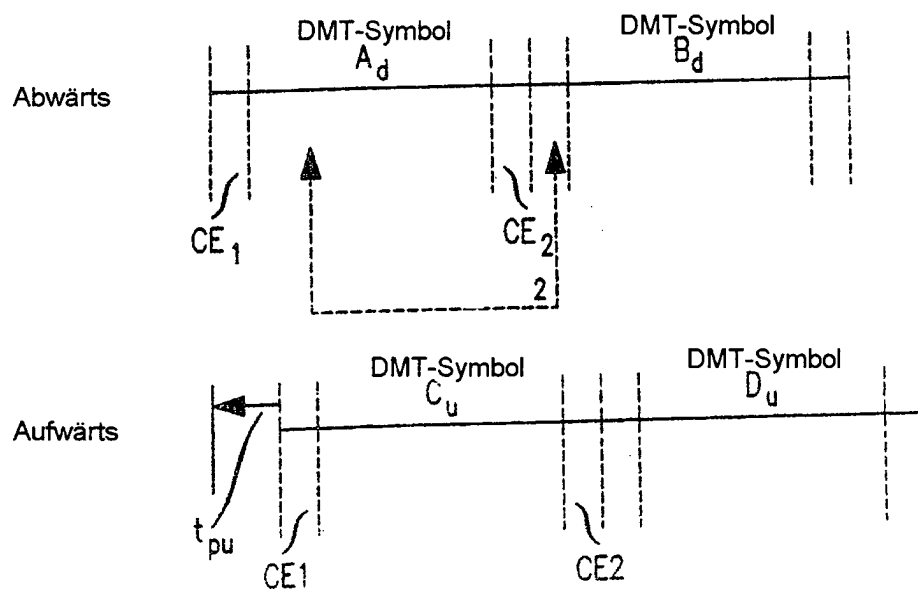
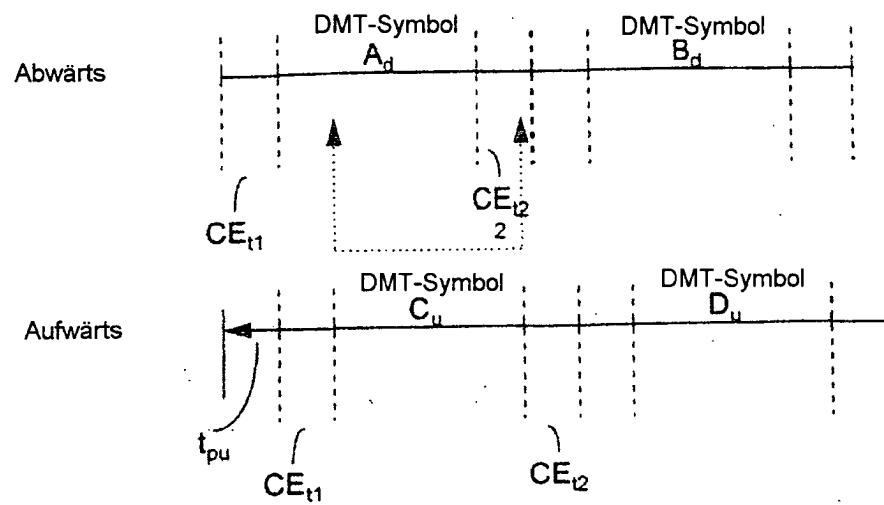


FIG. 9



**FIG. 10**



**FIG. 11**

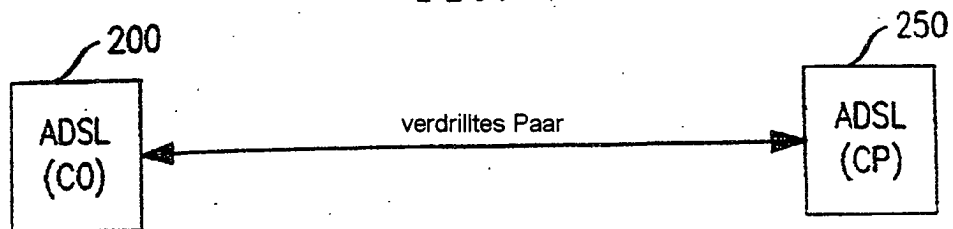




FIG. 12

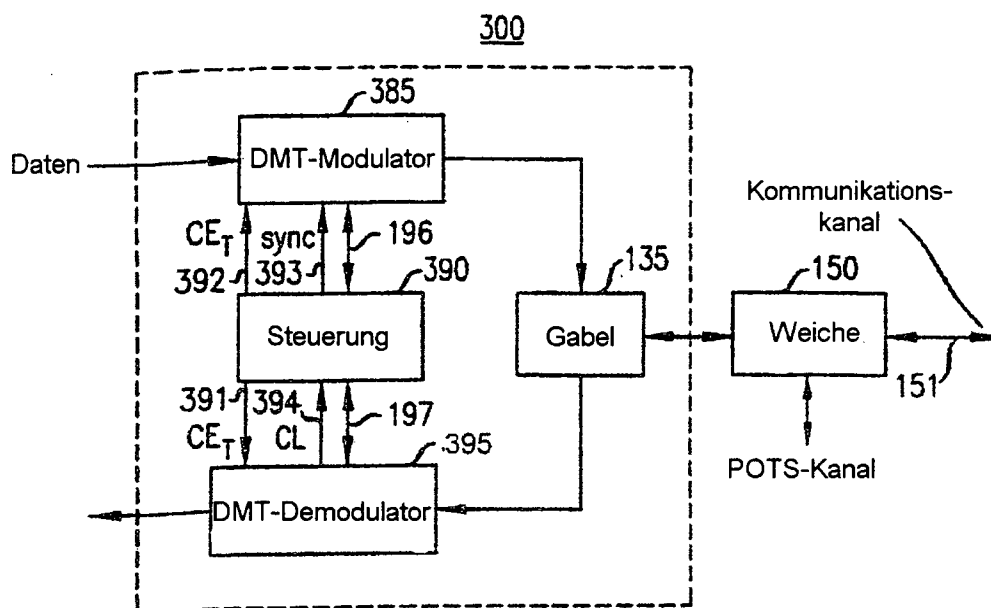


FIG. 13

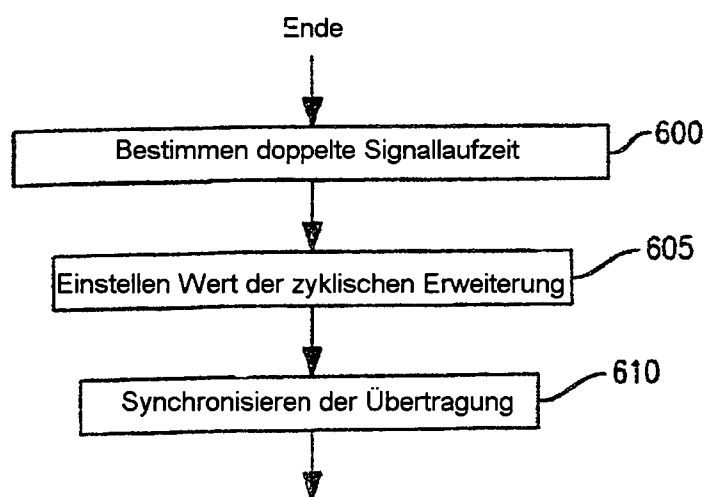


FIG. 14

400

