



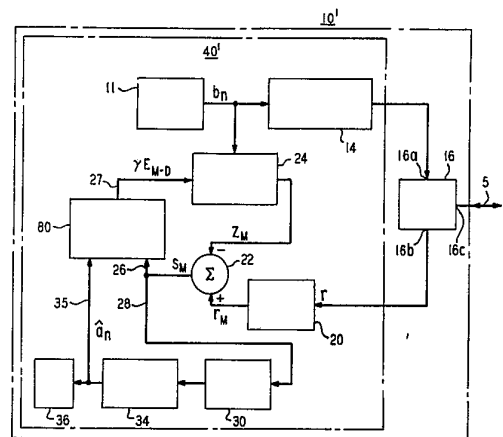
Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

<p>⑰ Gesuchsnummer: 2375/81</p> <p>⑳ Anmeldungsdatum: 08.04.1981</p> <p>㉓ Priorität(en): 09.04.1980 US 138663</p> <p>㉔ Patent erteilt: 15.10.1985</p> <p>④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 15.10.1985</p>	<p>⑦③ Inhaber: Western Electric Company, Incorporated, New York/NY (US)</p> <p>⑦② Erfinder: Falconer, David Duncan, Red Bank/NJ (US)</p> <p>⑦④ Vertreter: Bovard AG, Bern 25</p>
--	--

⑤④ Verfahren und Vorrichtung zur Verarbeitung von Abtastwerten eines ankommenden Signals.

⑤⑦ Eine Vollduplex-Zweidraht-Nyquist-Datenabtastübertragungsanlage weist eine adaptive Echoauslösch-einrichtung (24) an jeder Endstelle (z.B. 10') auf. Die Echoauslösch-einrichtung erzeugt ein Abbild (z_M) der Echokomponente jedes Abtastwertes (r_M) des ankommenden Signals. Das Abbild und der Abtastwert werden subtraktiv kombiniert, um ein echo-kompensiertes Signal (s_M) zu liefern. In Zeitabschnitten mit gleichzeitigem Senden und Empfang, d.h. bei Gegensprechen, kann das echo-kompensierte Signal nicht nur eine nicht ausgelöschte Echokomponente, sondern ausserdem eine Fernend-Datenkomponente enthalten. Ein Adaptionsfehlersignalgenerator (80), der unter Ansprechen auf einen Strom von wiedergewonnenen Datensymbolen (z.B. \hat{a}_n) arbeitet, schätzt und entfernt die Fernend-Datenkomponente aus dem echo-kompensierten Signal und erzeugt unter Ansprechen auf die Differenz ein Adaptionsfehlersignal (γ_{EM-D}). Dieses Signal wird als Fehlersignal an die Echoauslösch-einrichtung angelegt. Dadurch kann die Echoauslösch-einrichtung ihre Gruppe von Anzapfkoeffizienten abhängig von der nicht ausgelöschten Echokomponente einstellen, die im echo-kompensierten Signal vorhanden ist. Damit ergibt sich eine stabile und genaue Echoauslöschung, selbst in Zeitabschnitten mit Gegensprechen.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Verarbeitung von Abtastwerten eines ankommenden, eine Folge von Datensymbolen darstellenden Signals, wobei die Abtastwerte jeweils Daten- und Echokomponenten aufweisen, mit den Verfahrensschritten:

Erzeugen eines Abbildes jeder der Echokomponenten unter Ansprechen auf einen Strom von Adaptionsechokomponentensignalen, Kombinieren jedes Abtastwertes mit dem Abbild seiner Fehlerkomponente zur Erzeugung eines Stromes von echo-kompensierten Signalen und Treffen von Entscheidungen bezüglich des Wertes der Datensymbole aufgrund der echo-kompensierten Signale, gekennzeichnet durch die Verfahrensschritte:

Bilden eines Schätzwertes für die Datenkomponente eines individuellen Schätzwertes unter Ansprechen auf individuelle Entscheidungen,

Erzeugen eines individuellen Adaptionsechokomponentensignals unter Ansprechen auf den Schätzwert, den individuellen Abtastwert und das Abbild seiner Echokomponente.

2. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 mit einer Echoauslöseeinrichtung (24), die unter Ansprechen auf einen Strom von Adaptionsechokomponentensignalen in Tätigkeit tritt und ein Abbild jeder der Fehlerkomponenten erzeugt, und mit einer Signalverarbeitungseinrichtung (22, 30, 34), die jeden der Abtastwerte mit dem Abbild seiner Echokomponente kombiniert, um einen Strom von echo-kompensierten Signalen zu erzeugen und Entscheidungen hinsichtlich des Wertes der Datensymbole unter Ansprechen auf die echo-kompensierten Signale zu treffen, gekennzeichnet durch eine Bezugsbildungseinrichtung (82), die unter Ansprechen auf individuelle, von der Signalverarbeitungseinrichtung gebildete Entscheidungen in Tätigkeit tritt und ein Schätzwertsignal erzeugt, das im wesentlichen gleich der Datenkomponente eines individuellen Abtastwertes ist, und durch eine Einrichtung (22, 84, 85, 86) zur Erzeugung eines individuellen Signals der Adaptionsechokomponentensignale unter Ansprechen auf das Schätzwertsignal, den individuellen Abtastwert und das Abbild seiner Echokomponenten.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Bezugsbildungseinrichtung eine Schätzwerteinrichtung (82b) zur linearen Kombination der individuellen Entscheidung zwecks Bildung des Schätzwertsignals aufweist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Schätzwerteinrichtung die lineare Kombination durch Multiplizieren der individuellen Entscheidungen mit entsprechenden Koeffizienten und Summieren der sich ergebenden Produkte durchführt.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das individuelle Adaptionsechokomponentensignal im wesentlichen gleich einem mit einem vorbestimmten Parameter multiplizierten Fehlersignal ist und dass das Fehlersignal gleich der Kombination des Schätzwertsignals mit dem individuellen Abtastwert und dem Abbild seiner Echokomponente ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Bezugsbildungseinrichtung ferner eine Aktualisierungseinrichtung (86, 90, 117, 122, 124) zur Aktualisierung des Wertes jeder der Koeffizienten unter Ansprechen auf das Fehlersignal aufweist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass in der Aktualisierungseinrichtung der Wert jedes der Koeffizienten unter Ansprechen auf das Produkt aus dem Fehlersignal und einem vorbestimmten Parameter aktualisiert wird.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Aktualisierungseinrichtung den Wert jedes der Koeffizienten unter Ansprechen auf das Produkt aus dem Fehler-

signal und derjenigen Entscheidung aktualisiert, mit welcher dieser Koeffizient multipliziert worden ist.

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäss dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 und eine Vorrichtung gemäss dem Oberbegriff des Patentanspruches 2.

Bei Datenübertragungen ist es häufig zweckmässig, dass der Verkehr über eine einzelne Übertragungsleitung (Verbindungsleitung, Kanal) gleichzeitig in beiden Richtungen erfolgt. Es handelt sich also um einen Vollduplex-Verkehr. Ein typisches Übertragungsmedium ist ein Zweidraht-Fernsprechkanal im öffentlichen Fernvermittlungsnetzwerk. Das Durchlassband eines solchen Zweidrahtkanals erstreckt sich von etwa 300 Hz bis 3000 Hz. Für eine Vollduplex-Datenübertragung kann die verfügbare Bandbreite in zwei Hälften unterteilt werden, wobei jede Hälfte einer bestimmten Übertragungsrichtung zugeordnet wird. Mit diesem Verfahren lässt sich eine genaue Datenübertragung jedoch nur mit der halben Rate erreichen, die man bei einer Einwegübertragung (Halbduplex) erzielen kann. Eine Möglichkeit zur Erhöhung der Vollduplex-Datenrate besteht in der Verwendung von zwei getrennten Zweidrahtleitungen, wobei jede Leitung ein Einwegsignal voller Bandbreite in einer der beiden Übertragungsrichtungen führt. Dies nennt man einen Vierdrahtkanal.

Alternativ kann eine Vollduplex-Übertragung hoher Geschwindigkeit über einen einzelnen Zweidrahtkanal unter Verwendung von Gabelschaltungen erfolgen. Diese Schaltungen, die sowohl am sogenannten Nahende als auch am Fernende des Zweidrahtkanals angeordnet sind, nehmen ein Vierdrahtsignal auf und wandeln es in ein Zweidrahtsignal zur Übertragung über einen Zweiweg-Zweidraht-Fernsprechkanal um. Für eine optimal störungsfreie Übertragung muss die Impedanz am Anschluss der Gabelschaltung, der die Schnittstelle mit dem Kanal bildet, genau an die Impedanz des Zweidrahtkanals angepasst sein. In der Praxis ist dies jedoch selten möglich.

Insbesondere bedeutet die Tatsache, dass das Fernleitungsnetzwerk ein vermitteltes Netzwerk ist, dass eine grosse Zahl von Nachrichtenkanälen unterschiedlicher Impedanz im Lauf der Zeit mit der Gabelschaltung verbunden wird. Da die Gabelschaltung so ausgelegt ist, dass sie mit möglichst vielen unterschiedlichen Übertragungskanälen zusammenarbeiten kann, besteht im allgemeinen eine Fehlanpassung zwischen der Gabelschaltung und dem Kanal. Eine solche Fehlanpassung bewirkt, dass ein Signal, das vom nahen Ende aus übertragen wird, vom Anschaltungspunkt des ferneren Endes des Kanals an die dortige Gabelschaltung zurück in den Kanal reflektiert wird. Bei einer Sprachübertragung wird dieses am ferneren Ende reflektierte Signal als Echo bezeichnet. Ein Datenempfänger ist im allgemeinen nicht in der Lage, zwischen Daten vom ferneren Ende und dem Echo von Daten am ferneren Ende zu unterscheiden. Daher besteht die Möglichkeit, dass der Empfänger am nahen Ende das vom ferneren Ende reflektierte Echo fehlerhaft als Daten vom ferneren Ende interpretiert.

Diese Schwierigkeiten lässt sich unter Verwendung von Echoauslöseeinrichtungen überwinden. Diese erzeugen ein Signal, das im wesentlichen ein Abbild der Echokomponente ist, die in einem ankommenden Signal vorhanden ist, d.h. in dem Signal, das vom Zweidrahtkanal an die Gabelschaltung am nahen Ende angelegt wird. Im einzelnen wird jedes Symbol einer vorbestimmten Anzahl von früheren, aufeinanderfolgenden Symbolen im übertragenen Signal neben der Aussendung in der Echoauslöseeinrichtung gespeichert. Dort wird jedes solche Symbol mit einem entsprechenden Anzapfkoeffizienten multipliziert. Die sich ergebenden Produkte werden zur Erzeugung des Abbildungssignals summiert. Man

gewinnt dann ein im wesentlichen echofreies Signal, das nachfolgend als echo-kompensiertes Signal bezeichnet wird, durch Subtrahieren des Abbildsignals vom ankommenden Signal. Das echo-kompensierte Signal wird an einen Datenempfänger gegeben, der nach einer Verarbeitung, beispielsweise einer Dämpfungsentzerrung und Demodulation, Entscheidungen hinsichtlich des Wertes der übertragenen Datensymbole trifft.

Im allgemeinen ist der Echoauslöschprozess nicht perfekt. Vielmehr kann das echo-kompensierte Signal eine nicht ausgelöschte Echokomponente enthalten. Ausserdem kann es eine Fernend-Datenkomponente aufweisen, wie genauer weiter unten beschrieben wird. In beiden Fällen gibt die Grösse der nicht ausgelöschten Echokomponente die jeweilige Wirksamkeit des Echoauslöschverfahrens an. Eine grosse, nicht ausgelöschte Echokomponente bedeutet, dass das Abbildsignal ein ungenaues Abbild der Echokomponente darstellt, die ausgelöscht werden soll. In sogenannten adaptiven Echoauslöschschemen wird das echo-kompensierte Signal zweckmässig als Fehlersignal verwendet, aufgrund dessen die Werte aller Anzapfkoeffizienten adaptiv so aktualisiert werden, dass die nicht ausgelöschte Echokomponente ein Minimum wird. Dies stellt sicher, dass das Abbildsignal kontinuierlich und soweit möglich genau die Echokomponente im ankommenden Signal nachbildet, selbst dann, wenn sich die Eigenschaften des Kanals ändern.

Die in der US-PS 4 087 654 beschriebene Anordnung stellt ein Beispiel für die sogenannten adaptiven Baudraten-Echoauslöschschemen dar. Bei solchen Anordnungen finden das Abtasten des ankommenden Signals, die Abbildung der Echokomponente und die Echoauslöschung jeweils mit der Baud-(Symbol)-Rate statt. Obwohl solche Anordnungen vom Aufbau her einfach sind, zeigen diese Auslöschschemen hohe Empfindlichkeit gegen Schwankungen der synchronen Zeitsteuerung zwischen dem am nahen Ende ausgesendeten Signal, das zur Definition des Echosignal-Abbildes benutzt wird, und den empfangenen Daten, deren Zeitsteuerung am fernen Ende bestimmt wird. Ausserdem steht das echo-kompensierte Signal am Empfänger nur mit der Baud-Abtastrate zur Verfügung. Dies beschränkt auf schwerwiegende Weise die Fähigkeit des Empfängers, die Zeitsteuerung aus dem Fernend-Signal genau wiederzugewinnen.

Alternativ ist eine Operation der Auslöschschemen mit der Nyquist-Rate empfohlen worden. Nyquist-Abtastverfahren, die das oben beschriebene Zeitsteuerungsproblem vereinfachen, sind beispielsweise beschrieben in der US-PS 4 131 767 sowie in einem Aufsatz von S.B. Weinstein «A pass-band Data-Driven Echo Canceled for Full-Duplex Transmission on Two-Wire Circuits» IEEE Transactions on Communications, Band COM-25, Nr. 7, Juli 1977, Seiten 654–66, sowie von K.H. Müller in einem Aufsatz «A New Digital Echo Canceled for Two-Wire Full-Duplex Transmission» in IEEE Transactions on Communications, Band COM-24, Nr. 9, September 1976, Seiten 956–962. Im Gegensatz zu Baudraten-Auslöschschemen führen Nyquist-Raten-Auslöschschemen eine Abtastung des ankommenden Signals, die Erzeugung des Echoabbildes und die Echoauslöschung je mit der Nyquist-Rate aus. Die Anzapfkoeffizienten-Anpassung bei den Nyquist-Anordnungen ist in Vollduplexanlagen in Zeitintervallen mit Einwegübertragung befriedigend. Die Anpassung ist jedoch unzuverlässig in Zeitintervallen mit Zweiwegübertragung, d.h. gleichzeitiger Übertragung von Daten am fernen und am nahen Ende. Diese Probleme entstehen deswegen, weil das echo-kompensierte Signal, das die adaptive Anordnung speist, in Intervallen mit Zweiwegübertragung nicht nur die nicht ausgelöschte Echokomponente, sondern ausserdem eine Fernend-Datenkomponente enthält. Die Fernend-Datenkomponente ist mit dem Echo nicht kor-

reliert. Eine Anpassung und demgemäss die Erzeugung eines Echoabbildes anhand dieses Signals ist demgemäss entweder unzuverlässig und ungenau oder sehr langsam. Demgemäss kann sich eine fehlerhafte Datenwiedergewinnung ergeben.

(Baudraten-Anordnungen werden durch diese Probleme nicht beeinflusst, das das zur Aktualisierung der Anzapfkoeffizienten für die Echoauslöschschemen verwendete Fehlersignal an einem anderen Punkt der Anlage entnommen wird, an dem die Daten vom fernen Ende schon festgestellt sind und demgemäss subtrahiert wurden. Das Fehlersignal als solches wird durch das Vorhandensein von Fernend-Daten nicht verschlechtert.)

Bekannte Lösungen der oben beschriebenen Probleme bei Nyquist-Auslöschschemen sehen die Verwendung einer Doppel- oder Gegensprech-Anzeigeschaltung zum Anhalten des Anpass- oder Adaptionsvorgangs vor und halten die Anzapfkoeffizienten während der Gegensprechintervalle auf ihren Werten vor dem Gegensprechen fest. Dazu wird beispielsweise verwiesen auf die US-PS 3 499 999. Alternativ kann wie in dem oben angegebenen Aufsatz von Weinstein «A Passband Data-Driven Echo Canceled for Full-Duplex Transmission on Two-Wire Circuits» beschrieben wird, ein laufender Durchschnittswert für eine vorbestimmte Anzahl von früheren Koeffizientenwerten für jede Anzapfung anstelle der adaptiven Koeffizienten bei Gegensprechintervallen benutzt werden. Diese Lösungen stabilisieren zwar die Arbeitsweise der Anlage, die Echoauslöschung ist aber während der Gegensprechintervalle potentiell ungenau. Dies beruht darauf, dass die Anzapfkoeffizienten während der Gegensprechintervalle nicht auf Änderungen des Echokanal-Impulsansprechens eingestellt werden können, die während solcher Intervalle auftreten.

Es ist demgemäss Aufgabe der Erfindung, die Güte von Echoauslöschschemen in Zeitabschnitten mit Gegensprechen zu verbessern.

Ein spezielles Ziel der Erfindung sieht die Verbesserung der Güte von Nyquist-Echoauslöschschemen in Zeitabschnitten mit Gegensprechen vor.

Ein spezielleres Ziel der Erfindung ist auf die Schaffung einer Nyquist-Echoauslöschschemen gerichtet, die in Zeitabschnitten mit Gegensprechen genau und stabil ist, selbst dann, wenn sich die Eigenschaften des Echokanals ändern. Das erfindungsgemässe Verfahren ist durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruches 1 angeführten Merkmale gekennzeichnet.

Die erfindungsgemässe Vorrichtung ist durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruches 2 angeführten Merkmale gekennzeichnet.

Im einzelnen kann die adaptive Bezugsbildungseinrichtung eine vorbestimmte Anzahl von vorhergehenden Empfängerentscheidungen verarbeiten, um mit der Nyquist-Rate einen Schätzwert für die im echo-kompensierten Signal vorhandene Fernend-Datenkomponente zu erzeugen. Dieser Schätzwert ist genauer eine lineare Kombination der vorhergehenden Empfängerentscheidungen und wird durch Multiplizieren jeder der früheren Empfängerentscheidungen mit einem entsprechenden Anzapfkoeffizienten und Kombinieren der sich ergebenden Produkte erzeugt. Der erzeugte Schätzwert für die Fernend-Daten wird zur Erzeugung eines Adaptionsfehlersignals benutzt, dessen Wert gleich der Differenz zwischen dem echo-kompensierten Signal und dem Schätzwert der Fernend-Datenkomponente ist. Dieses Fehlersignal wird statt des echo-kompensierten Signals als Fehlersignal für die adaptive Echoauslöschschemen benutzt. Demgemäss wird die Anpassung der Anzapfkoeffizienten für die Echoauslöschschemen allein in Abhängigkeit von den nicht ausgelöschten Echokomponenten durchgeführt. Dies ermöglicht eine stabile und genaue Echoauslöschung sowohl beim

Gegensprechen als auch bei einer Einwegübertragung.

Um sicherzustellen, dass der Schätzwert der Fernenddaten kontinuierlich und genau die Fernend-Datenkomponente im ankommenden Signal wiedergibt, kann das Adaptionsfehlersignal zur adaptiven Bezugsbildungseinrichtung als Aktualisierungssignal zur Verwendung bei der adaptiven Aktualisierung der Anzapfkoeffizienten für die adaptive Bezugsbildungseinrichtung zurückgeführt werden.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Zeichnungen beispielsweise beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 das Blockschaltbild einer bekannten Voll duplex-Zweidraht-Digitaldatenübertragungsanlage mit Nyquist-Echoauslöschung;

Fig. 2 das Blockschaltbild eines Nyquist-Datenanschlusses nach der Erfindung;

Fig. 3 das Blockschaltbild der Schaltungen innerhalb des Anschlusses nach Fig. 2, die das Adaptionsfehlersignal nach der Erfindung erzeugt;

Fig. 4 das Blockschaltbild der adaptiven Bezugsbildungseinrichtung, die bei der Schaltung nach Fig. 3 benutzt wird.

Fig. 1 zeigt eine digitale Voll duplex-Datenübertragungsanlage bekannter Art. Im wesentlichen weist diese Anlage eine Zweidraht-Übertragungsleitung 5 auf, die zwei Datenanschlüsse verbindet, nämlich einen Nahendanschluss 10 und einen Fernendanschluss 13. Die Verbindungsleitung 5 gehört beispielsweise zum öffentlichen Fernvermittlungnetzwerk, obwohl die Erfindung in gleicher Weise auf andere Arten von Übertragungsverbindungen, beispielsweise Teilnehmerschleifen, anwendbar ist. Die Nachrichtenverbindung 5 ist eine Zweiwegverbindung, d.h. sie überträgt Datensignale von jeder der beiden Endstellen zur anderen. Die Endstellen 10 und 13 sind von der allgemeinen Art, wie in der obengenannten US-PS 4 131 767 beschrieben ist. Zur Erläuterung sind beide Endstellen identisch aufgebaut und arbeiten auf die gleiche Weise. Demgemäss ist die nachfolgende Erläuterung im wesentlichen auf die Nahend-Datenendstelle 10 beschränkt.

Die Endstelle 10 weist eine Sende/Empfangsschaltung 40 und eine Gabelschaltung 16 auf. Die Schaltung 40 beinhaltet einen Sendeabschnitt, der die Datenquelle 11 und einen Sender 14 aufweist. Die Datenquelle 11 erzeugt im Grundband einen Strom von Nahend-Datensymbolen b_n , $n = 0, 1, 2, \dots$. Der Index n ändert sich mit der Baudrate. Die Symbole b_n werden zur üblichen Formung und Modulation an den Sender 14 gegeben.

Der Sendeabschnitt sowie der in Kürze noch zu beschreibende Empfangsabschnitt sind an die Gabelschaltung 16 angeschlossen. Diese ermöglicht die Verbindung eines Paares von Zweidrahtleitungen, d.h. einer Vierdrahtleitung, mit einer doppelt gerichteten Zweidraht-Übertragungsleitung 5. Im einzelnen enthält die Gabelschaltung 3 Zweidrahtanschlüsse 16a, 16b und 16c. Das abgehende Signal, d.h. das Ausgangssignal des Senders 14, wird über eine Zweidrahtleitung 18 an den Zweidrahtanschluss 16a angelegt. Die Gabelschaltung 16 führt dieses Signal über den Anschluss 16c zur Verbindungsleitung 5. Ein vom fernen Ende ankommendes Signal auf der Verbindungsleitung 5, das am Anschluss 16c ankommt, wird dagegen von der Gabelschaltung 16 zum Anschluss 16b geführt. Von dort wird das ankommende Signal r , das eine Folge von Fernend-Datensymbolen darstellt, über eine getrennte Zweidrahtleitung 19 zum Empfangsabschnitt des Nahend-Datenanschlusses 10 geführt. Auf entsprechende Weise verbindet die Gabelschaltung 15 am fernen Ende die Sende/Empfangsschaltung 17 (die der Schaltung 40 ähnlich ist) mit dem Anschluss 15c und der Verbindungsleitung 5 über ein Paar von Zweidrahtleitungen, die mit den Anschlüssen 15a und 15b verbunden sind.

Zur Erzielung einer optimal störungsfreien Übertragung

muss die Ausgangsimpedanz sowohl der Nahend-Gabelschaltung 16 als auch der Fernend-Gabelschaltung 15 genau an die Impedanz der Verbindungsleitung 5 angepasst sein. Dies ist in der Praxis jedoch selten möglich. Beispielsweise ist im öffentlichen Fernvermittlungnetzwerk eine grosse Zahl unterschiedlicher Übertragungsleitungen über die jeweilige Zeit zwischen die Gabelschaltungen 15 und 16 gelegt. Da die Gabelschaltungen so ausgelegt sind, dass sie mit soviel wie möglich unterschiedlichen Verbindungskanälen zusammenarbeiten können, tritt im allgemeinen eine Impedanzfehlanspassung auf, beispielsweise zwischen der Gabelschaltung 15 am fernen Ende und der Verbindungsleitung 5. Dies bewirkt, dass ein messbarer Anteil des übertragenen Nahend-Signals, das bei der Gabelschaltung 15 am fernen Ende ankommt, als Echo zurück zur Verbindungsleitung 5 reflektiert wird. Nach einem endlichen Zeitintervall erscheint das Echo am Anschluss 16c der Gabelschaltung 16 am nahen Ende. Der Empfangsabschnitt der Nahend-Datenendstelle 10 ist nicht in der Lage, zwischen den ankommenden Daten und dem Echo zu unterscheiden. Die Einschaltung einer Echoauslöschrichtung 24 (die in Kürze erläutert werden soll) im Empfangsabschnitt verhindert jedoch, dass das Echo die Datenwiedergewinnung stört.

Wie oben angegeben, wird das über die Verbindungsleitung 5 ankommende Signal r über die Gabelschaltung 16 und den Anschluss 16b zum Empfangsabschnitt der Datenendstelle 10 geführt. Dort gelangt das Signal zunächst an einen Nyquist-Abtaster 20. Dieser tastet das Signal r mit wenigstens der Nyquist-Rate fein ab, d.h. mit einer Rate, wenigstens gleich dem doppelten Wert der höchstmöglichen Frequenz im ankommenden Signal. Aus Gründen, die später erkennbar werden, ist die Nyquist-Rate beispielsweise ein ganzzahliges Vielfaches P der Baud-rate. Der Abtastwert r_M ist einer der sich ergebenden Abtastwerte, d.h. der M -te Abtastwert eines Stroms von Abtastwerten des ankommenden Signals. Der Index M schreitet mit der Nyquist-Rate fort. Im allgemeinen Fall ist das Signal r sowohl aus Fernend-Daten als auch Echosignalen zusammengesetzt. Ein Teil des Abtastwertes r_M beruht also aus Fernend-Daten, und ein anderer Teil ist echobedingt. Diese Teile des Abtastwertes r_M sollen nachfolgend als Fernend-Datenkomponente und als Echokomponente bezeichnet werden. Als Ergebnis beispielsweise der Nyquist-Abtastung, der Zwischensymbol-Störung und anderer Verzerrungen dürfte klar sein, dass der Wert der Datenkomponente des Abtastwertes r_M des ankommenden Signals nicht den Wert irgendeines bestimmten, übertragenen Symbols wiedergibt.

Es soll jetzt das Problem, auf das die Erfindung gerichtet ist, erläutert werden, indem zunächst angenommen wird, dass zu irgendeinem Zeitpunkt nur eine Einwegübertragung über die Verbindungsleitung 5 erfolgt, d.h. dass ein Gegensprechen ausgeschlossen ist. Weiterhin wird angenommen, dass die Gabelschaltung 16 leckfrei ist, d.h. dass die abgehenden, an den Anschluss 16a angelegten Sendesignale nicht durch die Gabelschaltung laufen und am Anschluss 16c auftreten.

Unter diesen Bedingungen besteht der Abtastwert r_M allein aus der Fernend-Datenkomponente oder allein aus einer Echokomponente. In Empfangsperioden ist beispielsweise der Abtastwert r_M allein aus einer Fernend-Datenkomponente zusammengesetzt, d.h. er ist echofrei. Der Abtastwert r_M gelangt an einen Kombinerer 22, in welchem er subtraktiv mit einem Echoabbildsignal z_M kombiniert wird, das das M -te Signal eines Stroms von Echoabbildsignalen ist, die von der adaptiven Echoauslöschrichtung 24 auf der Leitung 21 geliefert werden. Im einzelnen ist das Echoabbildsignal z_M ein von der adaptiven Echoauslöschrichtung 24 bereitgestellter Schätzwert der Echokomponente des Abtastwertes r_M . Da diese Komponente voraussetzungsgemäss Null ist, ist das

Echoabbildsignal z_M ebenfalls Null. Demgemäss durchläuft der Abtastwert r_M den Kombinerer 22 im wesentlichen unverändert. Das Ausgangssignal des Kombinerers 22 ist ein Strom von echo-kompensierten Signalen, wobei S_M das M-te Signal dieses Stroms ist. In vorliegenden Fall ist das echo-kompensierte Signal S_M im wesentlichen gleich der Fernend-Datenkomponente des Abtastwertes r_M . Das echo-kompensierte Signal wird über die Leitung 28 einem Tiefpassfilter 30 zugeführt, das eine kontinuierliche Welle rekonstruiert. Das Filterausgangssignal gelangt dann zu einem Empfänger 34, wo es erneut abgetastet werden kann, beispielsweise mit der Baudrate, weiter gefiltert (entzerrt) wird, um die Zwischen-symbol-Störung zu überwinden, und dann quantisiert wird, um die Entscheidungen \hat{a}_n , $n=0, 1, 2, \dots$ hinsichtlich des Wertes des n -ten, vom fernen Ende übertragenen Symbols a_n zu gewinnen. Die Entscheidung a_n wird an die Datensenke 36 gegeben.

Das echo-kompensierte Signal S_M wird ausserdem als Fehlersignal über die Leitung 26 zur adaptiven Echoauslösch-einrichtung 24 zurückgeführt, wie weiter unten noch genauer erläutert werden soll. Solange jedoch keine Datensymbole von der Quelle 11 geliefert werden, hält die Echoauslösch-einrichtung 24 den Wert des Echoabbildsignals z_M auf Null.

Alternativ ist in Perioden einer Einwegübertragung durch die Endstelle 10 (wenn wiederum kein Gegensprechen angenommen wird) der Abtastwert r_M allein aus der Echokomponente zusammengesetzt, die durch das vom nahen Ende übertragene Signal erzeugt wird, das an der Impedanz-Fehlanpassung an der Gabelschaltung am fernen Ende des Kanals erzeugt wird. Das Echoabbildsignal z_M ist jetzt von Null verschieden. Im einzelnen erzeugt die Echoauslösch-einrichtung 24 das Echoabbildsignal z_M durch Verarbeitung einer vorbestimmten Anzahl von früheren, aufeinanderfolgenden Symbolen innerhalb der von der Datenquelle 11 erzeugten Datenfolge. Diese Symbole werden in der Echoauslösch-einrichtung in einer transversalen Anordnung gespeichert. Physikalisch kann diese Anordnung beispielsweise eine analoge Verzögerungsleitung, ein Schieberegister oder ein Schreib/Lesespeicher sein. Die Echoauslösch-einrichtung erzeugt eine ideale Kombination früherer, aufeinanderfolgender Symbole durch Multiplikation jedes einzelnen Symbols mit einem entsprechenden Anzapfkoeffizienten. Die sich ergebenden Produkte werden aufsummiert und erzeugen das Echoabbildsignal z_M . Da die ferne Endstelle 13 zu diesem Zeitpunkt nicht sendet, ist das echo-kompensierte Signal S_M allein aus einer nicht ausgelöschten Echokomponente zusammengesetzt. Wie oben erwähnt, wird das Signal S_M über die Leitung 26 als Fehlersignal zur Echoauslösch-einrichtung 24 zurückgeführt. In Abhängigkeit von diesem Fehlersignal werden die Werte der Anzapfkoeffizienten adaptiv aktualisiert, um sicherzustellen, dass das Echoabbildsignal soweit als möglich eine genaue Duplizierung der Echokomponente des Abtastwertes r_M ist. Auf diese Weise wird die verbleibende, nicht ausgelöschte Echokomponente im echokompensierten Signal auf ein Minimum gebracht.

Während die Anordnung gemäss Fig. 1 bei der Einwegübertragung befriedigend arbeitet, wie gerade beschrieben, besitzt sie schwerwiegende Nachteile bei einem Zweiwegbetrieb, d.h. in Zeitabschnitten mit Gegensprechen. Im einzelnen sind immer dann, wenn die Endstellen 10 und 13 gleichzeitig senden, Echos des am nahen Ende ausgesendeten Signals gleichzeitig mit den von der Endstelle 13 am fernen Ende ausgesendeten Fernend-Daten auf der Verbindungsleitung 5 vorhanden. Das an die Echoauslösch-einrichtung 24 über die Leitung 26 angelegte Fehlersignal enthält also nicht nur eine nicht ausgelöschte Echokomponente, sondern ausserdem eine Fernend-Datenkomponente. Das Fehlersignal wird also durch die Fernend-Datenkomponente verfälscht.

Die Echoauslösch-einrichtung ist nicht in der Lage, zwischen der Echokomponente und der Fernend-Datenkomponente zu unterscheiden. Darüberhinaus sind die Fernend-Daten nicht mit dem Echo korreliert. Die Adaption ist demgemäss entweder unzuverlässig und ungenau oder sehr langsam. Es kann sich demgemäss eine fehlerhafte Echoauslöschung einstellen.

Die vorliegende Erfindung ist auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erzielung einer genauen, stabilen und zuverlässigen Adaption und Echoauslöschung in Zeitabschnitten mit Gegensprechen gerichtet. Erfindungsgemäss wird dies erreicht, indem die verfälschende Fernend-Datenkomponente im wesentlichen aus dem echo-kompensierten Signal entfernt wird, um ein Adaptionsfehlersignal zu erzeugen. Dieses Adaptionsfehlersignal ist eine Kombination aus dem Echoabbildsignal z_M , dem Abtastwert r_M und einem (unten erläuterten) Schätzwert für die dem Abtastwert r_M zugeordnete Fernend-Datenkomponente. Das Adaptionsfehlersignal wird dann statt des echo-kompensierten Signals als Fehlersignal an die adaptive Echoauslösch-einrichtung angelegt.

Fig. 2 zeigt eine Datenendstelle 10' mit einer adaptiven Echoauslösch-einrichtung nach der Erfindung. Der Hauptunterschied zwischen der Endstelle 10' und der bekannten Endstelle 10 besteht darin, dass die Sende/Empfangsschaltung 40' in der Endstelle 10' einen Adaptionsfehlersignalgenerator 80 enthält. Dieser Generator nimmt als Eingangssignale die Empfängerentscheidungen auf der Leitung 35 und das echo-kompensierte Signal S_M auf der Leitung 26 auf und verarbeitet sie. Das Ausgangssignal auf der Leitung 27 ist ein Strom von Adaptionsfehlersignalen, von denen γE_{M-D} das (M-D)-te Signal dieses Stroms ist. Die übrigen Bauteile der Endstelle 10' entsprechen denen der Endstelle 10 und tragen die gleichen Bezugszeichen.

Fig. 3 zeigt die wesentliche Schaltungsteile des Adaptionsfehlersignalgenerators 80 genauer. Im einzelnen werden die Empfängerentscheidungen, beispielsweise die Entscheidung \hat{a}_n , an eine adaptive Bezugsbildungseinrichtung 82 angelegt. Dort werden die Entscheidungen verarbeitet, derart, dass auf der Leitung 83 ein Strom von Schätzwerten erzeugt wird, wobei jeder Schätzwert die Fernend-Datenkomponente eines bestimmten Abtastwertes des ankommenden, an den Kombinerer 22 angelegten Signals annähert. Es ergibt sich eine Verarbeitungsverzögerung von D Nyquist-Intervallen vom Ausgang des Kombinerers 22 zum Ausgang des Empfängers 34. Demgemäss ist zu dem Zeitpunkt, zu dem das echo-kompensierte Signal S_M auf der Leitung 26 (Fig. 2) erscheint, das Signal auf der Leitung 83 ein Schätzwert X_{M-D} der Datenkomponente des echo-kompensierten Signals, das um D Nyquist-Intervalle früher erzeugt worden ist, d.h. des Signals S_{M-D} . Der Generator 80 weist eine Verzögerungsschaltung 85 auf, die eine Verzögerung von D Nyquist-Intervallen für das echo-kompensierte Signal bewirkt, das auf der Leitung 26 zugeführt wird. Demgemäss erscheint das verzögerte echo-kompensierte Signal S_{M-D} auf der Ausgangsleitung 88 der Verzögerungsschaltung 85 gleichzeitig mit dem Schätzwert X_{M-D} auf der Leitung 83. Dieser Schätzwert wird von dem echo-kompensierten Signal im Kombinerer 84 unter Erzeugung des Fehlersignals E_{M-D} subtrahiert.

Das Fehlersignal E_{M-D} gibt natürlich nicht den augenblicklichen Echoauslöschfehler wieder, sondern statt dessen den Fehler, der um D Nyquist-Intervalle in der Vergangenheit vorhanden gewesen ist. Das Signal lässt sich jedoch trotzdem als Grundlage für die Aktualisierung der Anzapfkoeffizienten verwenden, die in der Echoauslösch-einrichtung 24 benutzt werden.

Im einzelnen wird das Fehlersignal E_{M-D} im Multiplizierer 86 mit einem Parameter γ multipliziert, um ein Adaptionsfehlersignal γE_{M-D} zu erzeugen. Der Parameter γ , der wesentlich kleiner als 1 ist, ist so gewählt, dass eine glatte und stabile

Konvergenz sichergestellt ist, d.h. dass ein minimales Über- und Unterschreiten beim Ansprechen der adaptiven Echoauslöschsicherheit 24 auf stufenförmige Änderungen in den Eigenschaften der Verbindungsleitung 5 auftreten. (Beim vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der Wert des Parameters γ fest. Bei anderen Ausführungsbeispielen kann es jedoch zweckmässig sein, den Wert von γ dynamisch gleich dem Kehrwert des quadratischen Mittelwertes aller Datensymbole einzustellen, die in der adaptiven Bezugsbildungseinrichtung gespeichert sind.)

Wie weiter unten noch genauer beschrieben wird, nimmt die adaptive Bezugsbildungseinrichtung 82 ein aktualisiertes Fehlersignal auf, um die von ihr benutzten Anzapfkoeffizienten auf den neuesten Stand zu bringen. Wie das Adaptionsfehlersignal ist auch das aktualisierte Fehlersignal gleich dem Produkt des Fehlersignals E_{M-D} mit einem vorbestimmten Parameter. Demgemäss sind die Adaptionsfehlersignale und die aktualisierten Fehlersignale proportional zueinander. Bei diesem Ausführungsbeispiel sind die beiden Signale als Sonderfall gleich. Demgemäss wird entsprechend Fig. 3 das Adaptionsfehlersignal γE_{M-D} ausser über die Leitung 27 an die adaptive Echoauslöschsicherheit 24 über die Leitung 89 zur adaptiven Bezugsbildungseinrichtung 82 zurückgeführt.

Es kann jedoch wünschenswert sein, dass das aktualisierte Fehlersignal, das an die adaptive Bezugsbildungseinrichtung 82 angelegt wird, verschieden von dem Adaptionsfehlersignal ist, wodurch die Bezugsbildungseinrichtung und die Echoauslöschsicherheit mit unterschiedlicher Fehlerempfindlichkeit ausgestattet werden. Dies lässt sich beispielsweise erreichen, indem die Leitung 89 vom Ausgang eines zweiten Multiplizierers (nicht gezeigt) statt vom Ausgang des Multiplizierers 86 ausgeht. Der zweite Multiplizierer würde ähnlich wie der Multiplizierer 86 ein Eingangssignal vom Ausgang des Kombinerers 84 aufnehmen, das Eingangssignal aber mit einem anderen Parameter multiplizieren.

Gemäss Fig. 4 weist die adaptive Bezugsbildungseinrichtung 82 einen Schiebeabschnitt 82, einen Schätzwertabschnitt 82b für Fernend-Daten und einen Anzapfkoeffizienten-Speicher- und Aktualisierungsabschnitt 82c auf. Operationen innerhalb jedes Abschnitts finden innerhalb eines Verarbeitungszyklus statt, dessen Dauer nicht grösser als ein Nyquist-Intervall ist. Dadurch kann ein neuer Schätzwert für die Fernend-Datenkomponente vor jedem Ausgangssignal des Nyquist-Abtasters 20 erzeugt werden.

Die Nyquist-Rate ist zur Erläuterung gleich dem P-fachen der Baud-Rate, wobei P eine ganze Zahl ist. Demgemäss müssen P Schätzwerte für die Fernend-Datenkomponente in jedem Baudintervall erzeugt werden. Während jedes Baudintervalls wird nur eine Empfängerentscheidung an die adaptive Bezugsbildungseinrichtung angelegt. Entsprechend einem Merkmal der Erfindung erzeugt jedoch die adaptive Bezugsbildungseinrichtung 82 jeden der P Schätzwerte als lineare Kombination einer gemeinsamen Gruppe von N/P früheren Empfängerentscheidungen, wobei jede lineare Kombination als eine besondere Gruppe von P Gruppen von N/P Anzapfkoeffizienten gebildet wird und N eine gewählte Zahl gleich der Anzahl von Nyquist-Intervallen ist, über die sich die Entscheidungen erstrecken, die in der adaptiven Bezugsbildungseinrichtung 82 gespeichert sind.

Im einzelnen weist der Schiebeabschnitt 82 eine Wähllogik 114 und ein Schieberegister 116 mit N/P Stellen auf. Zusammen arbeiten diese beiden Bauteile als ein nach rechts zirkulierendes Schieberegister der Länge N/P. Beim Auftreten jeder Empfängerentscheidung, beispielsweise \hat{a}_n auf der Leitung 35, wird ein Wählsignal der Zeitsteuerungsschaltungen (nicht gezeigt) in der Endstelle 10' an die Wähllogik 114 gegeben. Dies bewirkt, dass die Empfängerentscheidung \hat{a}_n über die Wähllogik 114 zum Eingang des Schieberegisters 116

läuft. Zu allen anderen Zeitpunkten gibt jedoch die Wähllogik 114 das Ausgangssignal des Schieberegisters 116 auf der Leitung 119 an den Eingang des gleichen Schieberegisters. Demgemäss enthält das Schieberegister 116 immer die letzte Empfängerentscheidung \hat{a}_n und N/P-1 frühere Empfängerentscheidungen. Innerhalb des Schieberegisters 116 sind diese Entscheidungen auf der Grundlage ihres Auftretens geordnet. Kurz nachdem beispielsweise die Wähllogik eine neue Entscheidung zugelassen hat, ist die «älteste» Entscheidung, nämlich $\hat{a}_{n-(N/P-1)}$ in der am weitesten rechts liegenden Stelle (Ausgangsstelle) gespeichert, die nächstälteste Entscheidung ist eine Stelle weiter links gespeichert, und so weiter. Darüber hinaus wird der Inhalt des Schieberegisters 116 N/P mal während jedes Nyquist-Intervalls (Verarbeitungszyklus) verschoben, derart, dass in jedem Verarbeitungszyklus eine Folge von N/P gespeicherten Empfängerentscheidungen am Verbindungspunkt 118 erscheint. Demgemäss wird innerhalb jedes Baud-Intervalls diese geordnete Folge von N/P vergangenen Empfängerentscheidungen P-mal an den Verbindungspunkt 118 angelegt. Ausserdem wird das Register 116 kurz vor Anlegen jeder neuen Empfängerentscheidung um eine Stelle nach rechts verschoben. Vom Verbindungspunkt 118 aus gelangt die vollständige Folge über Leitungen 121 und 120 an die Abschnitte 82b bzw. 82c.

Der Fernend-Daten-Schätzwertabschnitt 82b benutzt die i-te Folge von P Folgen von Anzapfkoeffizienten während des i-ten Verarbeitungszyklus zur Erzeugung eines Fernend-Daten-Schätzwertes X_{M-D} . Die folgende Gleichung bestimmt die Arbeitsweise dieses Abschnitts:

$$X_{M-D} = \sum_{K=1}^{N/P} W_n^K(i) \hat{a}_{n-K+1} \quad \text{für } i = \text{mod}_P(M) \quad (1)$$

In dieser Gleichung stellt $W_n^K(i)$ den augenblicklichen Wert des K-ten Koeffizienten in der i-ten Folge der P Koeffizientenfolge dar. Der Wert der Modulo-Funktion $\text{mod}_P(M)$ ist gleich dem Rest des Quotienten M/P , beispielsweise $i=3$ für $M=11$, $P=4$. Man erkennt demgemäss, dass jeder während eines gegebenen Baudintervalls gebildete Fernend-Daten-Schätzwert eine lineare Kombination einer gemeinsamen, d.h. der gleichen Gruppe von N/P vergangenen Empfängerentscheidungen ist, wobei jede lineare Kombination durch eine entsprechende Gruppe von P Gruppen von N/P Anzapfkoeffizienten gebildet wird.

Im einzelnen wird während des ersten Nyquist-Intervalls im n-ten Baud-Intervall die gemeinsame Gruppe von N/P früheren Empfängerentscheidungen \hat{a}_{n-K+1} , $K=1, 2, \dots, N/P$ unter Verwendung der ersten Folge von Anzapfkoeffizienten, nämlich $W_n^K(1)$, $K=1, 2, \dots, N/P$, linear kombiniert, um den ersten Schätzwert von P Fernend-Daten-Schätzwerten zu bilden. Während der nachfolgenden Nyquist-Intervalle im gleichen Baud-Intervall wird die gleiche Gruppe von N/P Empfängerentscheidungen mit einer anderen Gruppe von N/P Anzapfkoeffizienten kombiniert, um weitere Schätzwerte für die Fernend-Daten zu erzeugen. Dieser Vorgang setzt sich fort, bis die gemeinsame Gruppe von N/P Empfängerentscheidungen mit allen P Gruppen von N/P Anzapfkoeffizienten verarbeitet worden ist.

Der Fernend-Daten-Schätzwertabschnitt 82b weist einen Funktionswähler 134, eine Arithmetikeinheit 136 und ein Register 142 auf. Beim vorliegenden Ausführungsbeispiel ist jede Empfängerentscheidung \hat{a}_n ternär, d.h. sie kann einen von drei Werten $+1$, -1 oder 0 annehmen. Zur Berechnung jedes Ausdrucks in der oben durch Gleichung (1) angegebenen Summe stellt der Funktionswähler 134 den Wert jeder Empfängerentscheidung auf der Leitung 121 fest und veranlasst abhängig von dem jeweiligen Wert die Arithmetikeinheit

136, eine bestimmte Operation mit den an ihre Eingänge A und B gegebenen Signalen durchzuführen. Im einzelnen wird die Arithmetikeinheit 136 dann, wenn die Empfängerentscheidung + 1 ist, veranlasst, die an ihren Eingängen A und B anstehenden Werte zu addieren. Wenn die Empfängerentscheidung - 1 ist, wird die Arithmetikeinheit 136 veranlasst, den an ihrem Eingang A anstehenden Wert von dem am Eingang B anliegenden Wert zu subtrahieren. In beiden Fällen wird das Ergebnis an den Ausgang 0 gegeben. Wenn zum dritten die Empfängerentscheidung 0 ist, gibt die Arithmetikeinheit 36 einfach nur den Wert an ihrem Eingang B an den Ausgang 0. Das an den Eingang B angelegte Signal ist das Ausgangssignal des Registers 142, und das Signal am Eingang A ist die Folge von Anzapfkoeffizienten $W_n^K(i)$ ($K = 1, 2, \dots, N/P$). Das Register 142 speichert kurzzeitig das von der Arithmetikeinheit 136 erzeugte Ergebnis und gibt es an deren Eingang B zur Verwendung bei der nachfolgenden Berechnung. Der Inhalt des Registers 142 wird zu Anfang jedes Verarbeitungszyklus durch Anlegen eines Löschsymbols (das von nicht dargestellten Schaltungen erzeugt wird) auf 0 eingestellt. Durch zeitweiliges Speichern aufeinander folgender Ergebnisse enthält also das Register 142 einen laufenden Gesamtwert für die Ergebnisse aller vorhergehender Operationen, die während eines Nyquist-Intervalls bei der Berechnung von Gleichung (1) durchgeführt worden sind. Am Ende jedes Verarbeitungszyklus, in dem N/P Entscheidungen und Anzapfkoeffizienten verarbeitet worden sind, ist das Ausgangssignal der Arithmetikeinheit 136, das am Verbindungspunkt 138 und auf der Leitung 83 erscheint, der Schätzwert X_{M-D} Fernendatenkomponente.

Der Anzapfkoeffizienten-Speicher- und -Aktualisierungsabschnitt 82c speichert die P Anzapfkoeffizientenfolgen und bringt sie adaptiv auf den neuesten Stand. Im einzelnen wird

ein Koeffizient dadurch aktualisiert, dass sein Wert um einen Korrekturfaktor verändert wird, der gleich dem Produkt aus einem Aktualisierungsfehlersignal - das bei diesem Ausführungsbeispiel gleich einem Adaptionsfehlersignal ist - und einer Empfängerentscheidung ist.

Im einzelnen müssen die Koeffizienten in einer bestimmten Folge abhängig von dem jeweiligen Aktualisierungsfehlersignal auf den neuesten Stand gebracht werden, das aufgrund der Verwendung dieser Folge im Abschnitt 82b gebildet worden ist. Demgemäss können die Koeffizienten der i-ten Folge aufgrund eines Signals $\gamma_{E_{M-D}}$ aktualisiert werden, wobei wie in Gleichung (1) $i = \text{mod}_p(M)$ ist. Wie jedoch die nachfolgende Erläuterung zeigen wird, werden jedoch die Werte der Koeffizienten in der i-ten Folge bei diesem Ausführungsbeispiel aktualisiert, bevor der Schätzwert X_{M-D} und demgemäss das Signal $\gamma_{E_{M-D}}$ gebildet worden sind.

Als Ergebnis aktualisiert der Abschnitt 82c die Koeffizienten der i-ten Folge unter Ansprechen auf das Signal $\gamma_{E_{M-D-P}}$. Dieses Signal ist gleich demjenigen Signal der P Adaptionsfehlersignale, welches im vorhergehenden, d.h. (n - 1)-ten Baud-Intervall gebildet worden ist, das der i-ten Koeffizientenfolge entspricht.

Wie oben angegeben, beinhaltet die Aktualisierung die Multiplikation des Aktualisierungsfehlersignals mit einer Empfängerentscheidung. Dies ist diejenige Entscheidung, mit der der gerade aktualisierte Koeffizient in dem Baud-Intervall multipliziert worden ist, in welchem das Fehlersignal gebildet wurde. Bei diesem Ausführungsbeispiel lautet die entsprechende Entscheidung dann: \hat{a}_{n-K} , $K = 1, 2, \dots, N/P$.

Als Folge des vorstehenden Verfahrens wird die Arbeitsweise des Abschnitts 82c, d.h. die Adaption der Anzapfkoeffizienten, durch die folgende Gleichung beherrscht:

$$W_{n+1}^K(i) = W_n^K(i) + \gamma_{E_{(M-D-P)}} \hat{a}_{n-K} \text{ für } \begin{cases} K = 1, 2, \dots, N/P \\ i = \text{mod}_p(M) \end{cases} \quad (2)$$

Aus dieser Gleichung ergibt sich, dass eine andere Folge der P Folgen von Anzapfkoeffizienten während jedes Verarbeitungszyklus aktualisiert wird, so dass jede der P Anzapfkoeffizientenfolgen während jedes Baud-Intervalls auf den neuesten Stand gebracht wird.

Der Koeffizientenspeicher- und Aktualisierungsabschnitt 82c weist Ein-Baud-Verzögerungsschaltungen 90 und 117, einen Funktionswähler 122, eine Arithmetikeinheit 124, einen Demultiplexer 123, Schieberegister 126a bis 126p und einen Multiplexer 125 auf. Der Funktionswähler 122 arbeitet auf ähnliche Weise wie der Funktionswähler 134 im Abschnitt 82b. Im einzelnen veranlasst der Funktionswähler 122 die Arithmetikeinheit 124, eine von drei Operationen mit ihren Eingangssignalen A und B durchzuführen, um aktualisierte Anzapfkoeffizienten $W_n^K(i)$ entsprechend Gleichung (2) zu berechnen. Genauer liefert abhängig vom Wert, nämlich + 1, - 1 oder 0, jeder der von der Ein-Baud-Verzögerungsschaltung 117 gelieferten Empfängerschaltungen die Arithmetikeinheit 124 als Wert des aktualisierten Koeffizienten die Summe der Signale an ihren Eingängen A und B bzw. die

Differenz zwischen den Werten dieser Signale oder den Wert des Signals am Eingang B. Das Signal, das dem Eingang A über die Leitung 91 zugeführt wird, ist das Signal $\gamma_{E_{D-P}}$, das von der Ein-Baud-Verzögerungsschaltung 90 geliefert wird. Das an den Eingang B über die Leitung 127 und den Verbindungspunkt 128 gelieferte Signal ist der Wert des Anzapfkoeffizienten $W_n^K(i)$.

Im Abschnitt 82c wird jede Gruppe von N/P Anzapfkoeffizienten in einem entsprechenden Schieberegister von P Schieberegistern 126a, 126b . . . , 126p gespeichert. Der Wert des auf der Leitung 115 gelieferten Signals PH gibt an, welche der P Gruppen von Anzapfkoeffizienten über den Demultiplexer 123 und den Multiplexer 125 geführt werden sollen. Der Wert des Signals PH wird während jedes aufeinanderfolgenden Verarbeitungszyklus inkrementiert und zu Beginn jedes Baud-Intervalls zurückgestellt. Auf diese Weise wird während jedes Verarbeitungszyklus eine andere Gruppe von N/P Anzapfkoeffizienten für die Aktualisierung ausgewählt, und alle P Gruppen werden während jedes Baud-Intervalls auf den neuesten Stand gebracht.

FIG. 1

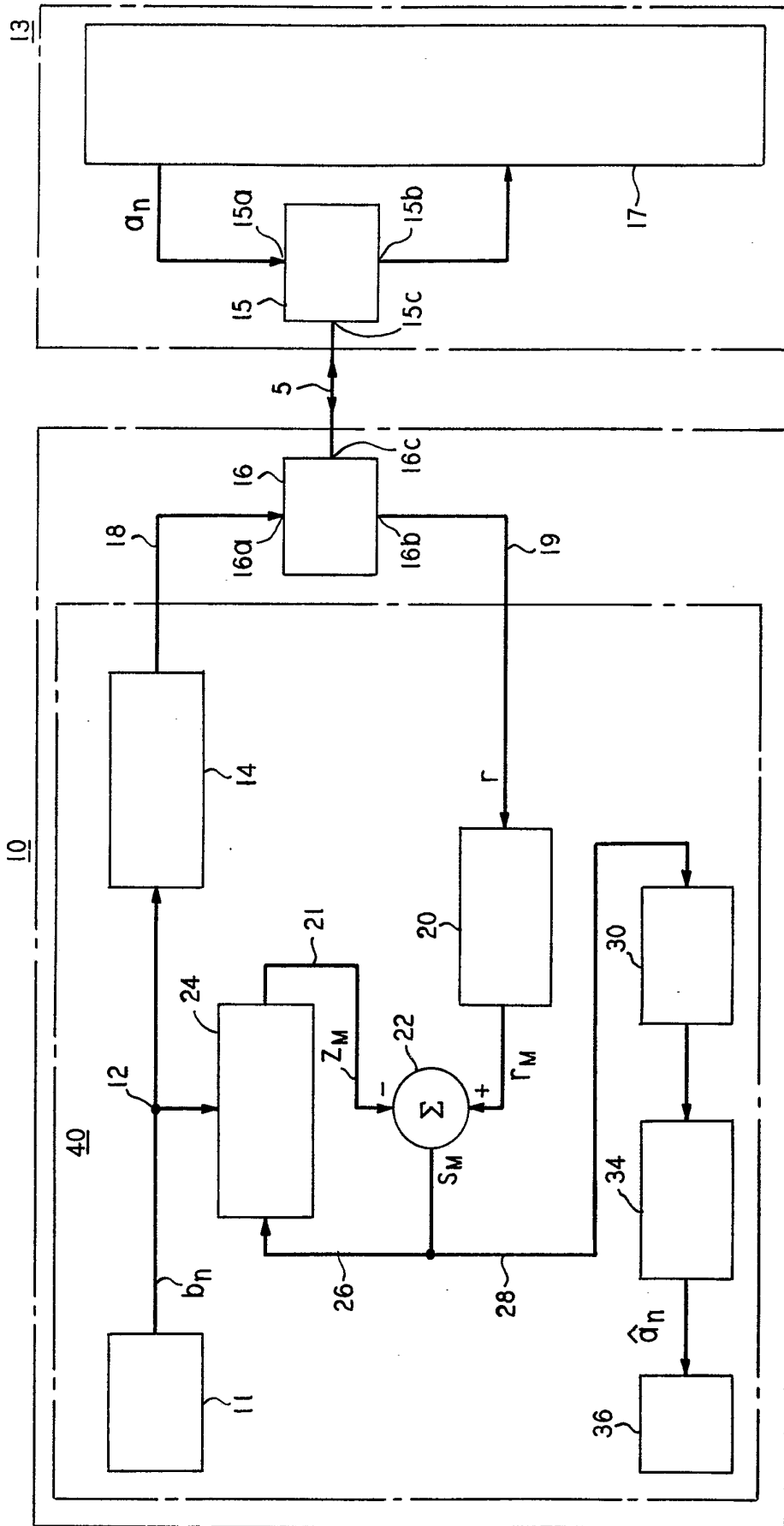


FIG. 2

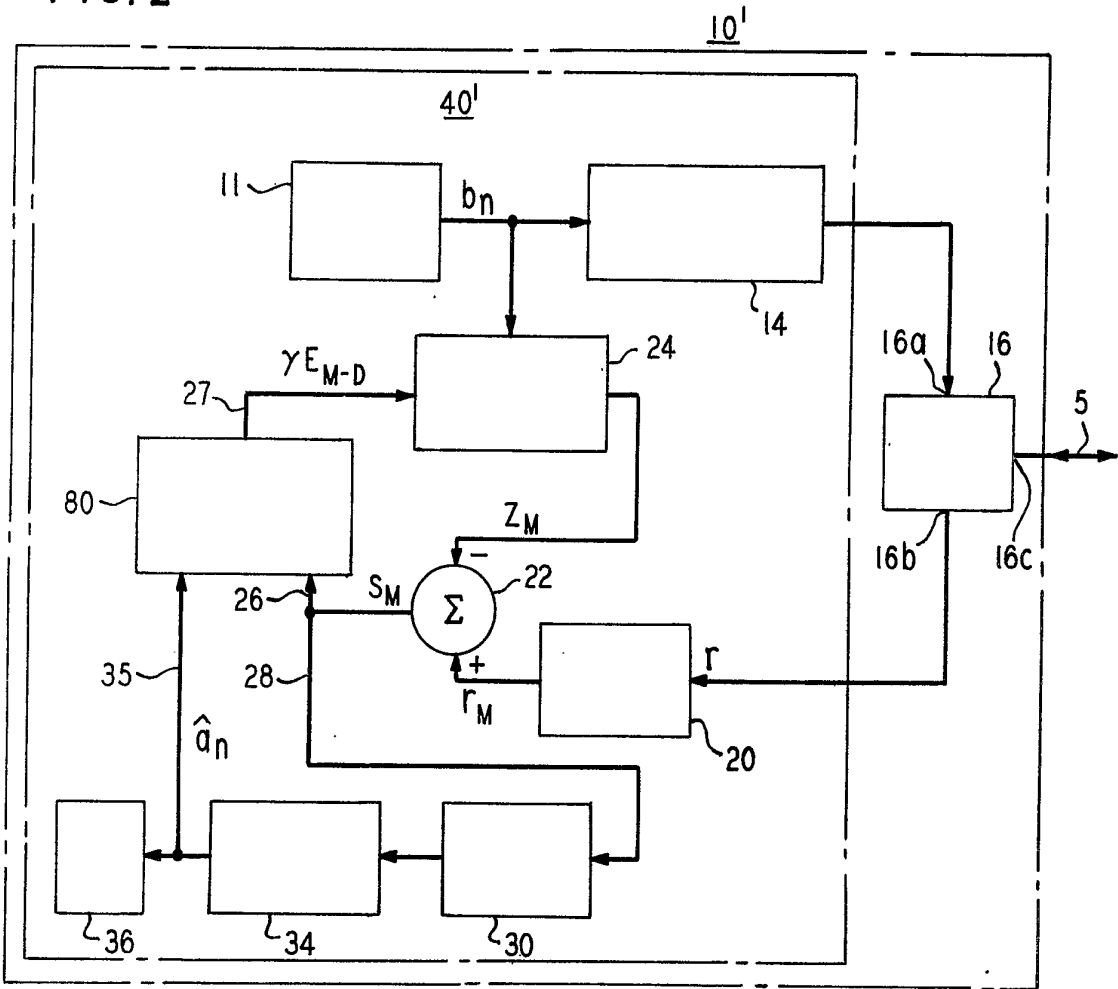


FIG. 3

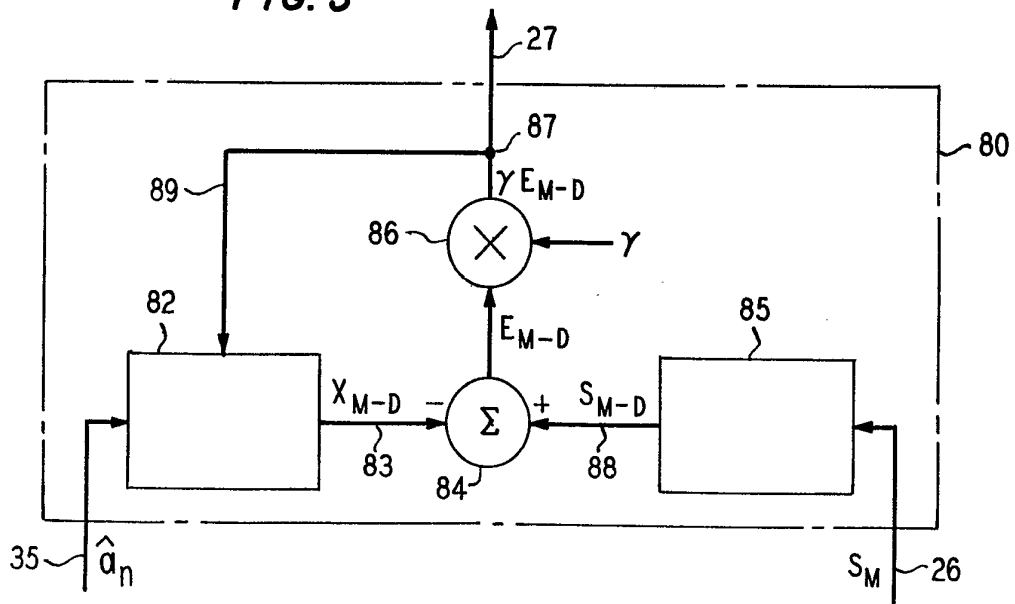


FIG. 4

