



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

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑳ Gesuchsnummer: 806/82

㉒ Anmeldungsdatum: 10.02.1982

⑳ Priorität(en): 10.02.1981 GB 8104087

㉔ Patent erteilt: 15.12.1986

④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 15.12.1986

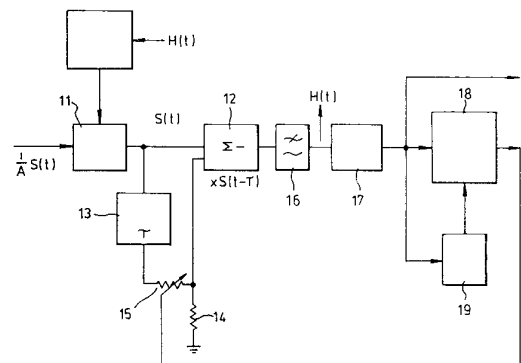
⑦③ Inhaber:
International Standard Electric Corporation, New York/NY (US)

⑦② Erfinder:
Murray, James Andrew, Sawbridgeworth/Herts (GB)
Nyman, David, New Barnet/Herts (GB)

⑦④ Vertreter:
Dipl.-El.-Ing. Hans F. Bucher, Bern

⑤④ Adaptiver Entzerrer.

⑤⑦ Bei einem digitalen System, bei welchem PCM-codierte Sprachsignale über verdrehte Aderpaare, welche für Sprachübertragung im Basisband optimal ausgelegt sind, übertragen werden, sind insbesondere die hinteren Flanken der Impulssignale stark verzerrt, was Zwischenzeicheninterferenz mit dem nächsten Impuls bewirken kann. Um dies zu verhindern, wird das Eingangssignal über einen Verstärker (11) an einen Eingang einer Subtraktionsschaltung (12) angelegt, an deren anderem Eingang dasselbe Signal anliegt, das jedoch in einer Verzögerungsschaltung (13) verzögert und in einem einstellbaren Abschwächer (14, 15) abgeschwächt ist. Das Ausgangssignal der Subtraktionsschaltung gelangt an einen Tiefpass (16), an dessen Ausgang das Ausgangssignal des Entzerrers erscheint. Dasselbe Signal steuert über einen Impulsformer (17) eine Entzerrungsfehler-Korrekturschaltung (18), deren Ausgangssignal den einstellbaren Abschwächer (14, 15) so steuert, dass die rückseitige Impulsflanke derart entzerrt wird, dass sie in der Mitte des nächsten Bitintervalls Null ist.



PATENTANSPRÜCHE

1. Adaptiver Entzerrer zur empfangsseitigen Entzerrung eines in Impulsform übertragenen Nachrichtensignals, dadurch gekennzeichnet, dass einem Empfangsverstärker (11) eine Subtraktionsschaltung (12) nachgeschaltet ist, deren einer Eingang direkt mit dem Ausgang des Empfangsverstärkers und deren anderer Eingang über eine invertierende Verzögerungsschaltung (13) und einen einstellbaren Abschwächer (14, 15) mit dem Ausgang des Empfangsverstärkers verbunden ist, wobei die Verzögerungszeit und die Abschwächung derart gewählt sind, dass die Verzerrung der Abtriegsflanke eines übertragenen Impulses praktisch aufgehoben wird.

2. Entzerrer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Ausgang der Subtraktionsschaltung (12) über ein Tiefpassfilter (16) und eine Impulsformerstufe (17) mit einer adaptiven Entzerrungsfehler-Korrekturschaltung (18) und einer Taktextraktionsschaltung (19) verbunden ist, und dass das Ausgangssignal der Korrekturschaltung den einstellbaren Abschwächer (14, 15) derart beeinflusst, dass die Amplitude eines Impulses des nächsten Taktsignals praktisch Null ist.

3. Entzerrer nach Anspruch 2 für die Entzerrung eines Nachrichtensignals, das in ternärer Form übertragen wird, dadurch gekennzeichnet, dass die adaptive Entzerrungsfehler-Korrekturschaltung (18) den Abschwächer (14, 15) so steuert, dass die Subtraktionsschaltung nur dann ein Subtraktionssignal erhält, wenn auf einen positiven oder negativen Impuls ein Signal mit Pegel Null folgt.

Die vorliegende Erfindung trifft einen adaptiven Entzerrer zur Verwendung bei digitaler Nachrichtenübertragung.

Wenn die PCM-Codierung bereits beim Teilnehmer geschieht, ist die Übertragung von PCM-Impulssignalen auf Kabeln mit verdrehten Aderpaaren notwendig. Für ein PCM-Signal, das nach dem A-Gesetz codiert wurde, ergibt sich eine Basis-Impulsrate von 64 kbit/s. Bei Telefonanlagen mit digitalem Verkehr bis zum Teilnehmer erhöht die Notwendigkeit von zusätzlichen Bits für Synchronisation und Signalisierung diese Bitrate auf 80 kbit/s. Für Duplexbetrieb auf einem Aderpaar kann eine 2-Draht/4-Draht-Gabeltechnik verwendet werden, in welchem Fall die Übertragungsrate auf 80 kbit/s verbleibt, oder es kann eine zeitliche Trennung verwendet werden. In diesem Fall wird eine Anzahl von PCM-Worten, zum Beispiel ein ganzer Rahmen, zusammengestellt und mit einer höheren Bitrate übertragen, üblicherweise in der Grössenordnung von drei mal der normalen Bitrate, wobei das Aderpaar dann abwechselnd Impulspakete in unterschiedlicher Richtung überträgt.

Da die relativ hohen Bitraten über verdrehte Aderpaare übertragen werden müssen, die für eine optimale Übertragung im Tonfrequenzbereich ausgelegt sind, erscheinen die Impulse am Ende der Leitung beträchtlich abgeschwächt und verzerrt. Fig. 1a zeigt die Verzerrung eines Impulses von 2 μ s Dauer beim Empfang am Ende von 4 km Kabel mit 0,4 mm Aderdurchmesser. Es ist ein verstärktes Signal gezeigt und es ist ersichtlich, dass die Vorderflanke des Impulses noch relativ gut erhalten ist, dass jedoch die rückwärtige Flanke einen sehr langsamen Abfall aufweist, was eine Zwischenzeichen-Interferenz verursachen kann. Bei einer kontinuierlichen Übertragung, bei welcher Impulse von beiden Polaritäten oder von Null aufeinanderfolgend übertragen werden können, ist es erwünscht, die Dauer von Impulsen auf zwei Taktintervalle zu beschränken, d.h. dass sie in der Mitte des nächsten Impulses Null sind und einen Maximalwert in ihrer Mitte aufweisen.

Es ist nun Aufgabe der Erfindung, einen Entzerrer vorzusehen, welcher den vorgenannten Wunsch erfüllen kann. Gelöst wird diese Aufgabe durch die im Kennzeichen des 1. Anspruchs

genannten Merkmale. Vorteilhafte Weiterbildungen können den abhängigen Ansprüchen entnommen werden.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nun anhand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

die Fig. 1 und 2 Signalformen, welche zur Erklärung der Erfindung benützt werden;

die Fig. 3 ein einfaches Blockschema zur Erklärung des Prinzips der Entzerrung; und

die Fig. 4 ein etwas vereinfachtes Blockschema eines erfindungsgemässen Entzerrers mit adaptiver Einstellung der Verzögerung.

Das Prinzip des Entzerrers wird anhand der Signalformen von Fig. 1 erläutert. Wie bereits erwähnt, zeigt die Fig. 1 ein Beispiel eines empfangenen Impulses, der von der Übertragung über die Leitung stammende Verzerrungen aufweist. Es ist besonders zu bemerken, dass die ärgste Verzerrung im langsamen Abfall der rückwärtigen Flanke des Impulses besteht. Um diese Verzerrung minimal zu machen oder zu eliminieren, wird ein Teil des Hauptsignals $S(t)$ um eine Dauer τ verzögert, um $xS(t-\tau)$ zu erhalten, wobei $0 \leq x \leq 1$ ist, und dieses Signal wird vom Hauptsignal subtrahiert. Der verzögerte Bruchteil eines Signals ist in Fig. 1b in invertierter Form gezeigt und aus Fig. 1c ist das Resultat der Subtraktion ersichtlich. Die Dauer τ und der Bruchteil x werden so gewählt, dass die Mitte des Hauptimpulses unbeeinflusst bleibt und dass das Signal an jenem Punkt, welcher der Mitte des benachbarten Impulses entspricht, den Wert Null erreicht.

Obwohl die Impulsdauer mit 2 μ s angegeben wurden, wird angenommen, dass die Impulsrepetitionsperiode 4 μ s sei. Dann liegt die optimale Dauer für τ zwischen einer halben und einer ganzen Bitperiode, d.h. in diesem Falle zwischen 2 und 4 μ s, und zwar abhängig von der Vorderflanke des empfangenen Impulses. Es wurde gefunden, dass es für die Optimierung der Bandbreite wünschenswert ist, die Verzögerung auf einer Bitperiode festzulegen. Der Bruchteil des erforderlichen Signals ist direkt abhängig vom Grad der Verzerrung und ist gleich jenem Teil des Hauptsignals, welcher 4 μ s nach dem Spitzenwert noch vorhanden ist. Die Technik der Impulsentzerrung ist abhängig vom Grad der Verzerrung und unabhängig vom Absolutwert der Amplitude.

Das System, dessen Prinzip beschrieben wurde, wird nun adaptiv gemacht, um unterschiedliche Grade von Verzerrung, d.h. unterschiedliche Leitungstypen und Längen zu kompensieren, indem ein Algorithmus aufgestellt wird, welcher den Rest von jedem gegebenen Impuls in der Mitte des nächsten Impulses auf Null bringt. Dies wird in der nachfolgenden Tabelle für eine ternäre Übertragung, d.h. für den AMI-Code gezeigt:

	Polarität Impuls (n-1)	Polarität Impuls n	Korrektur
	0	0	nein
	+	-	nein
55	+	0	ja
	-	+	nein
	-	0	ja
	0	+	nein
60	0	-	nein

Es ist ersichtlich, dass eine Korrektur nur beim Übergang von einem positiven oder einem negativen Impuls auf Null durchgeführt wird. Eine einfache Datenverwürfelungstechnik stellt sicher, dass eine hinreichende Anzahl von Fehlerkorrekturperioden vorhanden sind, welche über eine geeignete Zeit gemittelt werden können.

Dieser Korrektur-Algorithmus ist schematisch in Fig. 2 ge-

zeigt, wobei bei Fig. 2a ein positiver Impuls durch Null gefolgt wird und in Fig. 2b ein negativer Impuls durch Null gefolgt wird. Die Linie 1 entspricht der Mitte der nächsten Bitperiode und die ausgezogene Linie ist ein richtig entzerrter Impuls. Die Linie 2 zeigt den Zustand, in welchem der Impuls zu wenig entzerrt ist, x also erhöht werden muss. Die Linie 3 zeigt den Fall, bei welchem der Impuls zu stark entzerrt wurde, x also verkleinert werden muss. In ähnlicher Weise zeigt in Fig. 2b die Linie 4 einen zu stark entzerrten Impuls, bei welchem x verkleinert werden muss, während Linie 5 einen zu schwach entzerrten Impuls zeigt, bei welchem x erhöht werden muss. Bei Impulsformen gemäss den Linien 2 und 5 muss x also erhöht werden, während bei Formen gemäss Linien 3 und 4 x vermindert werden muss.

Für 2-Pegel-Codes, wie z.B. den Millercode oder den Dipulscode, ist der Korrekturalgorithmus einfacher, da bei diesem Code ein Übergang an der Bitgrenze bei 7 in Fig. 2c vorhanden ist, welcher entweder zu früh ist, wie bei Linie 8 bei Überentzerrung oder zu spät ist, wie bei Linie 9 bei Unterentzerrung.

Ein Entzerrer gemäss den oben erwähnten Prinzipien wurde für die Verwendung für einen verwürfelten AMI-Code bei einer Bitrate von 256 kbit/s ausgelegt und ergab gute Resultate über eine Leitungslänge von 8 km eines Teilnehmerkabels mit Kupferadern von 0,5 mm Ø, wie dies auch aus dem Augendiagramm von Fig. 5 ersichtlich ist.

Das Prinzip der Entzerrung mit Verzögerung ist in Fig. 3 gezeigt und durch die folgende Gleichung definiert:

$$H(\omega) = S(\omega) \{1 - xe^{-j\omega\tau}\}$$

Anhand Fig. 4, welche ein etwas vereinfachtes Blockschema eines Entzerrers zeigt, folgt nun eine ausführliche Beschreibung der obigen Prinzipien.

Im Blockschema nach Fig. 4 wird das ankommende Signal

bezeichnet $\frac{1}{A}S(t)$, wobei $\frac{1}{A}$ andeutet, dass das Signal bei der

Übertragung über die Leitung abgeschwächt wurde. Dieses Signal wird an einen Verstärker 11 mit automatischer Verstärkungsgradregelung angelegt, dessen Ausgangssignal das ver-

stärkte Signal $S(t)$ ist. Die automatische Verstärkungsregelung stellt sicher, dass das Ausgangssignal dieses Verstärkers eine praktisch konstante Amplitude aufweist. Das Signal $S(t)$ wird direkt an einen Eingang einer Subtraktionsschaltung 12 und an eine lineare Verzögerungsschaltung 13 angelegt, welche Schaltung eine Verzögerung τ bewirkt. Die Verbindung von der Verzögerungsschaltung 13 zum andern Eingang der Subtraktionsschaltung 12 erfolgt über ein Dämpfungsglied, das durch einen festen Widerstand 14 und einen einstellbaren Widerstand 15 dargestellt wird.

Das Ausgangssignal der Subtraktionsschaltung gelangt an ein Tiefpassfilter 16, dessen Ausgangssignal das Ausgangssignal des Entzerrers ist und ebenso an einen Impulsformer 17, dessen Ausgangssignal an eine Entzerrungsfehler-Korrekturschaltung 18 und an die Taktextraktionsschaltung 19 gelangt. Die letztere Schaltung steuert die Schaltung 18, deren Ausgangssignal kennzeichnend ist für den Fehlerzustand des empfangenen Signals und das verwendet wird zur Einstellung des variablen Dämpfungsgliedes, wie dies durch die Verbindung zum variablen Widerstand 15 angedeutet ist. Der Wert von x wird also in der vorher beschriebenen Weise verändert.

Mit der oben beschriebenen Technik wäre es auch möglich, Echos zu löschen, die durch Unstetigkeiten, z.B. in Verteilerkästen längs der Übertragungsleitung, bewirkt wurden. Dies würde einen weitem, um 2τ verzögerten Abgriff und eine getrennte Steuerung für den Wert von x bedingen. Der Fehleralgorithmus müsste dann eine Korrektur für zwei aufeinanderfolgende Nullen aufweisen, wobei ein iteratives Vorgehen möglich wäre.

Es sollen nun noch kurz die Fig. 5a und 5b erläutert werden, welche Figuren von Fotografien des Augendiagramms des Entzerrers abgeleitet sind, der die 8 km Teilnehmerkabel mit 0,5 mm Aderdurchmesser entzerrt. Die Information wird mit 256 kbit/s unter Verwendung eines verwürfelten AMI-Codes übertragen. Die Fig. 5a zeigt das Augendiagramm auf der Empfangsseite nach automatischer Verstärkungsgradsteuerung und Entzerrung. In Fig. 5b ist in der oberen Zeile das Augendiagramm auf der Empfangsseite nach der Entzerrung, in der mittleren Zeile das empfangene Signal vor der Entzerrung und in der unteren Zeile das Sendesignal gezeigt.

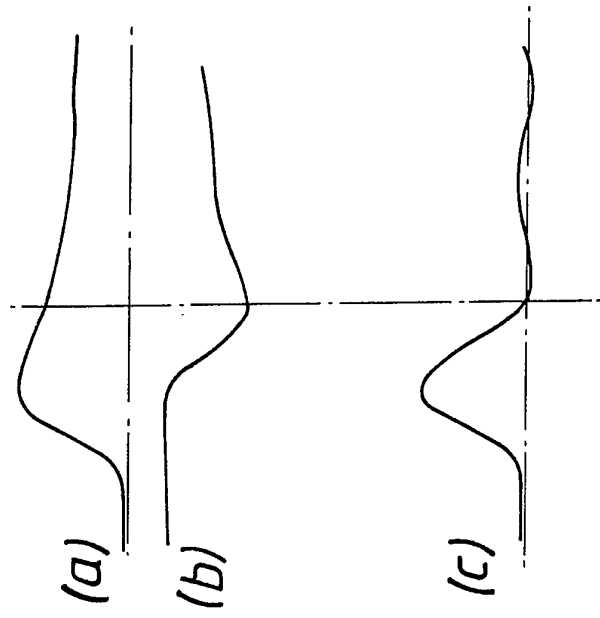


Fig. 1.

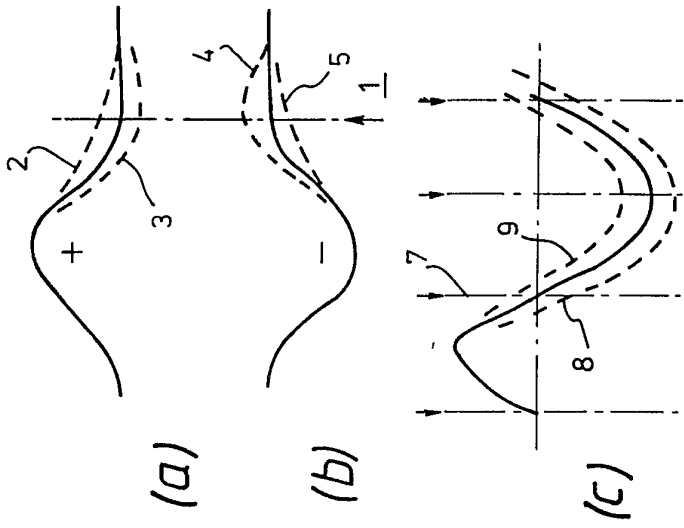


Fig. 2.

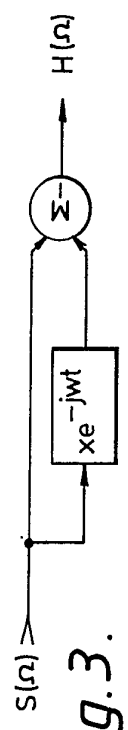


Fig. 3.

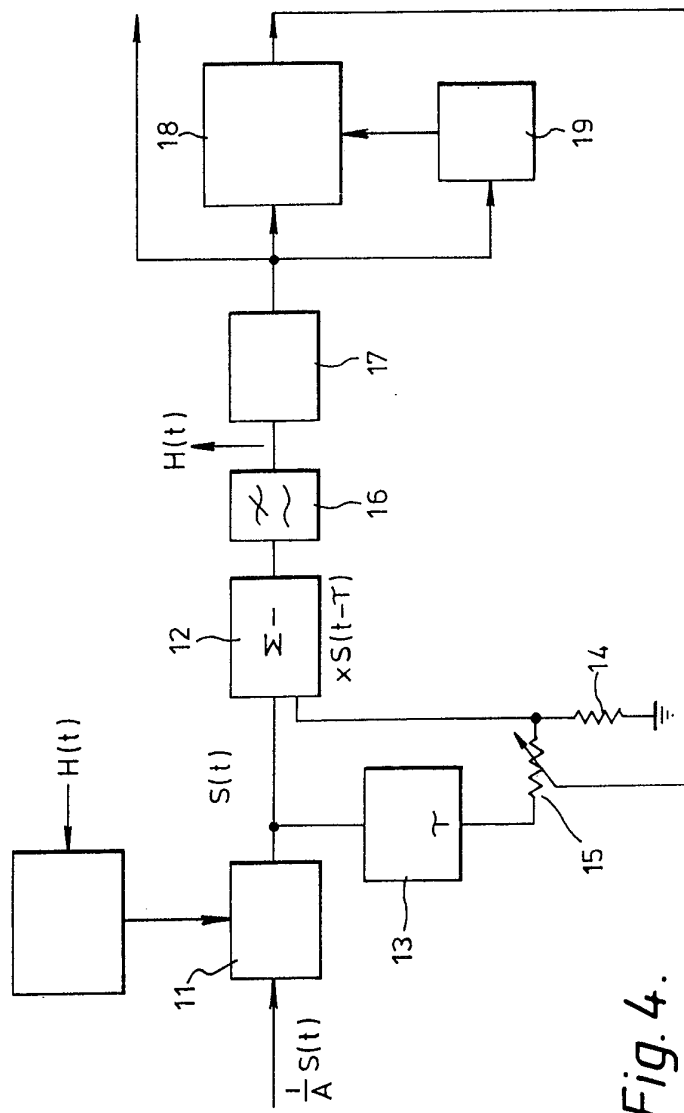


Fig. 4.

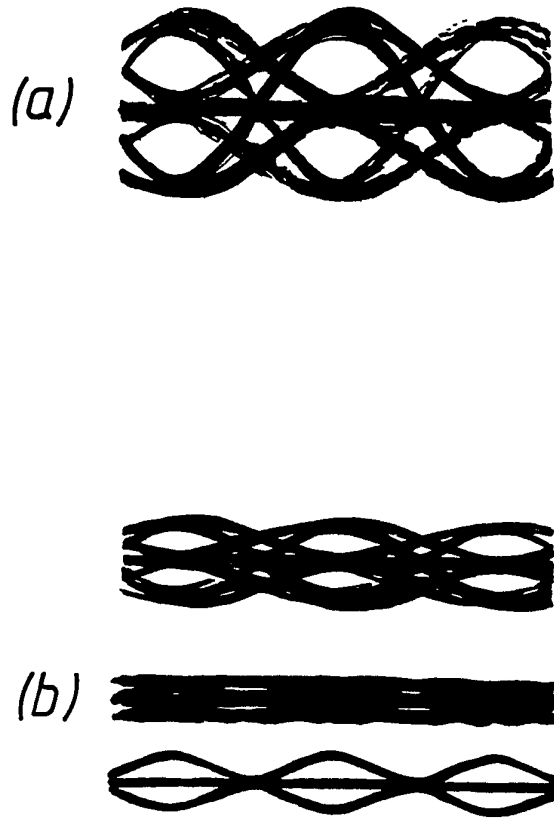


Fig. 5.