

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
24. Dezember 2003 (24.12.2003)

PCT

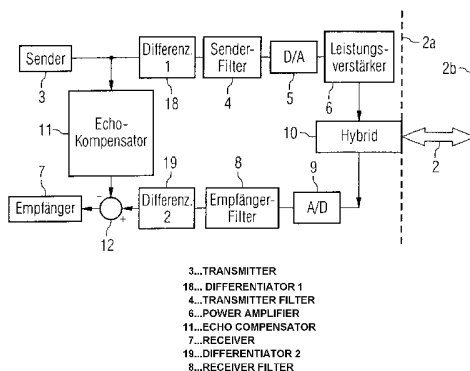
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/107558 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H04B 3/46** (72) **Erfinder; und**
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP03/05055 (75) **Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHENK, Heinrich**
(22) Internationales Anmeldedatum: 14. Mai 2003 (14.05.2003) (74) **Anwalt: CHARLES, Glyndwr**; Patentanwälte, Reinhard, Skuhra, Weise & Partner GbR, Friedrichstrasse 31, 80801 München (DE).
(25) Einreichungssprache: Deutsch (81) **Bestimmungsstaaten (national):** CN, JP, KR, US.
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (84) **Bestimmungsstaaten (regional):** europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).
(30) Angaben zur Priorität: 102 26 347.7 13. Juni 2002 (13.06.2002) DE
(71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): INFINEON TECHNOLOGIES AG** [DE/DE]; St.-Martin-Strasse 53, 81669 München (DE). **Veröffentlicht:**
— mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** METHOD AND CIRCUIT ARRANGEMENT FOR DETERMINING TRANSMISSION PARAMETERS

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN UND SCHALTUNGSANORDNUNG ZUM ERMITTELN VON ÜBERTRAGUNGSPARAMETERN



(57) **Abstract:** Disclosed are a method and a circuit arrangement for determining parameters of a transmission path (2) in a telecommunication system by means of a transceiver device (1) comprising a transmitter (3) and a receiver (7). In order to determine transmission parameters such as the signal propagation time, line length, and line attenuation from the echo pulse response, a transmission signal having a predefined transmission power and a predefined baud rate ($f < SB > T < /SB >$) is sent across the transmission path (2), and an echo signal comprising at least one echo component of a starting point (2a) of a line of the transmission path (2) and an echo component of a terminal point (2b) of the line of the transmission path (2) is sampled. The echo of the starting point of the line and the echo of the terminal point of the line are shortened by a shortening filter (18, 19), a correlation function is calculated from the echo signal and a correlation signal in a correlation function step (20), an envelope function of the correlation function is calculated in an envelope function step (21), the envelope function is evaluated, and an output signal is generated in an evaluation step (25) according to the relative chronological position and amplitude of the echo of the starting point of the line and/or the echo of the terminal point of the line.

(57) **Zusammenfassung:** Verfahren und Schaltungsanordnung zum Ermitteln von Übertragungsparametern Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Ermitteln von Parametern einer Übertragungsstrecke (2) in einem Telekommunikationssystem durch eine Sende-/Empfangsvorrichtung (1) mit einem Sender (3) und einem Empfänger (7). Um Übertragungsparameter wie z.B. die Signallaufzeit, die Leitungslänge

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 03/107558 A1



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

und die Leitungsdämpfung aus der Echoimpulsantwort zu ermitteln, wird ein Sendesignal über die Übertragungsstrecke (2) mit einer vorgegebenen Sendeleistung und mit einer vorgegebenen Baudrate () gesendet und ein Echosignal abgetastet, das wenigstens eine Echokomponente von einem Leitungsanfang (2a) der Übertragungsstrecke (2) und eine Echokomponente von einem Leitungsende (2b) der Übertragungsstrecke (2) aufweist. Das Leitungsanfangsecho und das Leitungsendecho wird durch ein Verkürzungsfilter (18, 19) verkürzt, eine Korrelationsfunktion aus dem Echosignal und einem Korrelationssignal in einer Korrelationsfunktionsstufe (20) berechnet, eine Einhüllendenfunktion der Korrelationsfunktion in einer Einhüllendenfunktionsstufe (21) berechnet und die Einhüllendenfunktion ausgewertet und ein Ausgangssignal in Abhängigkeit von der relativen zeitlichen Lage und Amplitude des Leitungsanfangsechos und/oder des Leitungsendechos in einer Auswertungsstufe (25) erzeugt.

Beschreibung

Verfahren und Schaltungsanordnung zum Ermitteln von Übertragungsparametern

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung zum Ermitteln von Übertragungsparametern nach dem Oberbegriff von Anspruch 1 bzw. Anspruch 10.

- 10 Die US 6279022 B1 beschreibt ein System zur Erfassung der Grenzen von Multiton-Datensymbolen, die zwischen zwei Transceivern übertragen werden. Dabei werden die Parameter in der Übertragungsstrecke ermittelt und ein Sendesignal mit mindestens einem Einzelimpuls über die Übertragungsstrecke mit einer vorgegebenen Sendeleistung und mit einer vorgegebenen Baudrate gesendet. Das übertragene Signal wird durch den Empfänger abgetastet. Durch ein FIR-Filter wird das empfangene Signal verkürzt. In einer Korrelationsfunktionsstufe wird eine Korrelationsfunktion aus dem empfangenen Signal und einem Korrelationssignal berechnet. In Abhängigkeit von der relativen zeitlichen Lage und der Amplitude des empfangenen Signals wird in einer Auswertungsstufe ein Ausgangssignal erzeugt.

- 25 In Kummer „Grundlagen der Mikrowellentechnik“, Kapitel 9.4.2.5., Seiten 383-385 VEB Verlag Technik Berlin, 1. Auflage, wird ein Messaufbau mit einem Zeitbereichsreflektormeter beschrieben.

- 30 Die DE 695 21 169 T2 beschreibt ein System und ein Verfahren zur diskreten Radarerkennung, wobei ein Mehrträgersignal wiederholt über mehrere Perioden ausgesendet wird und bei Empfang eine angepasste Filterung durchgeführt wird. Das Mehrträgersignal ist vom OFDM-Typ mit zueinander orthogonalen Signalträgern.

35

Aus Wilhelm Cauer „Theorie der linearen Wechselstrom-Schaltungen“, Akademie-Verlag Berlin, Band II 1960, Seiten

940-944 ist ein System zur Nachrichtenübertragung durch hochfrequente phasenverzernte Impulse bekannt.

Übertragungstechnische Parameter einer Übertragungsstrecke werden üblicherweise dadurch ermittelt, dass das Signal ausgewertet wird, das bei nach dem Aussenden von speziellen Messsignalen empfangen wird. Hierbei muss das Übertragungssystem an beiden Seiten mit der Messeinrichtung verbunden werden. Dies ist insbesondere bei Übertragungsstrecken mit einer größeren geometrischen Ausdehnung sehr aufwendig.

Es sind Verfahren bekannt, bei denen periodisch Einzelimpulse gesendet und das Echosignal am Empfängereingang abgetastet wird, um die Echoimpulsantwort zu ermitteln. Durch Optimierungsverfahren lassen sich aus der Echoimpulsantwort die gewünschten Leitungsparameter ableiten.

Da die Optimierungsverfahren sehr komplex sind, werden sie nur in Fällen angewendet, die diesen Aufwand rechtfertigen.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren anzugeben und eine Schaltungsanordnung zu schaffen, um Übertragungsparameter wie z.B. die Signallaufzeit, die Leitungslänge und die Leitungsdämpfung aus der Echoimpulsantwort zu ermitteln.

Diese Aufgabe wird gelöst durch das Verfahren zum Ermitteln von Parametern einer Übertragungsstrecke in einem Telekommunikationssystem nach Anspruch 1 bzw. die Sende-/ Empfangsvorrichtung nach Anspruch 11. Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird ebenfalls die gemessene Echoimpulsantwort zugrundegelegt. Das erfindungsgemäße Verfahren zum Ermitteln von Parametern einer Übertragungsstrecke in einem Telekommunikationssystem durch eine Sende-/ Empfangsvorrichtung mit einem Sender und einem Empfänger mit

den Schritten: Senden von einem Sendesignal mit wenigstens einem Einzelimpuls durch den Sender über die Übertragungsstrecke mit einer vorgegebenen Sendeleistung und mit einer vorgegebenen Baudrate, Abtasten eines Echsignals in dem Empfänger, wobei das Echsignal wenigstens eine Echokomponente des Sendesignals von einem Leitungsanfang der Übertragungsstrecke und eine Echokomponente des Sendesignals von einem Leitungsende der Übertragungsstrecke aufweist, ist gekennzeichnet durch die Schritte Verkürzen des Leitungsanfangsechos und des Leitungsendechos durch ein Verkürzungsfilter, Berechnen einer Korrelationsfunktion aus dem Echsignal und einem Korrelationssignal in einer Korrelationsfunktionsstufe, Berechnen einer Einhüllendenfunktion der Korrelationsfunktion in einer Einhüllendenfunktionsstufe, Auswerten der Einhüllendenfunktion und Erzeugen eines Ausgangssignals in Abhängigkeit von der relativen zeitlichen Lage und Amplitude des Leitungsanfangsechos und/oder dem Leitungsendechos in einer Auswertungsstufe.

Dabei kann das Korrelationssignal das Sendesignal (Kreuzkorrelation) oder das Echsignal (Autokorrelation) sein.

Vorzugsweise wird die Einhüllendenfunktion der Korrelationsfunktion mit Hilfe der Hilbert-Transformation des Sendesignals berechnet. Besonders bevorzugt erfolgt die Berechnung der Hilbert-Transformation mit einer FFT (Fast-Fourier-Transformation) und einer IFFT (inverse FFT).

Insbesondere wird als Einhüllendenfunktion eine geradzahlige Potenz der Einhüllenden der Korrelationsfunktion verwendet, und das Auswerten umfasst das Ermitteln von Maxima der Einhüllendenfunktion (für die Bestimmung der Dämpfung) und ihrer Zeitkoordinaten (für die Bestimmung der Laufzeit und damit der Leitungslänge).

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist das Verkürzungsfilter ein Differenzierer, der die Übertragungsfunktion

5
$$H(z) = (1 - z^{-1})^n$$

hat, wobei z ein komplexer Frequenzparameter ist, der definiert ist als

10
$$z = e^{j2\pi \frac{f}{f_A}},$$

wobei f_A die Abtastfrequenz des Echosignals und ein ganzzahliges Vielfaches der vorgegebenen Baudrate f_T ist.

15 Um aus dem Maximum der Einhüllenden unmittelbar die Dämpfung des Echos ableiten zu können, wird die Korrelationsfunktion vorzugsweise auf die Sendeleistung des Sendesignals normiert.

Um den statistischen Fehler der Messung zu verringern, weist
20 bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung das Sendesignal eine Vielzahl von Einzelimpulsen auf, und die Echosignale werden zu jedem der Einzelimpulse des Sendesignals gemittelt.

25 Alternativ dazu, dass die Werte der Echoimpulsantwort aus einer speziellen Messung, d.h. durch periodisches Senden eines Einzelimpulses, Abtasten und Mitteln über viele Einzelimpulse, erfasst werden, können die Werte auch durch Auswertung der Koeffizienten eines eventuell vorhandenen Echokompensators in der Sende-/ Empfangsvorrichtung ermittelt werden.
30

Die entsprechende Sende-/Empfangsvorrichtung zum Ermitteln von Parametern einer Übertragungsstrecke in einem Telekommunikationssystem mit einem Sender und einem Empfänger ist gekennzeichnet durch ein Verkürzungsfilter zum Verkürzen des
35 Leitungsanfangsechos und des Leitungsendechos, eine Korrelationsfunktionsstufe zum Berechnen einer Korrelationsfunktion

aus dem Echosignal und einem Korrelationssignal, eine Einhüllendenfunktionsstufe zum Berechnen einer Einhüllendenfunktion der Korrelationsfunktion und eine Auswertungsstufe zum Auswerten der Einhüllendenfunktion und Erzeugen eines Ausgangssignals in Abhängigkeit von der relativen zeitlichen Lage und Amplitude des Leitungsanfangsechos und/oder dem Leitungsendechos.

Dabei kann das Verkürzungsfilter zwei Differenziererelemente umfassen, von denen einer ein Element des Senders und der andere ein Element des Empfängers ist.

Vorzugsweise umfasst die Einhüllendenfunktionsstufe ein rekursives Quadraternetzwerk zur Durchführung einer Hilbert-Transformation, das zwei digitale rekursive Filter umfasst.

Insbesondere sind die digitalen Filter Allpass-Filter, die in einem vorgegebenen Frequenzbereich eine im wesentlichen konstante Phasendifferenz von 90° aufweisen.

In einer alternativen Ausführungsform der Sende-/Empfangsvorrichtung umfasst die Einhüllendenfunktionsstufe ein nichtrekursives Filters mit linearer Phase zur Durchführung einer Hilbert-Transformation, durch das ein zu dem ursprünglichen Signal um 90° phasengedrehtes Signal erzeugt wird, das gemeinsam mit dem ursprünglichen Signal zur Erzeugung einer Einhüllendenfunktion verwendet wird.

Zur Reduzierung des Signalrauschens und zur Verbesserung der zeitlichen Genauigkeit bei der Auswertung ist bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform vor der Auswertungsstufe ein Comb-Filter vorgegebener Ordnung angeordnet, das die Übertragungsfunktion

$$H_{\text{int}}(z) = \left(\frac{1}{m} \cdot \frac{1 - z^{-m}}{1 - z^{-1}} \right)^n$$

hat, wobei z einen komplexen Frequenzparameter in Abhängigkeit von der Ausgangsfrequenz darstellt gemäß

$$z = e^{j \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{f}{m \cdot f_A}}$$

5

und n die Ordnung des Comb- Filters ist.

Es ist ein Vorteil der Erfindung, dass sich die wichtigsten übertragungstechnischen Parameter durch Auswertung allein des am Leitungsanfang empfangenen Echsignals ermitteln lassen. Das Leitungsende bleibt dabei vorzugsweise unbeschaltet (Leerlauf). Es kann die Signallaufzeit und die Leitungsdämpfung ermittelt werden. Bei Kenntnis der Wellenausbreitungsgeschwindigkeit im betreffenden Kabel kann aus der Signallaufzeit auch die Leitungslänge berechnet werden. Bei gestückelten Leitungen kann auch die Lage der Stoßstellen ermittelt werden.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen, wobei Bezug genommen wird auf die beigefügten Zeichnungen.

Fig. 1 zeigt schematisch den Aufbau einer Sende-/ Empfangsvorrichtung (eines Transceivers) nach dem Stand der Technik.

Fig. 2 zeigt schematisch den Aufbau einer Sende-/ Empfangsvorrichtung mit Echokompensation nach dem Stand der Technik.

Fig. 3 zeigt die Echoimpulsantwort für eine Sende-/ Empfangsvorrichtung nach Fig. 2 mit einer 3,5 km langen Leitung mit 0,4 mm Durchmesser und einer Baudrate von 640 kBd.

Fig. 4 zeigt die Echoimpulsantwort für eine Sende-/ Empfangsvorrichtung nach Fig. 3, jedoch mit 4-fachen Differenzierer.

Fig. 5 zeigt die Echoimpulsantwort für eine Sende-/ Empfangsvorrichtung nach Fig. 4, jedoch mit 5000- facher Vergrößerung.

5 Fig. 6 zeigt den Sendeimpuls des Differenzierers.

Fig. 7A und 7B zeigen die Kreuzkorrelationsfunktion von Echoimpulsantwort und Sendeimpuls für den Leitungsanfang bzw. das Leitungsende.

10

Fig. 8A und 8B zeigen Diagramme der Kreuzkorrelationsfunktion und der Hilbert- Transformierten bzw. des Quadrats der Kreuzkorrelationsfunktion.

15 Fig. 9 zeigt ein Blockschaltbild für die Berechnung der Hilbert- Transformierten aus der Impulsfolge $x(k)$.

Fig. 10 zeigt ein Blockschaltbild für die Berechnung der Hilbert- Transformierten mithilfe von rekursiven Allpass- Filtern.

20

Fig. 11 zeigt die Abweichung der Phasendifferenz der beiden Filter $H_1(z)$ und $H_2(z)$ von der Solldifferenz von 90° .

25 Fig. 12 zeigt das Quadrat der Einhüllenden der Kreuzkorrelationsfunktion mit FFT/IFFT bzw. mit Quadraturfilter berechnet.

Fig. 13A und 13B zeigen die Leitungsdämpfung einer 3,5 km langen Leitung mit dem Durchmesser von 0,4 mm bzw. das Spektrum des differenzierten Sendeimpulses.

30

Fig. 14 zeigt eine gestückelte Leitung.

35 Fig. 15 zeigt die Einhüllende der Kreuzkorrelationsfunktion bei einer gestückelten Leitung.

Fig. 16 zeigt eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Sende-/ Empfangsvorrichtung zum Messen der Echoimpulsantwort.

Fig. 17 zeigt eine erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung für die Auswertung der Messung.

Fig. 18 zeigt eine zweite Ausführungsform der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung für die Auswertung der Messung.

10 Fig. 1 zeigt eine Anordnung einer digitalen Sende-/ Empfangsvorrichtung 1 für den Empfang bzw. das Senden von Daten über eine Übertragungsstrecke 2 nach dem Stand der Technik. Der obere Zweig der digitalen Sende-/ Empfangsvorrichtung 1 entspricht der Sendeeinrichtung und der untere Zweig der Empfangseinrichtung.

Die zu sendenden Daten (Symbole) werden zur Erreichung einer speziellen Spektralform gefiltert, digital/analog gewandelt, verstärkt und auf die Übertragungsleitung 2 gegeben. Dazu umfasst der Senderzweig einen Sender 3, ein Senderfilter 4, einen D/A- Wandler 5 und einen Leistungsverstärker 6.

Das Empfangssignal wird abgegriffen und gelangt nach Analog-Digital-Wandlung und Empfangsfilterung zum Empfänger, in dem bei Aussendung eines Einzelzeichens die Echoimpulsantwort gemessen werden kann. Dazu umfasst der Empfängerzweig einen Empfänger 7, ein Empfängerfilter 8 und einen A/D- Wandler 9.

Die Schnittstelle zwischen Senderzweig bzw. Empfängerzweig und Übertragungsstrecke 2 ist eine Hybrid-Schaltung 10, die sich an einem Leitungsanfang 2a der Übertragungsstrecke 2 befindet. Die Übertragungsstrecke 2 endet an einem Leitungsende 2b, an dem sich eine entsprechende digitale Sende-/ Empfangsvorrichtung befindet, eine Vermittlungsstelle oder an dem eine weitere Übertragungsstrecke anschließt.

Der Übergang von einem ersten Ausbreitungsmedium in ein zweites Ausbreitungsmedium ist in den Figuren durch gestrichelte senkrechte Linien markiert. Beim Übertritt von Signalen aus einem Medium in ein anderes ergeben sich aufgrund von unvermeidlichen Unterschieden der Ausbreitungsbedingungen in beiden Medien Reflexionen, die zu einem oder mehreren Signalechos führen. Diese Signalechos werden verwendet, um die Eigenschaften der Ausbreitungsmedien zu bestimmen. Dazu wird ein Testpuls ausgesendet und dessen Echo empfangen, oder es wird das Echo des eigentlichen Sendesignals empfangen und analysiert. Im ersten Fall wird zur Reduzierung des statistischen Fehlers des Messergebnisses der Messvorgang vorzugsweise periodisch wiederholt und eine Mittelung im Empfänger durchgeführt.

Fig. 2 zeigt eine Anordnung einer Sende-/ Empfangsvorrichtung, die sich von der Vorrichtung nach Fig. 1 dadurch unterscheidet, dass sie eine Echokompensation aufweist, die in einem Echokompensator 11 durchgeführt wird. Im übrigen sind die Elemente gleich und mit gleichen Bezugszeichen versehen und werden nicht nochmals erläutert. Bei dieser Sende-/ Empfangsvorrichtung nach dem Stand der Technik werden die zu sendenden Symbole sowohl auf die Sendestufe als auch auf den Echokompensator 11 gegeben. Das im Echokompensator 11 ermittelte Schätzsignal wird in einem Überlagerungselement 12 von dem Empfangssignal subtrahiert. Der Echokompensator 11 besteht aus einem (nicht dargestellten) nichtrekursiven Filter, dessen Koeffizienten adaptiv im Sinne eines möglichst kleinen quadratischen Fehlers nach der Subtraktionsbildung eingestellt werden. Nach erfolgtem Einlauf des Echokompensators 11 entsprechen die Koeffizienten des Echokompensators den Abtastwerten der Echoimpulsantwort. Die Genauigkeit hängt dabei von der Wortlänge der Koeffizienten und der Einstellzeit ab. Zur Einstellung werden vorzugsweise statt periodischen Einzelimpulsen stochastische Daten wie im normalen Betrieb ausgesendet. Wegen der in einem Betrieb mit dem Echokompensator

11 geforderten hohen Restechodämpfung ist so eine sehr genaue Ermittlung der Echoimpulsantwort möglich.

5 In Fig. 3 ist die Echoimpulsantwort für ein System mit einer 3,5 km langen Leitung mit 0,4 mm Durchmesser, einem (nicht dargestellten) Übertrager mit einer Hauptinduktivität von 2,5 mH und einer einfachen Brückenhybridschaltung 10 dargestellt.

10 Im folgenden wird angenommen, dass ein Sendesignal mit einer Symbolrate von 640 kBd gesendet wird. Die Echoimpulsantwort zu diesem Sendesignal besteht prinzipiell aus zwei Anteilen und zwar aus dem Anteil, der unmittelbar am Leitungsanfang 2a entsteht (Nearend- Echo), und aus einem Anteil, der vom Lei-
15 tungsende 2b reflektiert wird (Farend- Echo).

Die Echoimpulsantwort ist in Fig. 3 gezeigt. Es ist nur das Leitungsanfangsecho zu sehen, das Leitungsendecho wird wegen der großen zeitlichen Ausdehnung vom Leitungsanfangsecho überlagert. Eine zeitliche Trennung der beiden Anteile ist da-
20 her in der Anordnung nach dem Stand der Technik nach Fig. 1 bzw. 2 nicht möglich.

Erschwerend wirkt bei der Trennung des Leitungsendechos von dem Leitungsanfangsechos, dass das Leitungsanfangsecho durch die Hybridschaltung 10 reduziert wird, das Leitungsendecho jedoch unbeeinflusst bleibt. Außerdem wird das Leitungs-
25 echo mit der doppelten Leitungsdämpfung gedämpft, sodass insbesondere bei längeren Leitungen Genauigkeitsprobleme auftreten.
30

Um eine zeitliche Trennung dennoch durchführen zu können, wird erfindungsgemäß im Echo- Signalzweig ein spezielles Filter eingefügt. Dabei kann es sich um ein einziges Filter ent-
35 weder im Sender oder im Empfänger handeln, oder um ein Hybridfilter, das auf Sender und Empfänger aufgeteilt ist. Dieses Filter hat die Aufgabe, die Echoimpulsantwort vom Lei-

tungsanfang zu verkürzen, und wird daher im folgenden als Verkürzungsfilter bezeichnet.

Durch das Verkürzungsfilter wird das Leitungsendecho wie im folgenden beschrieben vom Leitungsanfangsecho getrennt. Durch Auswertung der zeitlichen Lage und der Amplitude des Leitungsendechos lassen sich dann die gewünschten Parameter der Übertragungsstrecke 2 ermitteln.

Fig. 16 zeigt eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Send-/ Empfangsvorrichtung mit einem Verkürzungsfilter. Das Verkürzungsfilter ist in Fig. 16 ein Hybridfilter mit einem ersten Differenzierer 18 als Element des Senderzweiges und einem zweiten Differenzierer 19 als Element des Empfängerzweiges.

Das Echo-Verkürzungsfilter hat die folgende Übertragungsfunktion:

$$H(z) = (1 - z^{-1})^n,$$

wobei z den komplexen Frequenzparameter darstellt. Der komplexe Frequenzparameter ist definiert als

$$z = e^{j2\pi \frac{f}{f_A}},$$

wobei f_A die Abtastfrequenz des Verkürzungsfilters bezeichnet. Sie muss ein ganzzahliges Vielfaches der Baudrate (Symbolrate) sein, mit der das Sendesignal ausgesendet wird, d.h. es muss gelten

$$f_A = w \cdot f_T.$$

Im einfachsten Fall ist dabei $w = 1$.

Das Verkürzungsfilter stellt somit einen n -fachen Differenzierer mit der Abtastfrequenz

$$f_A = w \cdot f_T$$

dar.

5

Fig. 4 zeigt die entsprechende Echoimpulsantwort mit einem 4-fachen Differenzierer mit der Abtastfrequenz $f_A = f_T$ ($w = 1$).

Es ist deutlich der Einfluss des Differenzierers in Bezug auf die Länge der Echoimpulsantwort zu erkennen. Dabei ist zu be-
10 achten, dass der Sendeimpuls zunächst zeitlich verlängert wird. Die Länge des Sendeimpulses beträgt

$$L = (n+1) \cdot \frac{T}{w},$$

15 wobei T die Symboldauer ist.

Wegen der starken Dämpfung des Leitungsendechos ist in Fig. 4 das Leitungsendecho der Echoimpulsantwort ebenfalls nicht zu erkennen.

20

In Fig. 5 ist die Echoimpulsantwort daher nochmals mit 5000-facher Vergrößerung dargestellt. In dieser Darstellung ist der Anteil der Impulsantwort vom Leitungsende deutlich zu erkennen.

25

Zur Messung der Signallaufzeit und hieraus mit Kenntnis der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Signals im Medium der Leitungslänge ist die genaue Ermittlung der Verzögerung der Impulsantwort vom Leitungsende gegenüber dem Sendeimpuls erforderlich. Der Beginn der Impulsantwort vom Leitungsende ist
30 jedoch im allgemeinen nicht so leicht zu ermitteln, da es wegen der starken Dämpfung zu Verfälschungen kommen kann. Es ist daher sinnvoll den zeitlichen Beginn der Impulsantwort vom Leitungsende anhand der Korrelationsfunktion der Echoimpulsantwort mit dem gesendeten Sendeimpuls zu ermitteln.
35

In Fig. 6 ist der Sendeimpuls des 4-fachen Differenzierers mit der Abtastfrequenz $f_A = f_T$ dargestellt, wobei am Ausgang des Differenzierers vier Abtastwerte je Symbol betrachtet werden. Dies entspricht einer Abtastfrequenz für die Echoimpulsantwort von $f_A = 4 \cdot f_T$. Die Amplitude ist dabei so normiert, dass sie der tatsächlich gesendeten Sendeleistung entspricht.

Die Kreuzkorrelationsfunktion der Echoimpulsantwort mit dem Sendeimpuls zeigen Fig. 7A und 7B. Dabei ist in Fig. 7A die Korrelation des Sendeimpulses mit der Echoimpulsantwort vom Leitungsanfang und in Fig. 7B die Korrelation des Sendeimpulses mit der Echoimpulsantwort vom Leitungsende gezeigt.

Dabei ist die Kreuzkorrelationsfunktion zweier Zahlenfolgen x_k und y_k definiert als

$$KKF(k) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{\kappa=0}^N x_{\kappa} \cdot y_{\kappa+k} ,$$

und x_k und y_k sind die Werte des Sendeimpulses bzw. der Echoimpulsantwort vom Leitungsende.

Zur Ermittlung der Signallaufzeit ist nun die zeitliche Lage bzw. die absolute Verzögerung des lokalen Maximums der Kreuzkorrelationsfunktion zwischen Echoimpulsantwort und Sendeimpuls für den Leitungsanfang 2a und das Leitungsende 2b zu ermitteln.

Soll dagegen nur die Laufzeit ermittelt werden, so kann anstatt der Kreuzkorrelationsfunktion auch die Autokorrelationsfunktion der Echoimpulsantwort herangezogen werden. Die Autokorrelationsfunktion der Zahlenfolge x_k ist dabei wie folgt definiert:

$$AKF(k) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{\kappa=0}^N x_{\kappa} \cdot x_{\kappa+k} ,$$

und x_k sind die Werte der Echoimpulsantwort vom Leitungsende.

Wegen Laufzeitverzerrungen auf der Leitung und bei der Reflexion am Leitungsende kann das tatsächliche Maximum nicht immer mit genügender Genauigkeit lokalisiert werden. Dies ist insbesondere bei einer gestückelten Leitung schwierig, bei der mehrfache Reflexionen auftreten und daher die zeitliche Lage mehrerer Maxima gefunden werden muss.

10. Zur besseren Lokalisierung des Maximums wird bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung nicht die Kreuzkorrelationsfunktion bzw. die Autokorrelationsfunktion selbst verwendet, sondern es wird deren Einhüllende bzw. das Quadrat der Einhüllenden herangezogen.

15 Die Einhüllende eines Impulses $x(t)$ kann wie folgt bestimmt werden:

$$e(t) = \sqrt{x(t)^2 + (\mathbf{H}(x(t)))^2}.$$

20 Dabei bezeichnet $\mathbf{H}(x(t))$ die Hilbert-Transformierte des Impulses $x(t)$.

Zur Vereinfachung kann für die Auswertung des Echoimpulses vom Leitungsende das Quadrat der Einhüllenden herangezogen werden:

$$e(t)^2 = x(t)^2 + (\mathbf{H}(x(t)))^2.$$

30 In Fig. 8A und 8B sind Hilfsfunktionen für das bisher verwendete Beispiel einer Leitung mit einer Länge von 3,5 km und einem Durchmesser von 0,4 mm gezeigt, die bei einer Symbolrate von 640 kBd und einem Differenzierer mit $n = 4$, $w = 1$ aufgenommen wurden. In Fig. 8A ist die Kreuzkorrelationsfunktion von Sendeimpuls und Echoimpuls vom Leitungsende sowie deren Hilbert-Transformierte gezeigt.

In Fig. 8B ist das Quadrat der entsprechenden Einhüllenden dargestellt. Die zeitliche Lage des Maximums der Einhüllenden entspricht der Echolaufzeit vom Leitungsende. Die Leitungslaufzeit erhält man durch Halbierung der Echolaufzeit, da die Leitung zweimal durchlaufen wird.

Es ist offensichtlich, dass die Bestimmung des Maximums in Fig. 8B einfacher möglich ist als in Fig. 8A.

Normiert man die Kreuzkorrelationsfunktion auf die Sendeleistung des Sendeimpulses, dann kann aus dem Maximum der Einhüllenden unmittelbar die Dämpfung des Echos abgeleitet werden. Die Leitungsdämpfung entspricht hier der halben Echodämpfung

$$a_{\text{Leitung}} = 5 \cdot \log(e(t_{\max})^2),$$

wobei a_{Leitung} die Dämpfung ist und $e(t_{\max})$ der Wert der Einhüllenden bei ihrem Maximum $t_{\max}$ ist.

Wenn bei der Messung der Echoimpulsantwort keine Hybrid-Schaltung verwendet wird, kann die Leitungsdämpfung aus der Autokorrelationsfunktion der Echoimpulsantwort ermittelt werden. Im anderen Fall kann die Leitungsdämpfung nur mit der Kreuzkorrelationsfunktion des Sendeimpulses und des Echoimpulses von dem Leitungsende ermittelt werden.

Die Hilbert-Transformierte kann auf verschiedene Weise berechnet werden. Im folgenden werden drei Möglichkeiten angegeben.

In einer ersten bevorzugten Ausführungsform, die in Fig. 9 dargestellt ist, wird die Hilbert-Transformierte mit Hilfe von Fourier-Transformationen berechnet, d.h. mit FFT und IFFT (Fast-Fourier-Transformation und inverse FFT). Mit $x(k)$ als Abtastwerten der Kreuzkorrelationsfunktion erhält man dabei die komplexen Frequenzwerte $X(i)$ durch eine Fourier-

Transformation (insbesondere FFT), die in einer FFT- Stufe 13 durchgeführt wird. Anschließend werden die Frequenzwerte in einer Multiplikationsstufe 14 mit der imaginären Einheit j multipliziert. Schließlich erhält man die Hilbert- Transformierte $H(x(k))$ von $x(t)$ mithilfe einer inversen Fourier- Transformation (insbesondere einer inversen FFT, IFFT), die in einer IFFT- Stufe 15 durchgeführt wird.

In einer zweiten bevorzugten Ausführungsform erfolgt die Berechnung der Hilbert- Transformation mit rekursiven Allpass- Filtern, insbesondere mithilfe eines rekursiven Quadratur- netzwerkes. Dabei werden die Werte von $x(k)$ auf zwei digitale rekursive Filter 16 und 17 mit den Übertragungsfunktionen $H_1(z)$ bzw. $H_2(z)$ gegeben. Die beiden Filter sind Allpass- Filter, die somit den Betrag von $x(k)$ nicht beeinflussen. Die beiden Filter 16 und 17 ($H_1(z)$ und $H_2(z)$) sind so ausgelegt, dass sich im interessierenden Frequenzbereich eine konstante Phasendifferenz von 90° ergibt.

Die beiden Filter verursachen eine konstante Signallaufzeit, die bei der Ermittlung der Leitungslaufzeit aus der zeitlichen Lage des Maximums der Einhüllenden berücksichtigt werden muss.

In einer bevorzugten Ausführungsform haben die beiden Allpass- Filter jeweils die Übertragungsfunktion

$$H_1(z) = \frac{a_5 \cdot z^{-5} + a_4 \cdot z^{-4} + a_3 \cdot z^{-3} + a_2 \cdot z^{-2} + a_1 \cdot z^{-1} + a_0}{a_0 \cdot z^{-5} + a_1 \cdot z^{-4} + a_2 \cdot z^{-3} + a_3 \cdot z^{-2} + a_4 \cdot z^{-1} + a_5}$$

und

$$H_2(z) = \frac{b_5 \cdot z^{-5} + b_4 \cdot z^{-4} + b_3 \cdot z^{-3} + b_2 \cdot z^{-2} + b_1 \cdot z^{-1} + b_0}{b_0 \cdot z^{-5} + b_1 \cdot z^{-4} + b_2 \cdot z^{-3} + b_3 \cdot z^{-2} + b_4 \cdot z^{-1} + b_5}$$

mit den Koeffizientenvektoren

35

$$a = \begin{bmatrix} 0,067525 \\ 0,303232 \\ -0,470174 \\ -1,18844 \\ 0,499867 \\ 1 \end{bmatrix} \quad \text{und} \quad b = \begin{bmatrix} -0,067525 \\ 0,303232 \\ 0,470174 \\ -1,18844 \\ -0,499867 \\ 1 \end{bmatrix}.$$

Es ergibt sich am Ausgang von dem ersten Filter 16 eine Folge von Werten $y(k)$, am Ausgang des zweiten Filters 17 steht die Hilbert- Transformierte $H(y(k))$ zur Verfügung.

Die Abweichung der Phasendifferenz der Filter 16 und 17 von 90° über die Frequenz ist in Fig. 11 dargestellt. Sie ist im wesentlichen konstant und schwankt nur wenig um den Nullwert.

In Fig. 12 ist zum Vergleich die mit der Fourier- Transformation und inversen Fourier- Transformation berechnete Einhüllende neben der mit dem Quadraturfilter berechneten Einhüllenden dargestellt.

Die mit dem Quadraturfilter berechnete Einhüllende weist eine Verzögerung um etwa eine Symbolperiode gegenüber der mit der Fourier- Transformation und inversen Fourier- Transformation berechneten Einhüllenden auf. Diese Verzögerungszeit ist bei der Ermittlung der Signallaufzeit zu berücksichtigen.

In einer dritten bevorzugten Ausführungsform wird die Hilbert- Transformierte mit einem nichtrekursiven Filter mit linearer Phase berechnet. Die ursprüngliche Folge der Werte $x(k)$ wird bei dieser Ausführungsform auf ein nichtrekursives Filter gegeben, das bei einer konstanten Signallaufzeit die Phase exakt um 90° dreht. Der Frequenzgang, bei dem die Amplitude konstant auf dem Wert 1 bleibt, kann nur approximativ eingehalten werden. Das so gefilterte Signal und das um die konstante Laufzeit des Filters verzögerte Signal $x(k-v)$ werden weiter verarbeitet.

In Fig. 13A ist die theoretische Leitungsdämpfung gezeigt, die die Leitung aus den bisher verwendeten Beispielen mit 3,5 km Länge und 0,4 mm Durchmesser aufweist.

- 5 In Fig. 13B ist das entsprechende Signalspektrum des Sendepulses nach dem 4-fach Differenzierer dargestellt. Das Maximum des Signalspektrums ergibt sich bei der Frequenz von 285 kHz. Die Leitungsdämpfung beträgt hier 49 dB.
- 10 Im folgenden wird dies mit den Werten aus der Berechnung der Einhüllenden verglichen. Das Maximum der quadratischen Einhüllenden in Fig. 12 beträgt $2,8 \cdot 10^{-10}$. Als Dämpfung ergibt sich somit:
- 15 $a = -5 \cdot \log(2,8 \cdot 10^{-10}) = 48,3 \text{ dB}$.

Dieser Wert stimmt sehr gut mit der theoretischen Leitungsdämpfung von 49 dB überein.

- 20 Ferner ergibt sich aus Fig. 12 für die Einhüllende eine Verzögerung von 23,25 Symbolintervallen. Dies entspricht einer Signallaufzeit von

$$\text{Signallaufzeit} = \frac{23,25}{0,64} \cdot 10^{-6} \text{ s} = 36,33 \mu\text{s} .$$

- 25 Die Leitungslaufzeit beträgt somit 18,165 μs . Unter der Annahme einer Wellenausbreitungsgeschwindigkeit im Kabel von 65% der Lichtgeschwindigkeit, d.h. von $v = 195\,000 \text{ km/s}$, entspricht der Leitungslaufzeit von 18,165 μs eine Kabellänge
- 30 von

$$\text{Leitungslänge} = 195000 \cdot 18,165 \cdot 10^{-6} \text{ km} = 3,54 \text{ km} .$$

- Auch dieser Wert stimmt sehr gut mit der Leitungslänge von
- 35 3,5 km in dem Beispiel überein.

Zur Bestimmung der Leitungsdämpfung für verschiedene Frequenzwerte muss das Maximum des Sendespektrums entsprechend verändert werden. Dies kann durch entsprechende Einstellung der Symbolrate (in unserem Beispiel 640 kBd), aber auch durch
5 die Wahl der Parameter des Differenzierers (Grad, Wert von w) beeinflusst werden. Wählt man z.B. einen Differenzierer mit $n = 12$, dann liegt das Maximum des Signalspektrums bei 307,5 kHz. Bei dieser Frequenz ergibt sich eine Leitungsdämpfung von 50,3 dB. Bei Auswertung der Einhüllenden der Kreuzkorrelationsfunktion erhalten wir einen Wert von 50,1 dB, was
10 wieder sehr gut mit dem tatsächlichen Wert übereinstimmt.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist nicht auf homogene Leitungen beschränkt. Es lässt sich auch die Lage von vorhandenen
15 Stoßstellen bei einer gestückelten Leitung näherungsweise bestimmen. Eine derartige gestückelte Leitung ist in Fig. 14 gezeigt. Sie setzt sich aus zwei Abschnitten 2 zwischen den "Leitungsenden" 2b zusammen, die wieder durch gestrichelte senkrechte Linien markiert sind. Dabei sei der erste Abschnitt 2,5 km lang und hat einen Durchmesser von 0,4 mm, der
20 zweite Abschnitt ist 2 km lang und hat einen Durchmesser von 0,6 mm.

Die Einhüllende der Kreuzkorrelationsfunktion eines Sendepulses und der Echoimpulse ist in Fig. 15 dargestellt. Man erkennt deutlich die zeitliche Lage der beiden reflektierten Echoimpulse von den beiden Leitungsenden 2b. Die Laufzeit des ersten Impulses beträgt 17 und die des zweiten Impulses 29,25 Symbolintervalle. Unter der Annahme einer Wellenausbreitungsgeschwindigkeit von 65% der Lichtgeschwindigkeit ergeben sich
30 hieraus Entfernungen von 2,59 km und 4,46 km. Auch hier kann somit die Leitungslänge und die Lage der Stoßstelle mit einer relativ großen Genauigkeit (Abweichung $< 5\%$) angegeben werden.

35 Zusammenfassend weist das erfindungsgemäße Verfahren als wesentliche Bestandteile die Modifizierung der (möglichst

breitbandigen) Sende- und Empfangsfilter, das Differenzieren (entweder nur im Sender oder nur im Empfänger oder aufgeteilt in Sender und Empfänger) sowie die Messung der Echoimpulsantwort auf, wobei die Messung entweder aus der Mittelung der periodisch empfangenen Echoimpulsantwort oder dem unmittelbaren Auslesen der Koeffizienten des Echokompensators bestehen kann. (Durch entsprechende Wahl der Abtastphase des Empfängers in Bezug auf die Abtastphase des Sendesignals können auch Impulsantworten mit höherer Abtastfrequenz als die Symbolrate gemessen werden.)

Die Weiterverarbeitung und Auswertung der Echoimpulsantwort erfolgt vorzugsweise mit dem in Fig. 17 gezeigten Aufbau, bei dem die Echoimpulsantwort sowie der Sendeimpuls in eine Kreuzkorrelationsstufe 20 eingespeist wird, in der die Berechnung der Kreuzkorrelationsfunktion von Echoimpuls und Sendeimpuls (alternativ Berechnung der Autokorrelationsfunktion von Echoimpuls) erfolgt. In der anschließenden Einhüllendenfunktionsstufe 21 wird zur einfacheren Bestimmung von Laufzeiten das Quadrat der Einhüllenden der Kreuzkorrelationsfunktion bzw. der Autokorrelationsfunktion mit Hilfe der Hilberttransformation berechnet, wobei die Hilbert-Transformierte in der Hilbert-Transformationsstufe 22 gebildet wird und das Quadrat der Hilbert-Transformierten vom Leitungsfang 2a bzw. vom Leitungsende 2b in jeweils einem Quadraturelement 23 gebildet wird. Die beiden Ausgangssignale des Quadraturelemente 23 werden in einem zweiten Überlagerungselement 24 addiert und schließlich zur Auswertung der Einhüllenden in eine Auswertungsstufe 25 eingespeist. Die Auswertung der Einhüllenden umfasst das Bestimmen der Maximalwerte des Echos vom Leitungsende, woraus sich die Leitungsdämpfung ergibt, und das Bestimmen der zeitlichen Lage des Echos vom Leitungsende, woraus sich die Laufzeit und damit die Leitungslänge ergibt.

35

In Fig. 18 ist eine Ausführungsform der Schaltungsanordnung dargestellt, bei der Signalrauschen besser unterdrückt wird

und die Genauigkeit bei der Auswertung gegenüber der in Fig. 17 erhöht ist. Diese Verbesserung wird erreicht durch ein Interpolationsfilter 26 vor der Auswertungsstufe 25.

5 Die mit der Abtastfrequenz $w \cdot f_T$ ermittelte Einhüllendenfunktion wird nach den Quadraturelementen 23 auf die Filterstufe 26 gegeben, die ein Tiefpassfilter darstellt, das höherfrequente Störanteile nach den Quadraturelementen 23 unterdrückt. Darüber hinaus kann durch entsprechende Wahl der Abtastfrequenz des Filters die zeitliche Auflösung erhöht werden. Für die praktische Realisierung ist es sinnvoll, für die Abtastfrequenz f_A am Ausgang des Interpolationsfilters 26 ein ganzzahliges Vielfaches $m \cdot f_A$ der Abtastfrequenz des Eingangssignals zu wählen.

15 Diese Bedingungen werden besonders gut mit einem Comb-Filter erfüllt. Bei einer m-fachen Abtastratenerhöhung erhält man für das Interpolationsfilter die folgende Übertragungsfunktion:

20

$$H_{\text{int}}(z) = \left(\frac{1}{m} \cdot \frac{1 - z^{-m}}{1 - z^{-1}} \right)^n.$$

Hierbei stellt z den komplexen Frequenzparameter entsprechend der Ausgangsfrequenz dar

25

$$z = e^{j \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{f}{m \cdot f_A}},$$

wobei n die Ordnung des Comb-Filters ist.

30 Die Eingangsfrequenz des Comb-Filters 26 ist also f_A , während die Eingangsfrequenz der Auswertungsstufe 25 (Ausgangsfrequenz des Comb-Filters 26) $m \cdot f_A$ beträgt.

Bezugszeichen

	1	Sende-/Empfangsvorrichtung, Transceiver
	2	Teilnehmerleitung, 2a Leitungsanfang, 2b Leitungsende
5	3	Sender
	4	Sendefilter
	5	D/A- Wandler
	6	Leistungsverstärker
	7	Empfänger
10	8	Empfangsfilter
	9	A/D- Wandler
	10	Hybridschaltung
	11	Echokompensator
	12	erstes Überlagerungselement, Subtrahierer
15	13	FFT- Stufe
	14	Multiplikationsstufe
	15	IFFT- Stufe
	16	erster Allpass- Filter
	17	zweiter Allpass- Filter
20	18	erster Differenzierer
	19	zweiter Differenzierer
	20	Korrelationsfunktionsstufe
	21	Einhüllendenfunktionsstufe
	22	Hilbert- Transformationsstufe
25	23	Quadraturelement
	24	zweites Überlagerungselement
	25	Auswertungsstufe
	26	Cumbfilter

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ermitteln von Parametern einer Übertragungs-
strecke (2) in einem Telekommunikationssystem durch eine
5 Sende-/Empfangsvorrichtung (1) mit einem Sender (3) und
einem Empfänger (7)
mit den Schritten:
Senden von einem Sendesignal mit wenigstens einem Einzel-
impuls durch den Sender (3) über die Übertragungsstrecke
10 (2) mit einer vorgegebenen Sendeleistung und mit einer
vorgegebenen Baudrate (f_T),
Abtasten eines Echsignals in dem Empfänger (7), wobei das
Echsignal wenigstens eine Echokomponente des Sendesignals
von einem Leitungsanfang (2a) der Übertragungsstrecke (2)
15 und eine Echokomponente des Sendesignals von einem Lei-
tungsende (2b) der Übertragungsstrecke (2) aufweist,
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h die Schritte
Verkürzen des Leitungsanfangsechos und des Leitungsend-
echos durch ein Verkürzungsfilter (18, 19),
20 Berechnen einer Korrelationsfunktion aus dem Echsignal
und einem Korrelationssignal in einer Korrelationsfunktions-
stufe (20),
Berechnen einer Einhüllendenfunktion der Korrelationsfunk-
tion in einer Einhüllendenfunktionsstufe (21),
25 Auswerten der Einhüllendenfunktion und Erzeugen eines Aus-
gangssignals in Abhängigkeit von der relativen zeitlichen
Lage und Amplitude des Leitungsanfangsechos und/oder des
Leitungsendechos in einer Auswertungsstufe (25).
- 30 2. Verfahren nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass das Korrelationssignal das Sendesignal ist (Kreuzkor-
relation).
- 35 3. Verfahren nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

dass das Korrelationssignal das Echosignal ist (Autokorrelation).

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass die Einhüllendenfunktion der Korrelationsfunktion mit Hilfe der Hilbert- Transformation berechnet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4,

10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass
die Hilbert- Transformation mit einer FFT (Fast- Fourier- Transformation) und einer IFFT (inverse FFT) erfolgt.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass die Einhüllendenfunktion eine geradzahlige Potenz der Einhüllenden der Korrelationsfunktion ist und das Auswerten das Ermitteln von Maxima der Einhüllendenfunktion und ihrer Zeitkoordinaten umfasst.

20

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass das Verkürzungsfilter (18, 19) ein Differenzierer ist, der die Übertragungsfunktion

25

$$H(z) = (1 - z^{-1})^n$$

hat, wobei z ein komplexer Frequenzparameter ist, der definiert ist als

30

$$z = e^{j2\pi \frac{f}{f_A}},$$

wobei f_A die Abtastfrequenz des Echsignals und ein ganzzahliges Vielfaches der vorgegebenen Baudrate (f_T) ist.

35

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

dass die Korrelationsfunktion auf die Sendeleistung des Sendesignals normiert ist.

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass das Sendesignal eine Vielzahl von Einzelimpulsen aufweist und
die Echosignale zu jedem der Einzelimpulse des Sendesignals gemittelt werden.

10.

10. Sende-/Empfangsvorrichtung zum Ermitteln von Parametern einer Übertragungsstrecke (2) in einem Telekommunikationssystem mit einem Sender (3) und einem Empfänger (7) mit den Schritten:

15 Senden von einem Sendesignal mit wenigstens einem Einzelimpuls durch den Sender (3) über die Übertragungsstrecke (2) mit einer vorgegebenen Sendeleistung und mit einer vorgegebenen Baudrate (f_T),

20 Abtasten eines Echosignals in dem Empfänger (3), wobei das Echosignal wenigstens eine Echokomponente des Sendesignals von einem Leitungsanfang (2a) der Übertragungsstrecke (2) und eine Echokomponente des Sendesignals von einem Leitungsende (2b) der Übertragungsstrecke (2) aufweist,
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h

25 ein Verkürzungsfilter (18, 19) zum Verkürzen des Leitungsanfangsechos und des Leitungsendechos,
eine Korrelationsfunktionsstufe (20) zum Berechnen einer Korrelationsfunktion aus dem Echosignal und einem Korrelationssignal,

30 eine Einhüllendenfunktionsstufe (21) zum Berechnen einer Einhüllendenfunktion der Korrelationsfunktion und
eine Auswertungsstufe (25) zum Auswerten der Einhüllendenfunktion und Erzeugen eines Ausgangssignals in Abhängigkeit von der relativen zeitlichen Lage und Amplitude des
35 Leitungsanfangsechos und/oder dem Leitungsendechos.

11. Sende-/Empfangsvorrichtung nach Anspruch 10,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass das Verkürzungsfilter (18, 19) zwei Differenzierere-
lemente umfasst, von denen einer ein Teil des Senders (3)
5 und der andere Teil des Empfängers (7) ist.

12. Sende-/Empfangsvorrichtung nach Anspruch 10 oder 11,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass die Einhüllendenfunktionsstufe (21) ein rekursives
10 Quadraturnetzwerk zur Durchführung einer Hilbert- Trans-
formation umfasst, das zwei digitale rekursive Filter (16,
17) umfasst.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12,
15 g e k e n n z e i c h n e t d u r c h
die digitalen Filter (16, 17) Allpass- Filter sind, die in
einem vorgegebenen Frequenzbereich eine im wesentlichen
konstante Phasendifferenz von 90° aufweisen.

20 14. Sende-/Empfangsvorrichtung nach Anspruch 10 oder 11,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass die Einhüllendenfunktionsstufe (21) ein nichtrekursi-
ves Filters mit linearer Phase zur Durchführung einer Hil-
bert- Transformation umfasst, durch das ein zu dem ur-
25 sprünglichen Signal um 90° phasengedrehtes Signal erzeugt
wird, das gemeinsam mit dem ursprünglichen Signal zur Er-
zeugung einer Einhüllendenfunktion verwendet wird.

15. Sende-/Empfangsvorrichtung nach Anspruch 10,
30 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass vor der Auswertungsstufe (25) ein Comb- Filter vorge-
gebener Ordnung angeordnet ist, das die Übertragungsfunk-
tion

35
$$H_{\text{int}}(z) = \left(\frac{1}{m} \cdot \frac{1 - z^{-m}}{1 - z^{-1}} \right)^n$$

hat, wobei z einen komplexen Frequenzparameter in Abhängigkeit von der Ausgangsfrequenz darstellt gemäß

$$z = e^{j \cdot 2\pi \cdot \frac{f}{m \cdot f_A}}$$

5

und n die Ordnung des Comb- Filters ist.

FIG 1

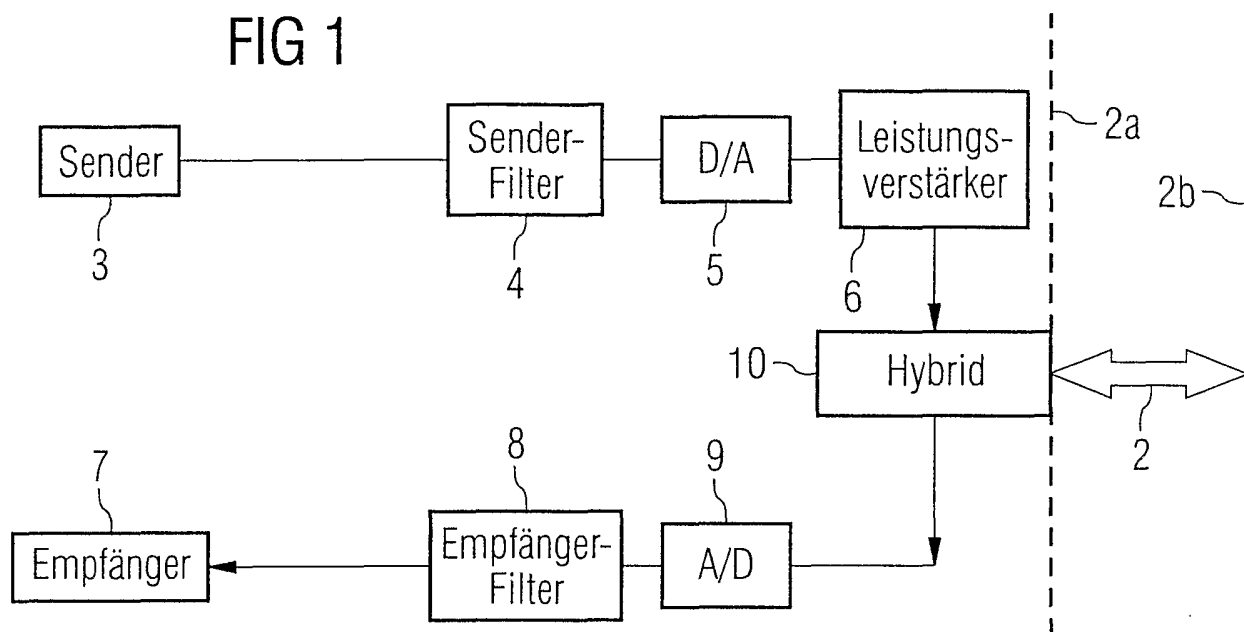
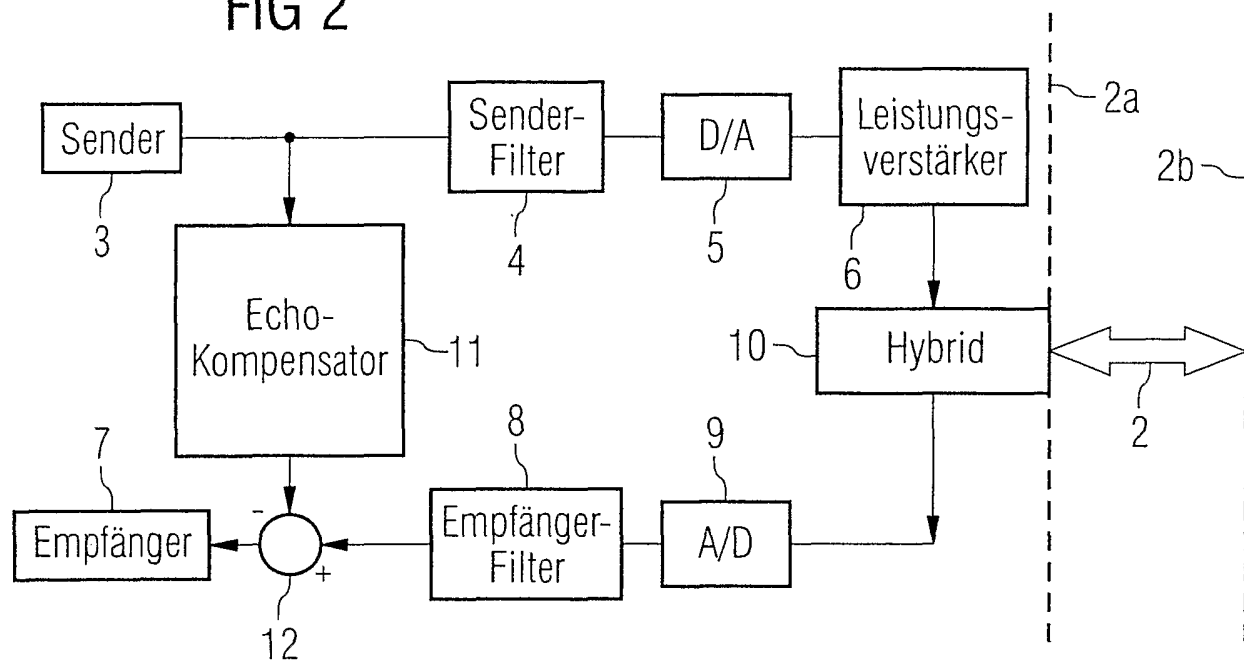


FIG 2



2/11

FIG 3

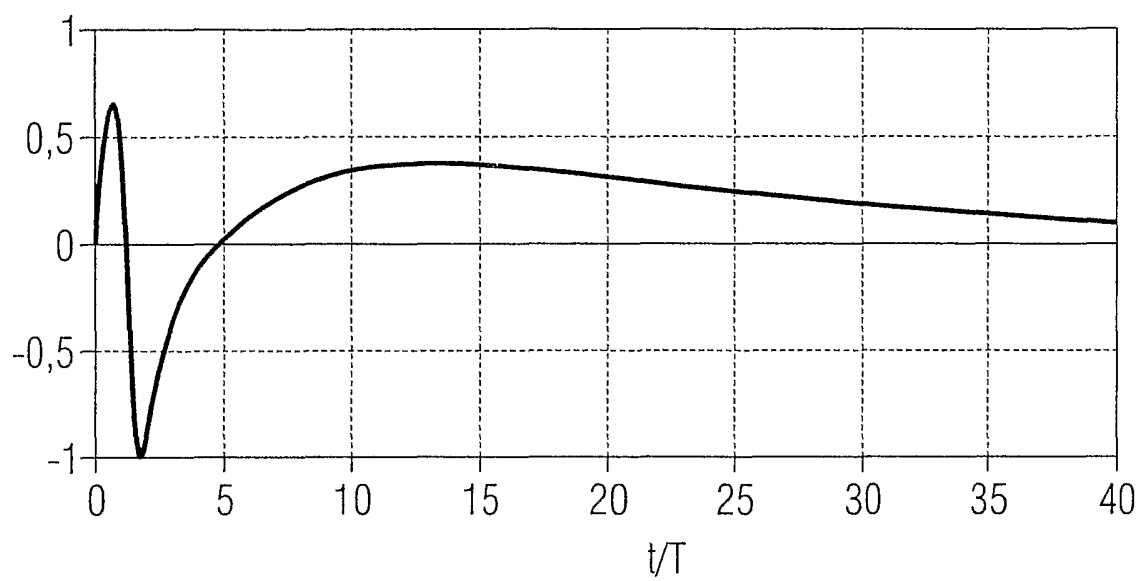


FIG 4

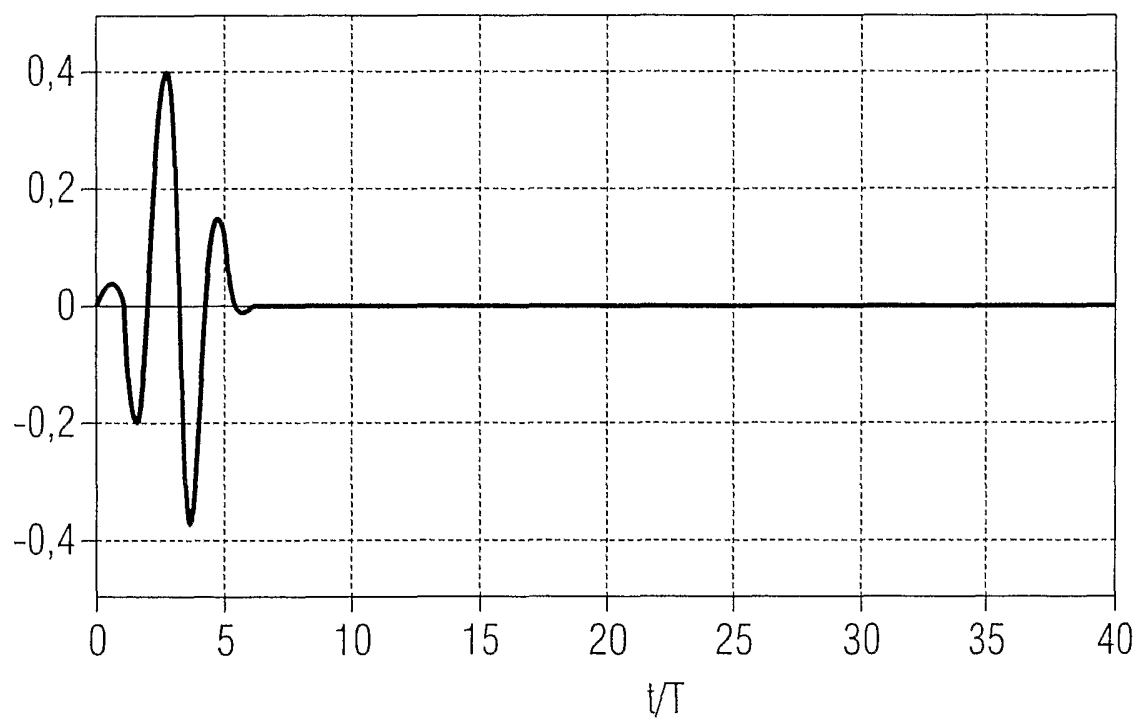


FIG 5

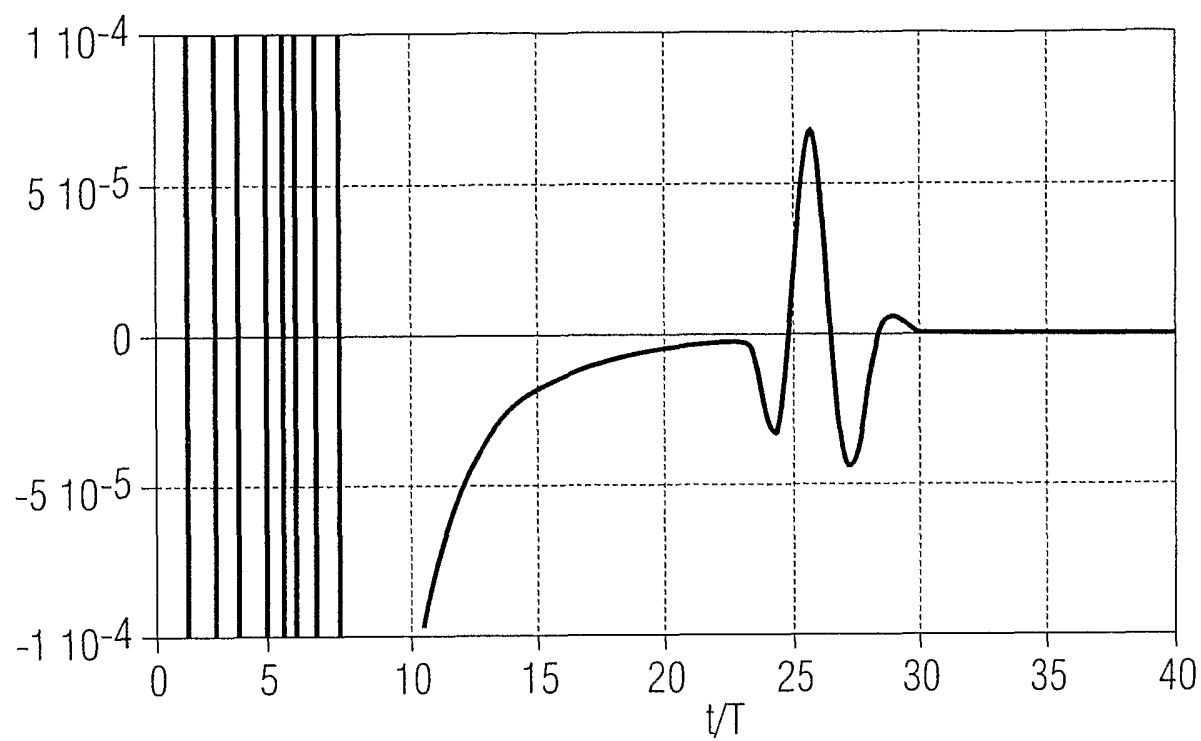
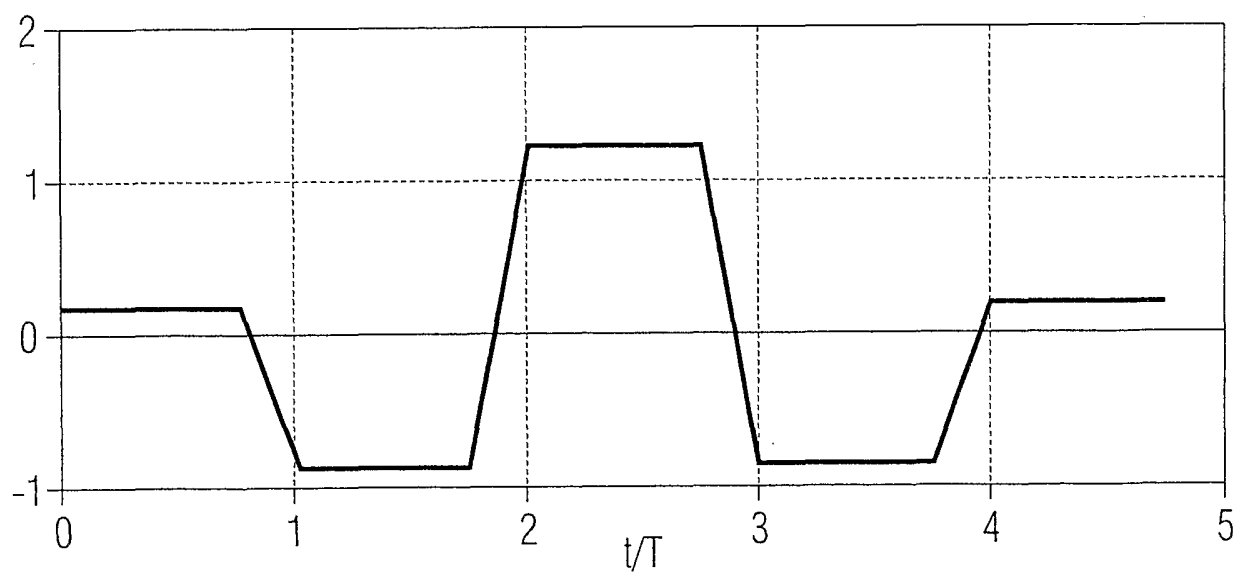


FIG 6



4/11

FIG 7A

Leitungsanfang

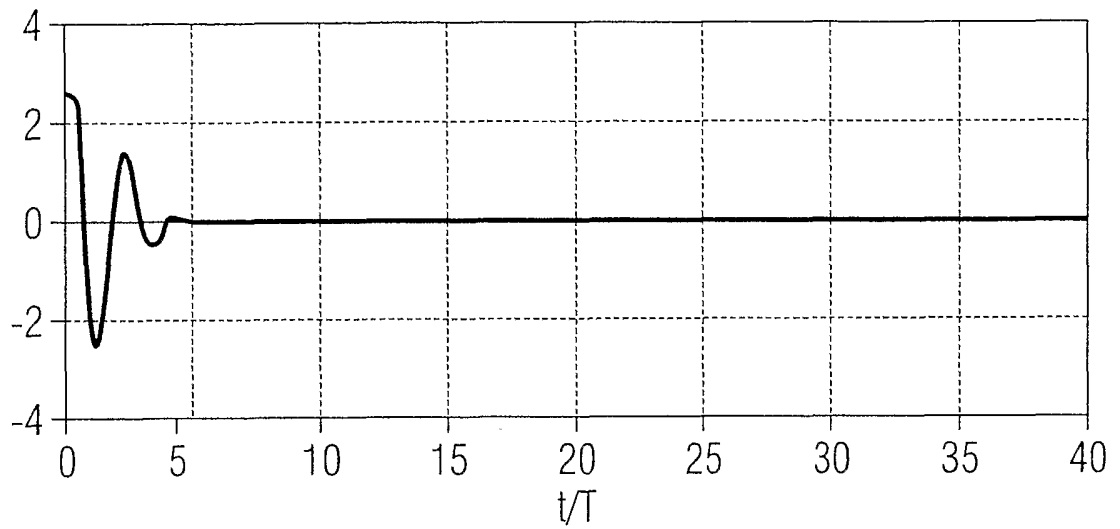


FIG 7B

Leitungsende

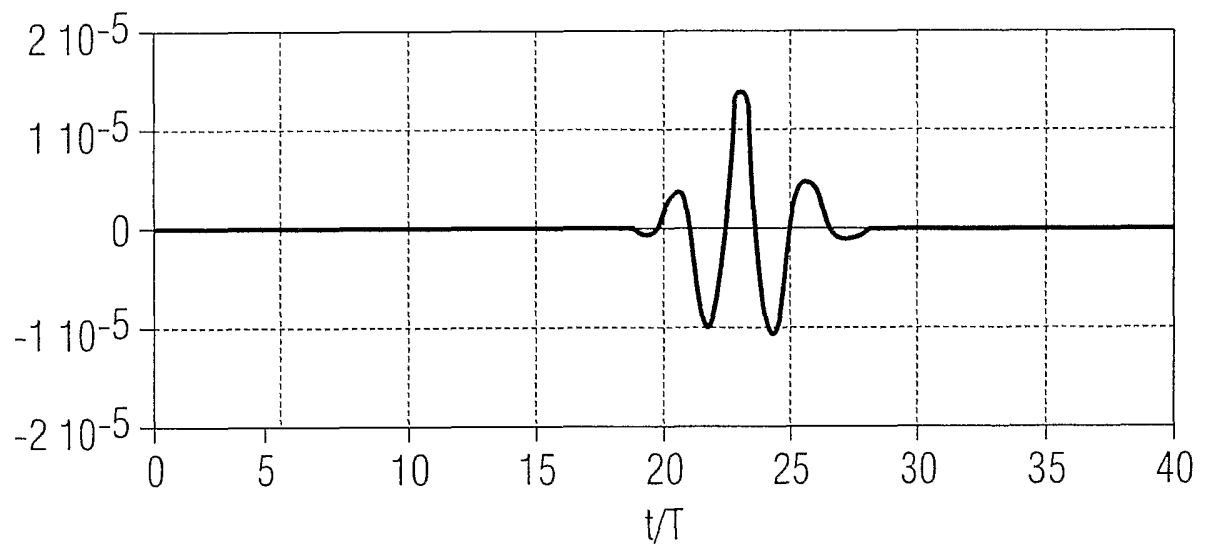


FIG 8A

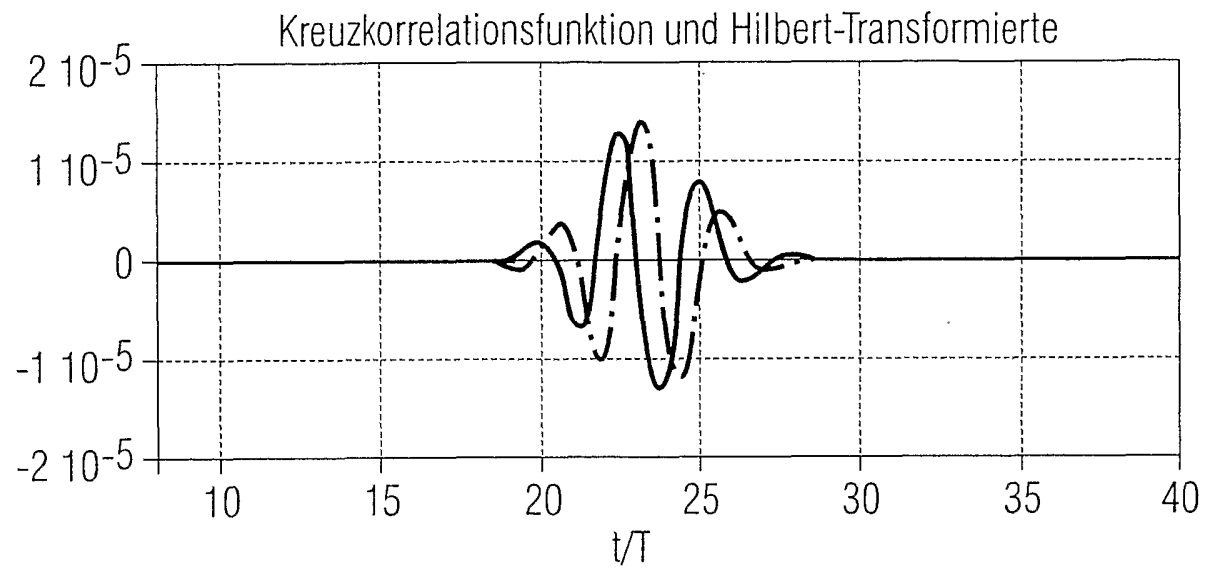


FIG 8B

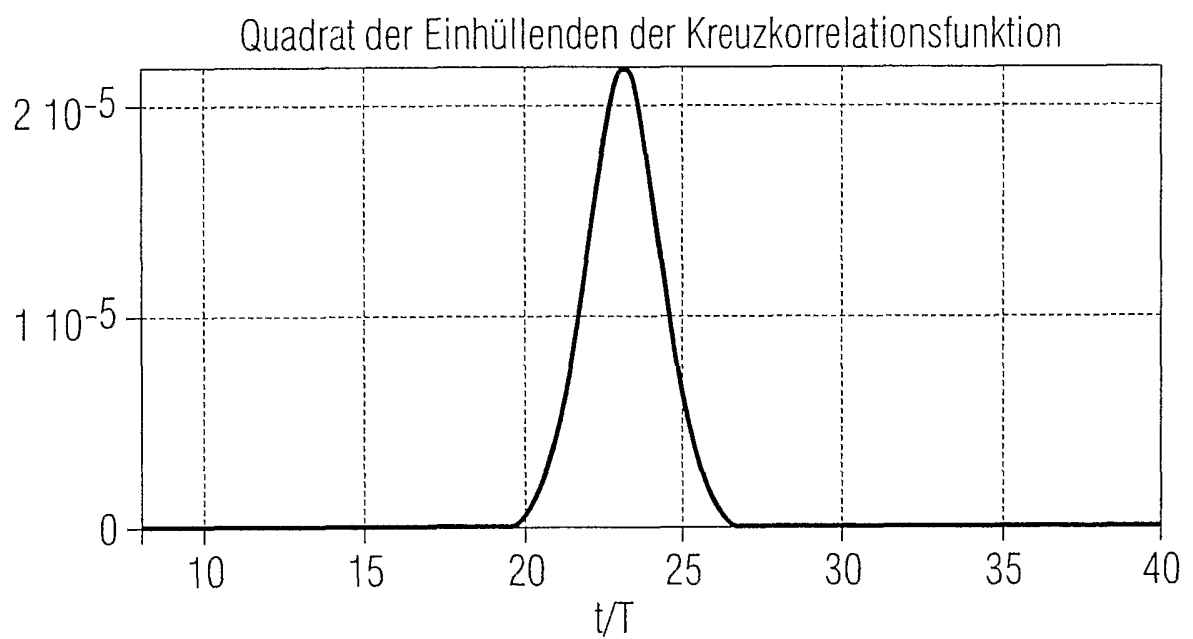


FIG 9

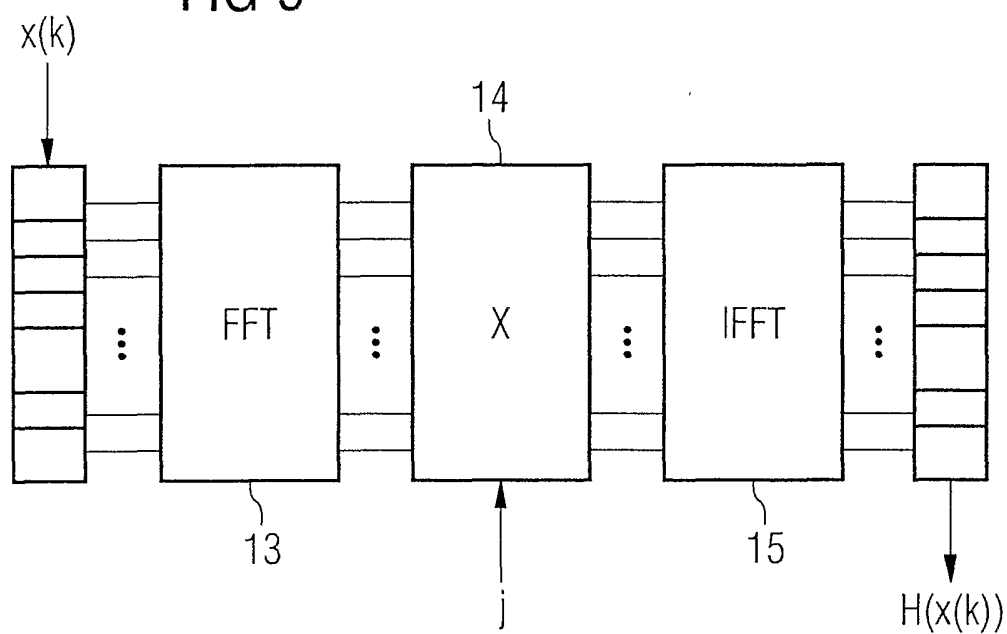


FIG 10

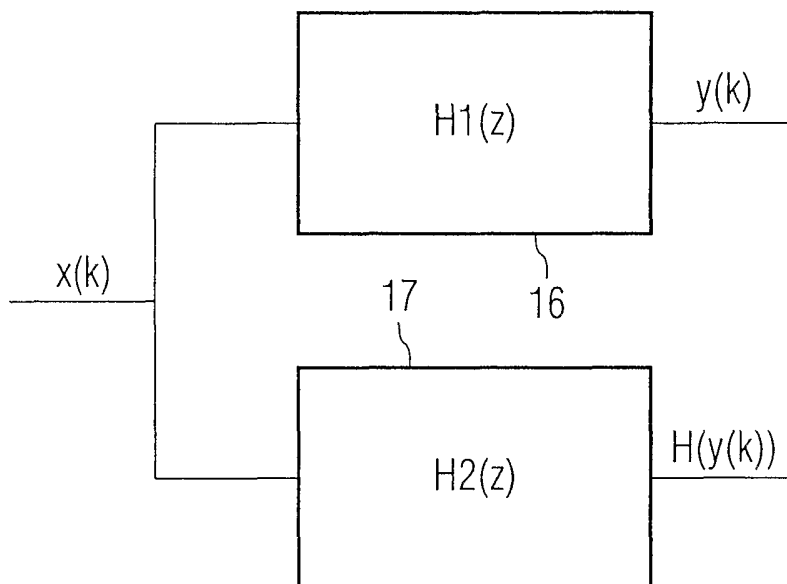


FIG 11

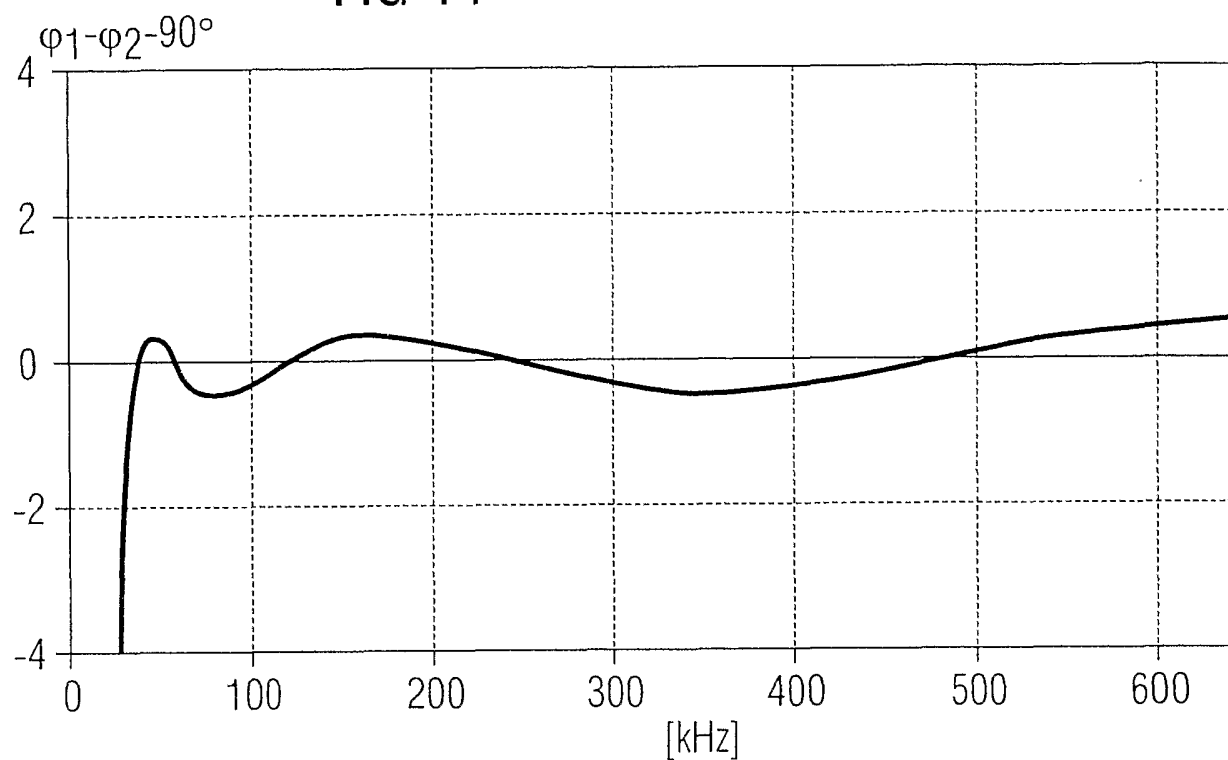


FIG 12

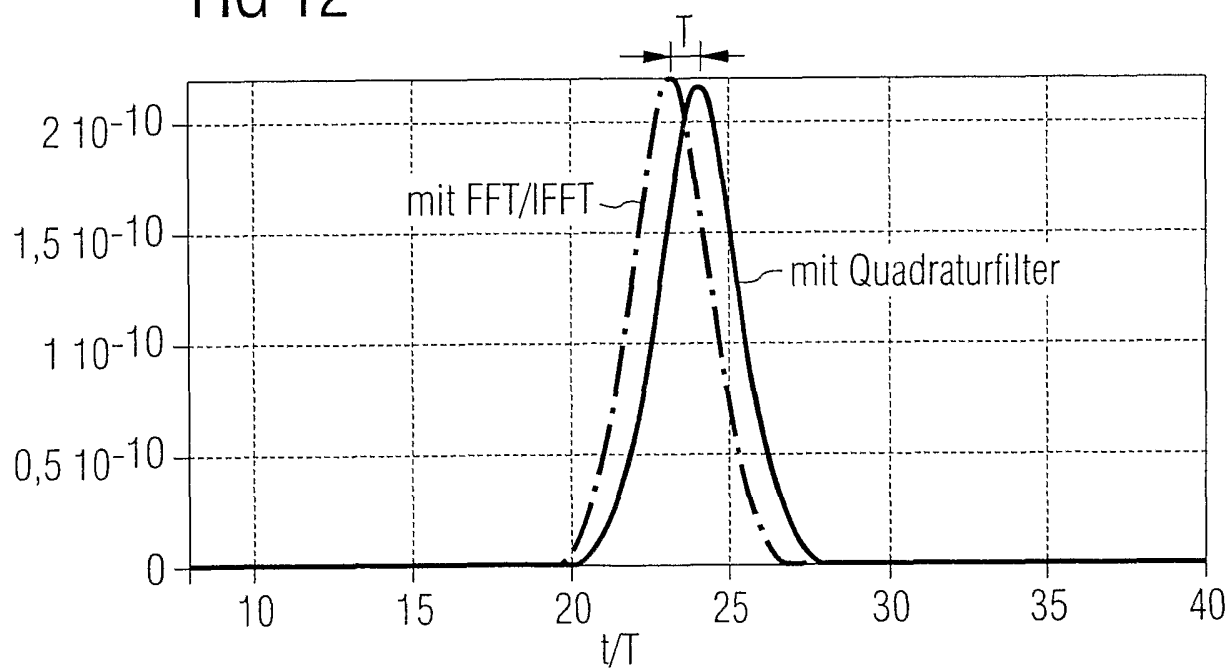


FIG 13A

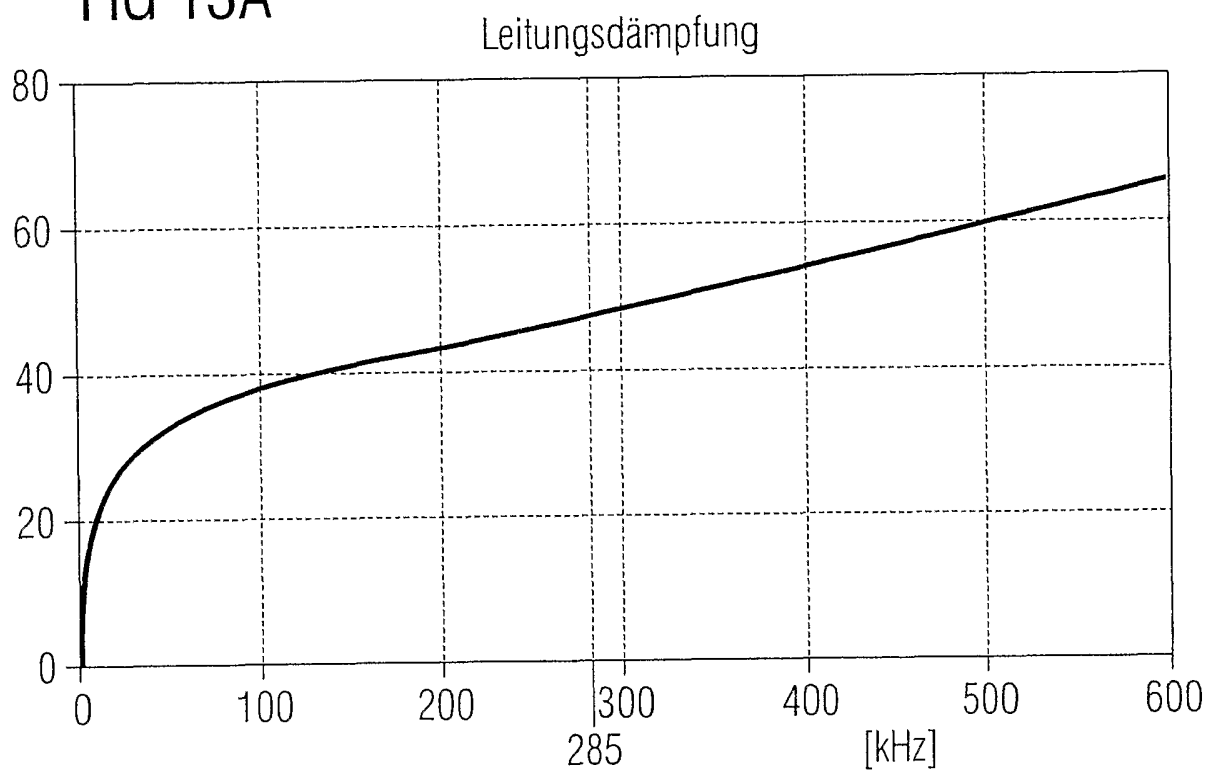
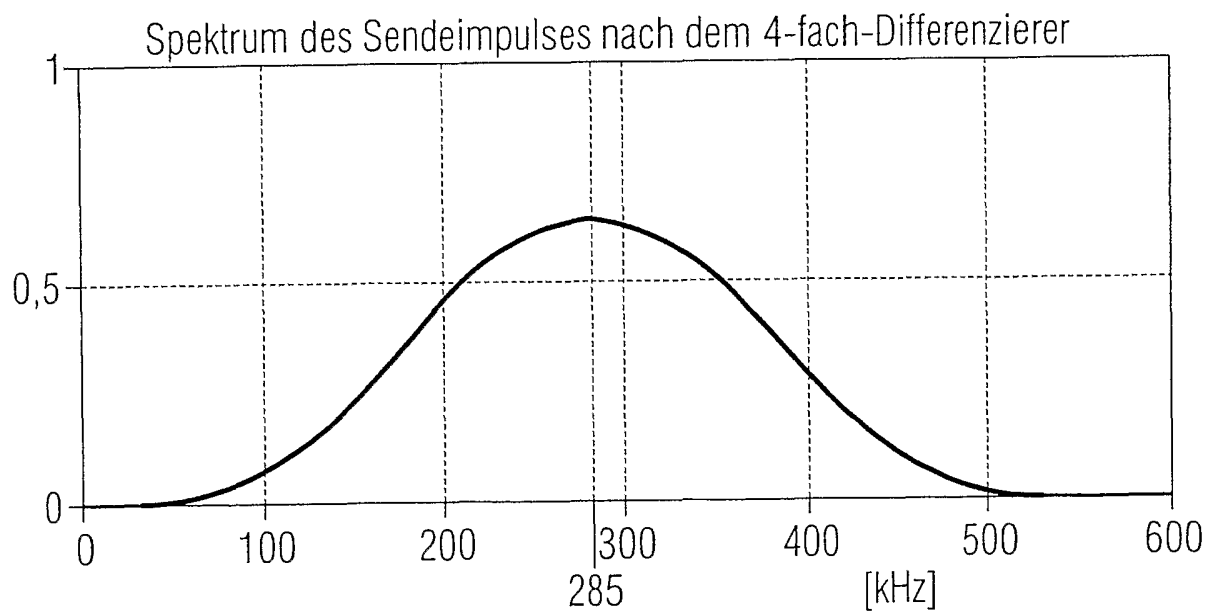


FIG 13B



9/11

FIG 14

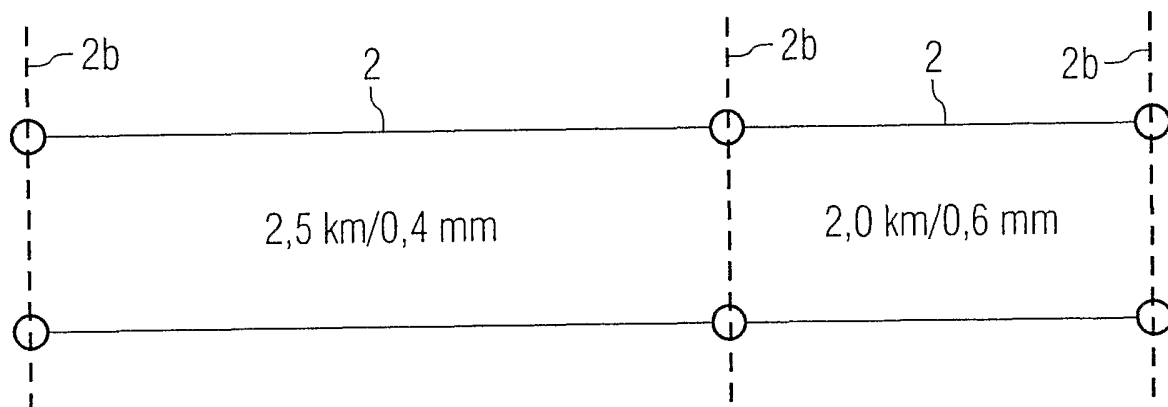


FIG 15

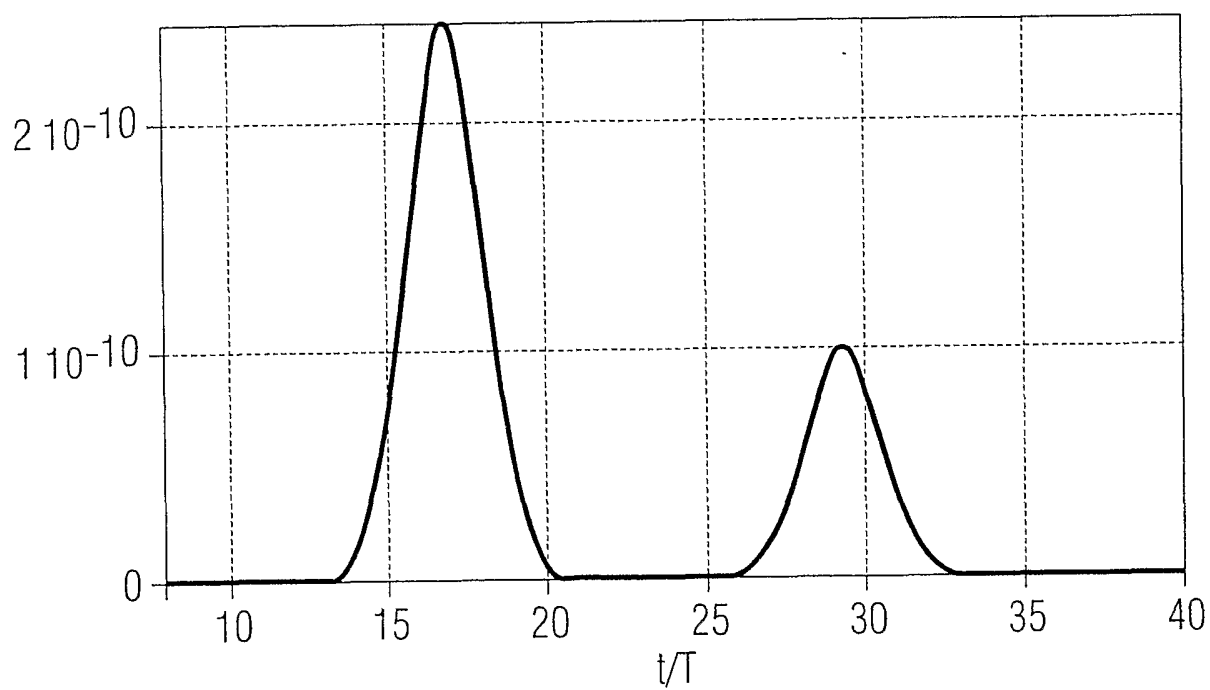


FIG 16

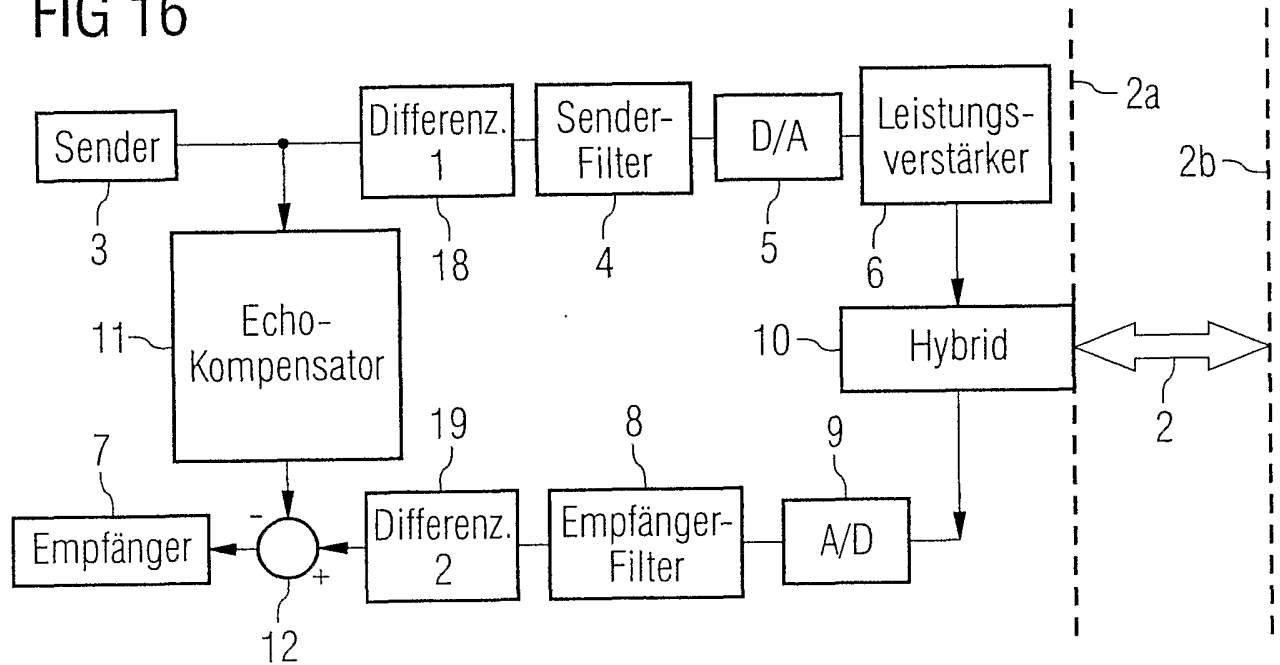


FIG 17

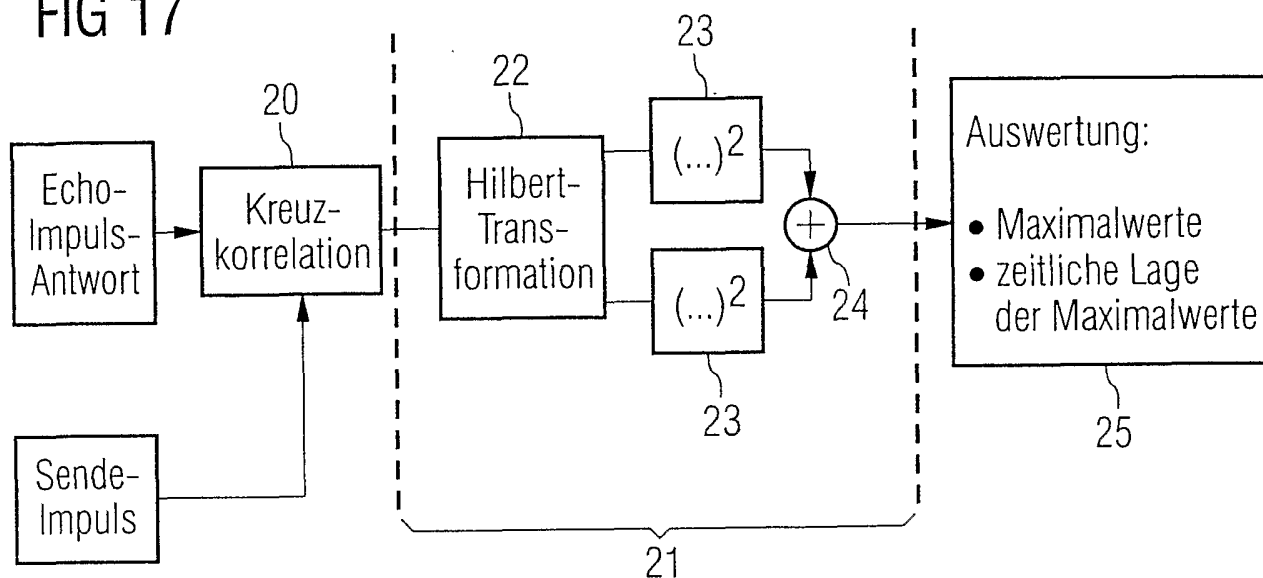
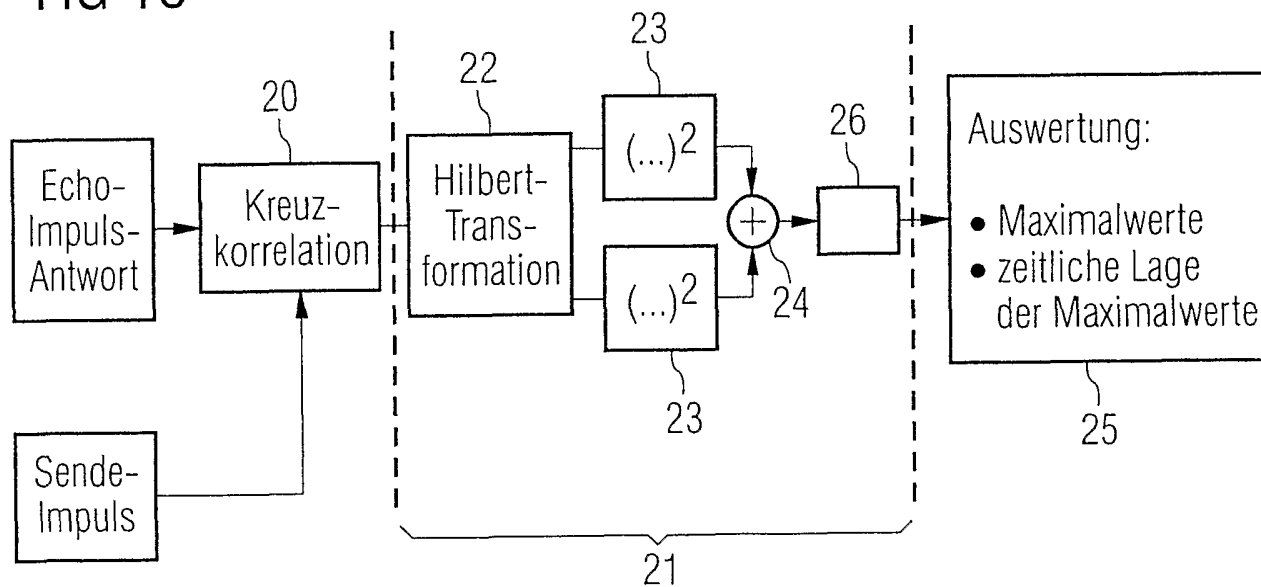


FIG 18



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/05055

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H04B3/46

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 963 057 A (CIT ALCATEL) 8 December 1999 (1999-12-08) paragraphs '0028!', '0029!; figure 1 ---	1-15
A	US 4 307 267 A (PEOPLES JOHN T) 22 December 1981 (1981-12-22) column 3, line 59 -column 4, line 2 -----	1-15

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

3 September 2003

Date of mailing of the international search report

10/09/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

De Iulis, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 03/05055

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
EP 0963057	A	08-12-1999	DE	19825196 A1	09-12-1999
			EP	0963057 A2	08-12-1999
US 4307267	A	22-12-1981	NONE		

INTERNATIONALE RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/05055

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H04B3/46

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 H04B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 963 057 A (CIT ALCATEL) 8. Dezember 1999 (1999-12-08) Absätze '0028!, '0029!; Abbildung 1 ----	1-15
A	US 4 307 267 A (PEOPLES JOHN T) 22. Dezember 1981 (1981-12-22) Spalte 3, Zeile 59 -Spalte 4, Zeile 2 -----	1-15

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

3. September 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

10/09/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

De Iulis, M

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationaler Aktenzeichen

PCT/EP 03/05055

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0963057	A	08-12-1999	DE	19825196 A1		09-12-1999
			EP	0963057 A2		08-12-1999
US 4307267	A	22-12-1981	KEINE			