



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **100 18 133.3**
 (22) Anmeldetag: **12.04.2000**
 (43) Offenlegungstag: **25.10.2001**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **07.12.2006**

(51) Int Cl.⁸: **H03H 21/00 (2006.01)**
H04L 27/01 (2006.01)
H04J 1/00 (2006.01)
H04J 11/00 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Siemens AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:
Kozek, Werner, Dr., 81243 München, DE; Blinn, Thomas, 66894 Käßhofen, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 197 35 216 C2
AL-DHAHIR, N., CIOFFI, J.M.: Optimum Finite-Length Equalization for Multicarrier Transceivers, In: IEEE Transactions on Communications, Januar 1996, Vol. COM-44, No. 1, S. 56-64;

VAN BLADEL, M., MOENECLAHEY, M.:
Time-domain Equalization for Multicarrier Communication, In: IEEE Global Telecommun. Conf. (GLOBECOM'95), Singapore, November 1995, S. 167-171;
GOLUB, G.H., VAN LOAN, C.F.: Matrix Computations, 3. Aufl., Baltimore (u.a.): John Hopkins University Press, 1996, S. 237-239,330-333;
HENKEL, Werner, KESSLER, Thomas: Maximizing the Channel Capacity of Multicarrier Transmission by Suitable Adaptation of the Time-Domain Equalizer. In: IEEE Transactions on Communications, Bd. 48, Nr. 12, Dezember 2000, S. 2000-2005;

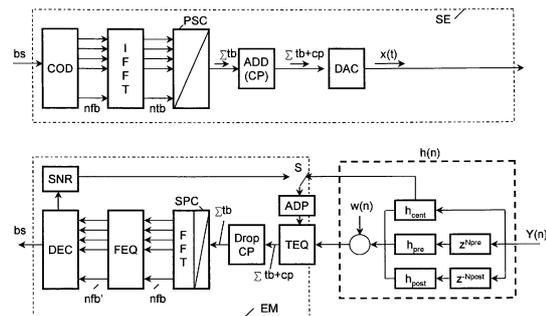
(54) Bezeichnung: **Verfahren und Einrichtung zum Übermitteln von Informationen mit Hilfe eines Multiträgerfrequenz-Signals**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Übermitteln von Informationen mit Hilfe eines über ein dispersives Übertragungsmedium übermittelten Multiträgerfrequenz-Signals ($x(t)$),

bei dem Filterkoeffizienten ($h_{eq,opt}$) eines digitalen Transversalfilters (TEQ) zum Entzerrern des Multiträgerfrequenz-Signals ($x(t)$) bestimmt werden, dadurch gekennzeichnet,

– dass basierend auf einer ermittelten Impulsantwort (h_{chan}) ein alle Filterkoeffizienten (h_{eq}) für unterschiedliche Störsignale ($w(n)$) umfassender, linearer Vektorunterraum (p_{opt}) als eine Lösung eines Teil-Eigenproblems des Vektorraums bestimmt und durch eine orthogonale Basis (e) dargestellt wird,

– dass in Abhängigkeit von dem aktuell geschätzten Störsignal ($w(n)$) die Koeffizienten ($a_{k,opt}$) ermittelt werden, welche die optimalen Filterkoeffizienten ($h_{eq,opt}$) als Element des Vektorunterraums definieren.



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Für die Übertragung von Informationen mit hohen Übertragungsgeschwindigkeiten werden in zunehmendem Maße Multiträgerübertragungsverfahren eingesetzt. Bekannte Verfahren sind beispielsweise das OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) – Übertragungsverfahren und das DMT (Discrete Multitone) – Übertragungsverfahren. Beide Verfahren basieren auf der impliziten Synthese des Multiträgersignals durch schnelle Fouriertransformation und auf der Verwendung eines zyklischen Schutzintervalls. Dieses zyklische Zeitintervall, in der Fachwelt als Prefix bezeichnet, wird zwischen benachbarte Übertragungssignalblöcke eingefügt und enthält eine vorgegebene Anzahl von Abtastwerten des vorhergehenden Übertragungssignalblocks. Die Verwendung eines Prefix ermöglicht eine effiziente Frequenzbereichsentzerrung, sofern die Impulsantwort des äquivalenten, zeitdiskreten Übertragungskanal kürzer als die Länge des Prefix ist. Längere Impulsantworten erfordern die zusätzliche Anwendung eines Zeitbereichsentzerrers. Ein Zeitbereichsentzerrer wird unmittelbar auf die Abtastwerte eines in einem Empfänger ankommenden Übertragungssignals angewendet. Eine übliche Struktur eines Empfängers und eines Senders ist beispielsweise in IEEE 1996, S.56-64, "Optimum Finite-Length Equalization for Multicarrier Transceivers", Al-Dhahir, beschrieben. Bei bestimmten Anwendungen – beispielsweise in der xDSL-Übertragungstechnik (x Digital Subscriber Line) oder der Übertragungstechnik über Stromversorgungsleitungen (Power Line Communication) – ist eine bidirektionale koordinierte Einmessphase möglich, bei der ein Schätzwert der Kanalimpulsantwort ermittelt werden kann. Dieser Schätzwert erlaubt die Adaption des Zeitbereichsentzerrers.

[0002] Aus der Druckschrift IEEE 1995, Van Bladel und Moeneclaey; Seite 167 bis 171, "Time-Domain Equalization for Multicarrier Communication" ist bereits ein Zeitbereichsentzerrer bekannt, bei dem aus einer Kanalimpulsantwort mit Hilfe eines Substitutionssystems – d.h. einem diskreten Equalizermodell – die Koeffizienten für den Zeitbereichsentzerrer ermittelt werden. Die Berechnung läuft auf ein Eigenwertproblem hinaus, welches auf eine geeignet definierte Korrelationsmatrix bezogen ist. Ein Nachteil dieser Methode besteht darin, dass ein abstraktes, mittleres Signal/Rauschverhältnis optimiert wird, welches nicht zu einer optimalen Rate bzw. einer minimalen Bitfehlerwahrscheinlichkeit führt. Eine derartige Optimierung bzw. Ermittlung der Filterkoeffizienten ist in HENKEL, Werner; KESSLER, Thomas: "Maximizing the Channel Capacity of Multicarrier Transmission by suitable Adaption of the Time-Domain Equalizer", in: IEEE Transactions on Communications, Bd. 48 Nr.

12, Dez. 2000, S. 2000-2004, vorgeschlagen. Hierbei ist eine globale Optimierung in einem Vektorraum, dessen Dimension gleich der Länge des zu adaptierenden Transversalfilters ist typisch $k = 32 - 64$ vorgesehen. Die unvermeidliche Größe des Vektorraums führt einerseits zu einem erheblichen numerischen Aufwand, d.h. eine hohe Rechnerleistung, und andererseits zu Instabilitäten der Optimierungsprozedur, die zu einer Reduzierung der erreichbaren Datenübertragungsrate führen kann.

Aufgabenstellung

[0003] Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe besteht darin, die Ermittlung der Koeffizienten für Zeitbereichsentzerrer zu verbessern. Die Aufgabe wird ausgehend von einem Verfahren und einer Einrichtung gemäß dem jeweiligen Oberbegriff der Patentansprüche 1 und 7 durch die jeweils kennzeichnenden Merkmale gelöst.

[0004] Beim erfindungsgemäßen Verfahren werden Informationen mit Hilfe eines über ein dispersives Übertragungsmedium übermittelten Multiträgerfrequenz-Signals übertragen, wobei Filterkoeffizienten eines digitalen Transversalfilters zum Entzerren des Multiträgerfrequenz-Signals bestimmt werden. Der wesentliche Aspekt des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass basierend auf einer ermittelten Impulsantwort mit Hilfe eines Vektorraum-Optimierungsverfahrens ein alle Filterkoeffizienten für unterschiedliche Störsignale umfassender linearer Vektorunterraum als eine Lösung eines Teil-Eigenproblems des Vektorraums bestimmt und durch eine orthogonale Basis dargestellt wird. In Abhängigkeit von dem aktuell geschätzten Störsignal werden die Koeffizienten ermittelt, welche die optimalen Filterkoeffizienten als Element des Vektorunterraums definieren.

[0005] Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist darin zu sehen, daß bei einer Aufteilung in Vektorunterräume zu Beginn einer Datenübertragung der numerische Aufwand, d.h. der Rechneraufwand, für die Ermittlung der Filterkoeffizienten während der Datenübertragung erheblich reduziert werden kann. Dies ist möglich, da die Dimension eines geeigneten Vektorunterraums – beispielsweise $d = 2 - 4$ – erheblich kleiner ist als die Dimension des vollständigen Vektorraums – beispielsweise $d = 32 - 64$. Des Weiteren wird durch die Aufteilung des Vektorraums in Vektorunterräume ein robusteres Verhalten gegenüber Störeinflüssen erreicht.

[0006] Die Ermittlung des Vektorunterraums wird vorteilhaft zu Beginn einer Datenübertragung im Rahmen einer Initialisierungsprozedur durchgeführt und während einer Datenübertragung werden die Filterkoeffizienten als Element des Vektorunterraums nachjustiert – Anspruch 3. Hierdurch ist der Rechen-

aufwand zu Beginn einer Datenübertragung auf die Ermittlung des Vektorunterraums fokussiert und während der Datenübertragung wesentlich verringert, wodurch eine Berechnung der Filterkoeffizienten während der Datenübertragung auch für hohe Übertragungsgeschwindigkeiten möglich wird.

[0007] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Filterkoeffizienten aus dem Vektorunterraum durch ein nichtlineares Optimierungsverfahren ermittelt, wobei für die nichtlineare Optimierung das Signal/Rauschverhältnis für jede Trägerfrequenz bestimmt wird – Anspruch 4. Hierbei wird das nichtlineare Optimierungsverfahren während der Initialisierungsprozedur auf eine Maximierung der Übertragungsgeschwindigkeit und nach der Initialisierungsprozedur auf ein maximales Signal/Rauschverhältnis abgestimmt – Anspruch 5. Dies bedeutet, daß nach der Bestimmung des Vektorunterraums unter Berücksichtigung der maximalen Übertragungsgeschwindigkeit als wesentliche Randbedingung das Signal/Rauschleistungsverhältnis in das nichtlineare Optimierungsverfahren einbezogen ist.

[0008] Der eine Lösung des Teil-Eigenproblems repräsentierende Eigenvektorunterraum wird vorteilhaft durch ein orthogonales Iterationsverfahren berechnet – Anspruch 6. Als Iterationsverfahren für nichtlineare Optimierungsverfahren sind unterschiedliche Verfahren bekannt und einsetzbar.

Ausführungsbeispiel

[0009] Im folgenden wird das erfindungsgemäße Verfahren anhand von drei Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigen

[0010] [Fig. 1](#) in einem Blockschaltbild die Struktur eines nach dem OFDM-Verfahren wirkenden Transceivers,

[0011] [Fig. 2](#) die Impulsantwort des Übertragungskanals, und

[0012] [Fig. 3](#) die Funktionstruktur einer Koeffizienten-Adaption.

[0013] [Fig. 1](#) zeigt die Struktur eines durch einen Sendezweig SE und einen Empfangszweig EM – jeweils durch ein strichpunktiertes Rechteck angedeutet – gebildeten Transceivers für ein Multiträgerfrequenzsignal. Ein derartiges Multiträgersignal wird bei dem OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex)-Übertragungsverfahren eingesetzt. Hierbei wird ein zu sendender Bitstrom bs in einem Codierer COD blockweise gespeichert und die einzelnen Bits eines Blocks werden optimal an die n Trägerfrequenzen bzw. n Subkanäle verteilt. Die verteilten Bits der n Subkanäle werden mit Hilfe des Codierers COD auf

n komplexe Subsymbole nfb abgebildet – Frequenzbereich. Die n komplexen Subsymbole nfb werden anschließend durch eine inverse Fourier Transformation (Inverse Fast Fourier Transform) – meist realisiert durch einen integrierten Schaltkreis IFFT – in n reelle Abtastwerte ntb – diskreter Zeitbereich – transformiert und durch einen Parallel-Serien-Wandler PSC in ein serielles Format, einen Übertragungsblock Σtb bildend, konvertiert. In einer Einheit ADD wird dem seriellen, digitalen Übertragungsblock Σtb ein Zeitintervall bzw. ein Prefix cp vorangestellt und nach einer Digital-Analog-Wandlung durch einen Digital-Analog-Wandler DAC als analoges Übertragungssignal $x(t)$ an einen Übertragungskanal bzw. das Übertragungsmedium – nicht dargestellt – gesendet. Das Prefix cp stellt ein Schutzintervall zwischen zeitlich aufeinanderfolgenden Übertragungsblöcken tb dar und enthält eine vorgegebene Anzahl von Abtastwerten des vorhergehenden Übertragungsblocks tb .

[0014] [Fig. 3](#) zeigt des weiteren im Empfängerzweig schematisch die Wirkungsweise der Adaption eines nach dem erfindungsgemäßen Verfahren wirkenden Zeitbereichsentzerrers TEQ. Die Adaption wird in einer Adaptionseinheit ADP – siehe [Fig. 1](#) – durchgeführt, wobei für die Ermittlung vorzugsweise Signalprozessoren eingesetzt werden. Beim erfindungsgemäßen Verfahren werden für die Adaption grundsätzlich geschätzte Kanalimpulsantworten h_{chan} verwendet, wobei diese mit Hilfe eines geeigneten Schätzverfahrens – beispielsweise der Methode des kleinsten quadratischen Fehlers wie in Golub, van Loan: Matrix Computations, John Hopkins University Press, 1996, Seite 236 beschrieben – ermittelt werden.

[0015] Eine Impulsantwort h_{chan} für einen Übertragungsblock tb kann, wie in [Fig. 2](#) dargestellt, grundsätzlich in drei Teilimpulsantworten zerlegt werden:

- ein zentraler Impulsantwortteil h_{cent} , dessen Länge gleich der Länge des um einen Abtastwert erweiterten Prefix cp entspricht,
- ein Vorläuferimpulsantwortteil h_{pre} und
- ein Nachläuferimpulsantwortteil h_{post} .

[0016] Für die Modellierung des Vorläuferimpulsantwortteils h_{pre} und des Nachläuferimpulsantwortteils h_{post} aus der Kanalimpulsantwort h_{chan} ist jeweils ein Verzögerungsmodul z^{Npre} , z^{-Npost} vorgesehen – siehe [Fig. 1](#). Der zentrale Impulsantwortteil h_{cent} trägt positiv zum Signal/Rauschverhältnis bei, d.h. erhöht das Signal/Rauschverhältnis, während der Vorläuferimpulsantwortteil h_{pre} und der Nachläuferimpulsantwortteil h_{post} das Signal/Rauschverhältnis reduzieren.

[0017] Während der Initialisierungsphase wird die geschätzte Kanalimpulsantwort h_{chan} , d.h. werden alle drei Impulsantwortteile h_{cent} , h_{pre} , h_{post} als Grundlage

für die Adaption, d. h. für die Ermittlung der Koeffizienten des Transversalfilters des Zeitbereichsentzerrers TEQ herangezogen – siehe auch [Fig. 3](#). Aus diesen drei geschätzten Impulsantwortteilen h_{cent} , h_{pre} , h_{post} können jene Matrizen abgeleitet werden, deren Eigenvektoren einen relativ kleindimensionalen ($d = 2$ bis 4) optimalen Vektorunterraum p_{opt} die für die Ermittlung der Koeffizienten $h_{\text{eq,opt}}$ des zu adaptierenden Transversalfilters ($k = 32 - 64$) festlegen. Dieser optimale Vektorunterraum p_{opt} wird einmalig bei Aktivierung eines gegebenen physikalischen Übertragungskanals bzw. eines Übertragungsmediums bzw. zu Beginn einer Datenübertragung ermittelt und bleibt während der Datenübertragung unverändert. Für die Ermittlung des Vektorunterraums p_{opt} kann vorteilhaft die orthogonale Vektoriteration wie beispielsweise in Golub, van Loan: Matrix Computations, John Hopkins University Press, 1996, Seite 332 beschrieben, angewandt werden. Eingangsparmeter für die Adaption sind hierbei die Länge des zyklischen Prefix cp_{len} , die geschätzte Kanalimpulsantwort h_{chan} , und die Dimension d des zu ermittelnden Vektorunterraums p_{opt} . Der optimale Vektorunterraum p_{opt} wird für eine anschließende nichtlineare Optimierung durch Basisvektoren e_k – deren Länge der Anzahl der Transversalfilterkoeffizienten entspricht – dargestellt, d.h. die bei der nichtlinearen Optimierung in Betracht gezogenen Koeffizienten lassen sich mathematisch wie folgt beschreiben:

$$h_{\text{eq}}(n) = \sum_{k=1}^d a_k e_k(n)$$

[0018] Hierbei entspricht d der Dimension des Vektorunterraums und a_k repräsentiert die noch zu optimierenden Koeffizienten.

[0019] Die nichtlineare Optimierung im Vektorunterraum p_{opt} erfolgt während der Datenübertragung laufend, d.h. die Adaption betrifft lediglich jene n Koeffizienten $a_{k,\text{opt}}$, welche für die Identifizierung eines Elements des Vektorunterraums p_{opt} erforderlich sind. Die optimalen Koeffizienten des Transversalfilters TEQ sind also gegeben durch:

$$h_{\text{eq,opt}}(n) = \sum_{k=1}^d a_{k,\text{opt}} e_k(n)$$

[0020] Bei der nichtlinearen Optimierung der Vektorunterräume p_{opt} werden die Einflüsse der additiven Störungen $w(n)$ berücksichtigt. Desweiteren beeinflusst die Adaption des Zeitbereichsentzerrers TEQ auch das Signal/Rauschleistungsverhältnis. Um Instabilitäten aufgrund der Störungen $w(n)$ und der Beeinflussung bei der Adaption des Zeitbereichsentzerrers TEQ zu vermeiden, sind daher kleine Schrittweiten bei üblichen nichtlinearen Optimierungsverfahren sinnvoll.

[0021] Nach der zeitlichen Entzerrung der Kanalim-

pulsantwort h_{chan} bzw. des Übertragungsblocks $\Sigma_{\text{tb}} + cp$ im Zeitbereichsentzerrer TEQ wird in einer Einrichtung DROP das Prefix cp wieder entfernt. Mit Hilfe eines Serien/Parallel-Wandlers SPC werden die Übertragungsblöcke Σ_{tb} wieder in n zeitdiskrete Abtastwerte zerlegt und anschließend durch eine Fourieranalyse FFT (Fast Fourier Transformation) in die n frequenzdiskreten Subsymbole n_{fb} transformiert. Im Frequenzbereich können mit Hilfe eines Frequenzbereichsentzerrers FEQ die die n Trägerfrequenzen repräsentierenden Subsymbole entzerrt werden. Mit Hilfe eines nachgeschalteten Decodierers DEC werden die in den n Trägerfrequenzen enthaltenen Informationen decodiert und zu einem Bitstrom bs zusammengefasst.

[0022] Im Rahmen der Decodierung der Subsymbole wird eine Messung des Signal/Rauschleistungs-Verhältnis SNR in einer mit dem Decodierer verbundenen Signaleinheit SNR durchgeführt. Das Signal/Rauschleistungs-Verhältnis SNR wird über einen Schalter S der Adaptionseinheit ADP zugeführt, in der die Filterkoeffizienten $h_{\text{eq,opt}}$ für den Zeitbereichsentzerrer TEQ ermittelt werden. Das Signal/Rauschleistungs-Verhältnis SNR wird für die Ermittlung der Filterkoeffizienten $h_{\text{eq,opt}}$ während der Datenübertragung, d.h. nach der Initialisierungsphase, in das Optimierungsverfahren einbezogen. Während der Initialisierungsphase, d.h. zu Beginn einer Datenübertragung, wird der zentrale Impulsantwortteil h_{cent} in das Optimierungsverfahren einbezogen, wodurch die Filterkoeffizienten $h_{\text{eq,opt}}$ für eine maximale Übertragungsgeschwindigkeit ermittelt werden. Entsprechend der aktuellen Übertragungsphase – Beginn oder bei laufender Datenübertragung – wird mit Hilfe des Schalters S entweder das Signal/Rauschleistungs-Verhältnis SNR oder der zentrale Impulsantwortteil h_{cent} an die Adaptionseinheit ADP geschaltet.

[0023] Die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist nicht auf das vorhergehend beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt, sondern kann bei allen Übertragungsverfahren eingesetzt werden, bei denen aus einer Kanalimpulsantwort h_{chan} ein umfangreicher, mehrdimensionaler Vektorraum ermittelt wird und aus dem für eine Optimierung eines Zeitbereichsentzerrers eine möglichst geringe Anzahl von Filterkoeffizienten ermittelt werden soll. Hierbei können unterschiedliche Optimierungsverfahren zur Bestimmung des Vektorunterraums bzw. des Eigenwertproblems und auch für die nichtlineare Optimierung des Vektorunterraums verwendet werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Übermitteln von Informationen mit Hilfe eines über ein dispersives Übertragungsmedium übermittelten Multiträgerfrequenz-Signals ($x(t)$), bei dem Filterkoeffizienten ($h_{\text{eq,opt}}$) eines digitalen

Transversalfilters (TEQ) zum Entzerren des Multiträgerfrequenz-Signals ($x(t)$) bestimmt werden,

dadurch gekennzeichnet,

– dass basierend auf einer ermittelten Impulsantwort (h_{chan}) ein alle Filterkoeffizienten (h_{eq}) für unterschiedliche Störsignale ($w(n)$) umfassender, linearer Vektorunterraum (p_{opt}) als eine Lösung eines Teil-Eigenproblems des Vektorraums bestimmt und durch eine orthogonale Basis (e) dargestellt wird,
 – dass in Abhängigkeit von dem aktuell geschätzten Störsignal ($w(n)$) die Koeffizienten ($a_{k,\text{opt}}$) ermittelt werden, welche die optimalen Filterkoeffizienten ($h_{\text{eq,opt}}$) als Element des Vektorunterraums definieren.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die optimalen Filterkoeffizienten ($h_{\text{eq,opt}}$) als Element des Vektorunterraums gemäß

$$h_{\text{eq,opt}}(n) = \sum_{k=1}^d a_{k,\text{opt}} e_k(n)$$

definiert sind, wobei n der Anzahl der Koeffizienten und d der Dimension des Vektorunterraums entspricht.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Ermittlung des Vektorunterraums (p_{opt}) zu Beginn einer Datenübertragung im Rahmen einer Initialisierungsprozedur durchgeführt wird und während einer Datenübertragung die Filterkoeffizienten ($h_{\text{eq,opt}}$) als Element des Vektorunterraums nachjustiert werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Filterkoeffizienten ($h_{\text{eq,opt}}$) aus dem Vektorunterraum (p_{opt}) durch ein nichtlineares Optimierungsverfahren ermittelt werden, wobei für die nichtlineare Optimierung das Signal/Rauschverhältnis (SNR) für jede Trägerfrequenz (n) bestimmt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet,
 dass das nichtlineare Optimierungsverfahren
 – während der Initialisierungsprozedur auf eine Maximierung der Übertragungsgeschwindigkeit und
 – nach der Initialisierungsprozedur auf ein maximales Signal/Rauschverhältnis (SNR) abgestimmt ist.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das der eine Lösung des Teil-Eigenproblems repräsentierende Eigenvektorunterraum durch ein orthogonales Iterationsverfahren berechnet wird.

7. Einrichtung zum Übermitteln von Informationen mit Hilfe eines über ein mit der Einrichtung verbindbares dispersives Übertragungsmedium übermittelten Multiträgerfrequenz-Signals ($x(t)$),

mit Mitteln zur Bestimmung von Filterkoeffizienten ($h_{\text{eq,opt}}$) eines digitalen Transversalfilters (TEQ) zum Entzerren es Multiträgerfrequenz-Signals ($x(t)$),

dadurch gekennzeichnet,

dass die Mittel zur Bestimmung der Filterkoeffizienten derart ausgestaltet sind,

– dass basierend auf einer ermittelten Impulsantwort (h_{chan}) ein alle Filterkoeffizienten (h_{eq}) für unterschiedliche Störsignale ($w(n)$) umfassender, linearer Vektorunterraum (p_{opt}) als eine Lösung eines Teil-Eigenproblems des Vektorraums bestimmt und durch eine orthogonale Basis (e) dargestellt wird, und
 – dass in Abhängigkeit von dem aktuell geschätzten Störsignal ($w(n)$) die Koeffizienten ($a_{k,\text{opt}}$) ermittelt werden, welche die optimalen Filterkoeffizienten ($h_{\text{eq,opt}}$) als Element des Vektorunterraums definieren.

8. Einrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung als Transceiver ausgestaltet ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

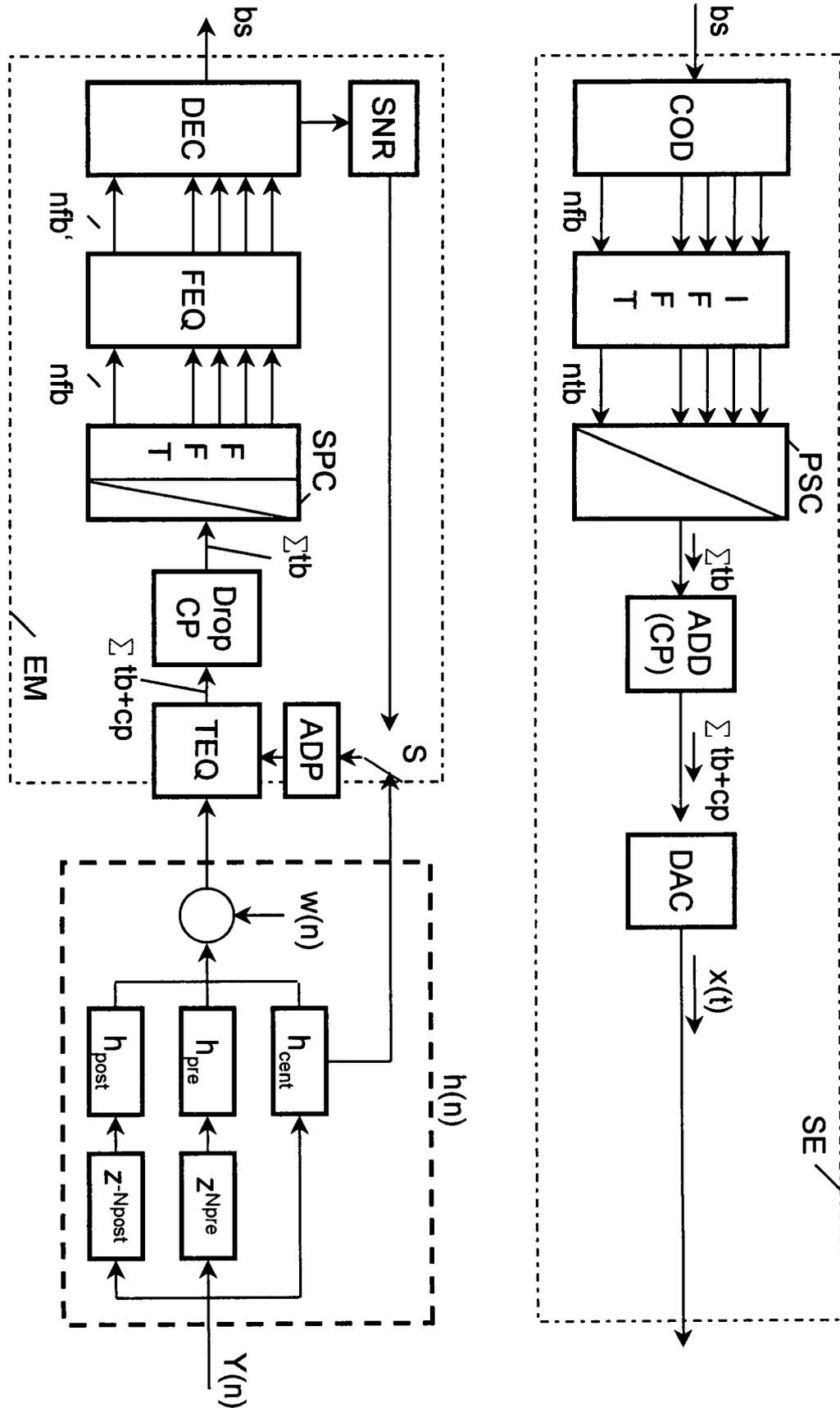


Fig. 1

Fig.2

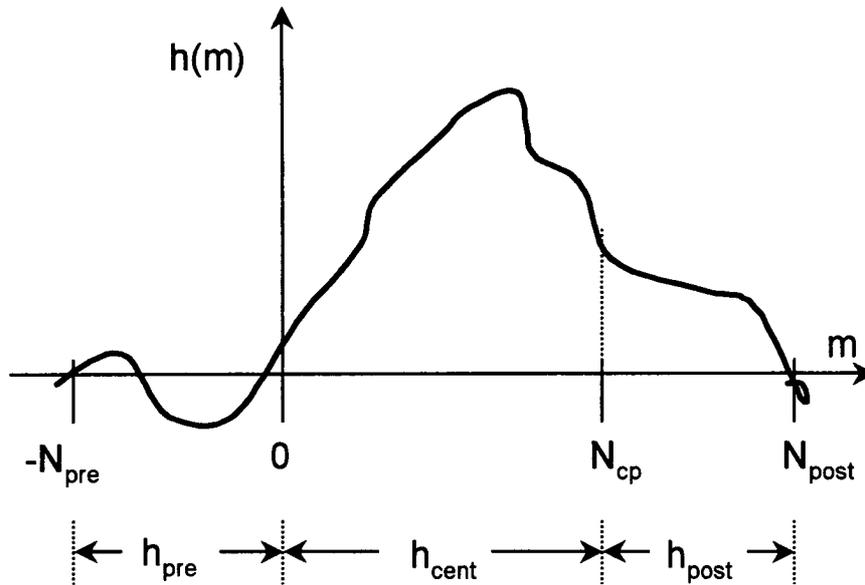


Fig.3

