



(10) **DE 10 2013 224 664 B4** 2017.03.16

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2013 224 664.1**
(22) Anmeldetag: **02.12.2013**
(43) Offenlegungstag: **05.06.2014**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **16.03.2017**

(51) Int Cl.: **H04L 27/01** (2006.01)
H04J 11/00 (2006.01)
H04B 7/005 (2006.01)
H04L 27/30 (2006.01)
H04B 1/10 (2006.01)

Innerhalb von neun 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. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:

2012-264260 **03.12.2012** **JP**
2013-162451 **05.08.2013** **JP**

(73) Patentinhaber:

MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION, Tokyo,
JP

(74) Vertreter:

HOFFMANN - EITLE Patent- und Rechtsanwälte
PartmbB, 81925 München, DE

(72) Erfinder:

Shimbo, Daisuke, Tokyo, JP; Ito, Naosuke, Tokyo,
JP; Nakayama, Hiroyuki, Tokyo, JP

(56) Ermittelter Stand der Technik:

siehe Folgeseiten

(54) Bezeichnung: **Ausgleichsvorrichtung und -verfahren**

(57) Hauptanspruch: Ausgleichsvorrichtung (100), umfassend:

eine erste Fourier-Transformationseinheit (110) zum Transformieren eines Empfangssignals in eine Frequenzdomäne;

eine Kanal-Charakteristik-Berechnungseinheit (120) zum Berechnen einer ersten Kanal-Charakteristik, welche den Pilotträger betrifft, wobei die erste Kanal-Charakteristik in Relation auf eine Frequenzabweichungsachse und eine Verzögerungszeitachse ausdrückbar ist;

eine Kanal-Charakteristik-Partitionierungseinheit (130) zum Partitionieren der ersten Kanal-Charakteristik in Komponenten, die in einer Mehrzahl von Regionen entsprechend einer Mehrzahl von ersten Intervallen auf der Frequenzabweichungsachse und einer Mehrzahl von zweiten Intervallen auf der Verzögerungszeitachse angeordnet sind;

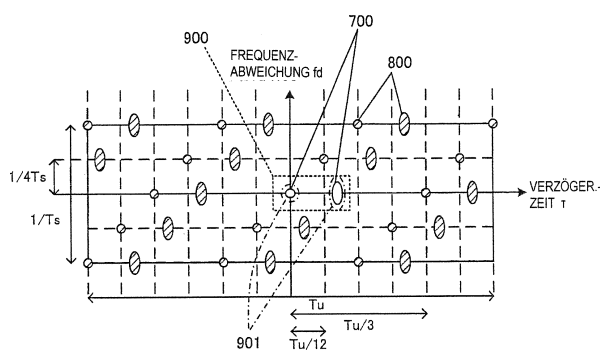
eine erwünscht-Komponenten-Extraktionseinheit (140, 150) zum Extrahieren erwünschter Komponenten aus den durch die Kanal-Charakteristik-Partitionierungseinheit (130) ermittelten Komponenten durch Identifizieren der erwünschten Komponenten aus einer Verteilungssymmetrie der Komponenten, die durch die Kanal-Charakteristik-Partitionierungseinheit (130) in Bezug auf eine Symmetrieachse, die sich parallel zur Verzögerungszeitachse bei einer vorbestimmten Frequenzabweichung erstreckt, ermittelt wird, oder durch Identifizieren unerwünschter Komponenten aus der Verteilungssymmetrie der Komponenten, die durch die Kanal-Charakteristik-Partitionierungseinheit (130) in Bezug auf die Symmetrieachse, die sich parallel

zur Verzögerungszeitachse bei einer vorbestimmten Frequenzabweichung erstreckt, ermittelt wird, und Unterdrücken der unerwünschten Komponenten;

eine Kanal-Charakteristik-Kombiniereinheit (160) zum Erzeugen einer zweiten Kanal-Charakteristik durch Kombinieren der durch die erwünscht-Komponenten-Extraktionseinheit (140, 150) extrahierten erwünschten Komponenten; und

eine Ausgleichseinheit (170) zum Verwenden der zweiten Kanal-Charakteristik, um Kanalverzerrung im empfangenen Signal nach Transformation in die Frequenzdomäne durch die erste Fourier-Transformationseinheit (110) zu kompensieren,

wobei die Mehrzahl von Regionen symmetrisch um die Symmetrieachse angeordnet sind, die ...



(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	7 940 848	B2
US	8 064 507	B1
US	8 520 783	B2
US	2008 / 0 175 140	A1
US	2009 / 0 135 923	A1
US	2011 / 0 158 334	A1
US	2011 / 0 206 146	A1
US	2012 / 0 020 427	A1
EP	2 387 840	B1
EP	1 564 946	A2
JP	3 802 031	B2

Beschreibung**HINTERGRUND DER ERFINDUNG****1. Gebiet der Erfindung**

[0001] Diese Erfindung bezieht sich auf eine Ausgleichsvorrichtung und ein Ausgleichsverfahren.

2. Beschreibung verwandten Stands der Technik

[0002] Orthogonalfrequenzteilmultiplexing (OFDM), bei dem eine Mehrzahl orthogonaler Träger in jeder Symboldauer gemultiplext sind, wird in vielen Drahtlos-Kommunikationssystemen und beim terrestrischem Digitalrundfunk verwendet. Wenn ein OFDM-Signal in einem sich bewegenden Objekt, wie etwa einem Auto, empfangen wird, kann das Signal durch Reflektion, Streuung und Diffraktion von Hindernissen wie etwa Gebäuden und durch Variationen in der Signalübertragungs Umgebung mit Bewegung des Objektes gestört sein.

[0003] Um eine solche Störung zu kompensieren, schätzt der Empfänger die Charakteristik der Signalübertragungs Umgebung ab und multipliziert das Empfangssignal mit den Umgekehrten der abgeschätzten Charakteristik. Die Abschätzung der Signalübertragungs Umgebung wird allgemein als Kanalabschätzung bezeichnet. Als Hilfe für die Kanalabschätzung inseriert der Sender zusätzlich zu den gesendeten Daten ein bekanntes Signal in das gesendete Signal, und der Empfänger berechnet eine Kanalstörung des bekannten Signals, und verwendet dann Interpolation zwischen Trägern und zwischen Symbolen, um die Signalübertragungs Umgebung in den Datenintervallen abzuschätzen. Verbesserte Kanalabschätztechniken sind für den genauen Empfang unter ungünstigen Kanalbedingungen mit ausgesprochenen Variationen kritisch.

[0004] Im japanischen Patent JP 3802031 B2 beschreibt Abe ein Kanalabschätzverfahren, bei dem die Kanal-Charakteristik aus einem gestreuten Piloten (SP) als einem Pilotträgersignal berechnet wird und eine zweidimensionale diskrete Fourier-Transformation durchgeführt wird, um den Kanal abzuschätzen. Bei dieser bekannten Technik wird zuerst eine zweidimensionale diskrete Fourier-Transformation in Bezug auf Trägerfrequenz und Symbolzeit ausgeführt, um eine Kanal-Charakteristik zu erzeugen, die Verzögerungszeit und Frequenzabweichung enthält. **Fig. 1** illustriert schematisch das Ergebnis der zweidimensionalen diskreten Fourier-Transformation für einen Rice-Kanal einschließlich einer Direktwelle mit keiner zeitlichen Abweichung und einer verzögerten Rayleigh-Welle. Die erwünschte Kanal-Charakteristik **700** geht mit unerwünschten Wiederholungen **800** einher, wie durch Schraffur in **Fig. 1** angezeigt. Aus einer vorbestimmten ersten Filterextraktionsregion **900** in den durch die zweidimensionale diskrete Fourier-Transformation transformierten Signalen werden zweite Filterextraktionsregionen **901**, welche höhere Leistungskomponenten der ersten Filterextraktionsregion **900** enthalten, ausgewählt und es werden die unerwünschten Wiederholungskomponenten **800** unterdrückt, was die erwünschte Kanal-Charakteristik **700** lässt. Eine zweidimensionale inverse Fourier-Transformation wird dann am Ergebnis durchgeführt, um die Kanal-Charakteristik abzuschätzen. Bei dieser Technik führt die Unterdrückung der Wiederholungskomponenten **800** auch zur Interpolation der Signal-Charakteristik bei Nicht-SP-Datenintervallen in den Frequenz- und Symbol-Zeitrichtungen.

[0005] Durch Filtern der Ergebnisse der zweidimensionalen Fourier-Transformation ist die Abe-Technik in der Lage, sowohl unerwünschte Wiederholungskomponenten als auch Gauss'sche Rauscheffekte zu unterdrücken, aber wenn eine große Frequenzabweichung vorliegt, können die unerwünschten Komponenten in die vorbestimmte Region eindringen, in welchem Fall eine genaue Kanal-Charakteristik nicht erhalten wird. Ein Beispiel wird in **Fig. 2** gezeigt, in welchem aufgrund großer zeitlicher Abweichung in einem Zwei-Signal-Rice-Kanal eine unerwünschte Komponente **801** sich in die Region **902** erstreckt, aus welcher die erwünschte Kanal-Charakteristik **701** extrahiert wird, was dazu führt, dass eine unerwünschte Region **904** zusätzlich zu den erwünschten Regionen **903** extrahiert wird.

[0006] US 8 064 507 B1 beschreibt einen OFDM-Empfänger. Ein zweiter Satz von Kanalschätzungen wird basierend auf einer Wiener-Filterinterpolation eines ersten Satzes von Kanalschätzungen erzeugt. Die Koeffizienten des Wiener-Interpolationsfilters basieren auf einer Kanalantwort-Schätzung, die zwei oder mehr enge Bereiche mit nicht verschwindender Amplitude enthält, die durch zwei oder mehr breite Bereiche mit einer im Wesentlichen verschwindenden Amplitude getrennt sind.

[0007] Weitere Ausgleichsvorrichtungen mit Kanalschätzern, die eine Aliasing-Unterdrückung durchführen sind aus EP 1 564 946 A2, US 7 940 848 B2, US 8 520 783 B2, US 2011/0206146 A1, US 2012/0020427 A1, US 2009/0135923 A1, US 2011/0158334 A1, EP 2 387 840 B1 und US 2008/0175140 A1 bekannt.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0008] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Kanalabschätzung in einer Weise auszuführen, die sich auf große Frequenzabweichungen in der Kanalumgebung adaptiert.

[0009] Die Erfindung stellt eine Ausgleichsvorrichtung mit den Merkmalen gemäß Patentanspruch 1 bereit.

[0010] Die abhängigen Patentansprüche beschreiben bevorzugte Ausführungsformen.

[0011] Die Erfindung stellt auch ein Ausgleichsverfahren mit den Merkmalen gemäß Patentanspruch 17 bereit.

[0012] Die obige Vorrichtung und das Verfahren können Kanalabschätzung auf eine Weise ausführen, die sich an große Frequenzabweichungen in der Kanalumgebung adaptiert.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0013] In den beigefügten Zeichnungen:

[0014] Fig. 1 illustriert schematisch das Ergebnis einer zweidimensionalen Fourier-Transformation für einen Rice-Kanal mit zwei Signalen und kleiner zeitlicher Abweichung;

[0015] Fig. 2 illustriert schematisch das Ergebnis einer zweidimensionalen Fourier-Transformation für einen Rice-Kanal mit zwei Signalen und großer zeitlicher Abweichung;

[0016] Fig. 3 illustriert ein Blockdiagramm, das schematisch die Konfiguration einer Ausgleichsvorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung illustriert;

[0017] Fig. 4 illustriert schematisch die Struktur eines OFDM-Symbols in der ersten Ausführungsform;

[0018] Fig. 5 illustriert schematisch die Platzierung eines zerstreuten Pilotsignals in der ersten Ausführungsform;

[0019] Fig. 6 illustriert schematisch eine beispielhafte Unterteilung der Kanal-Charakteristik in der ersten Ausführungsform;

[0020] Fig. 7 illustriert schematisch beispielhafte Filterpassbänder in der ersten Ausführungsform;

[0021] Fig. 8 illustriert schematisch eine Partitionierung der Frequenzabweichungsachse in der ersten Ausführungsform;

[0022] Fig. 9 illustriert schematisch die Leistungsverteilung des gestreuten Piloten in einem Zwei-Signal-Rice-Kanal in einem Raum mit einer Frequenzabweichungsachse und einer Verzögerungszeitachse in der ersten Ausführungsform;

[0023] Fig. 10 illustriert schematisch die Leistungsverteilung des gestreuten Piloten in einem Drei-Signal-Rice-Kanal in einem Raum mit einer Frequenzabweichungsachse und einer Verzögerungszeitachse in der ersten Ausführungsform;

[0024] Fig. 11 illustriert schematisch eine Region zum Abschätzen von Rausch-Leistung in der ersten Ausführungsform;

[0025] Fig. 12 illustriert schematisch einen beispielhaften Vergleich von Kanal-Charakteristik-Leistungssymmetrie und Kanal-Charakteristikunterdrückung in der ersten Ausführungsform;

[0026] Fig. 13 illustriert schematisch die Unterdrückung der Wiederholungskomponenten in Trägern, in denen kein gestreuter Pilot anwesend sein kann, in der ersten Ausführungsform;

[0027] Fig. 14 ist ein Flussdiagramm, das das Ausgleichsverfahren illustriert, das durch die Ausgleichsvorrichtung in der ersten Ausführungsform verwendet wird;

[0028] Fig. 15 ist ein Blockdiagramm, das schematisch die Konfiguration einer Ausgleichsvorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform illustriert;

[0029] Fig. 16 ist ein Blockdiagramm, welches schematisch die Konfiguration der Kanal-Charakteristik-Partitionierungseinheit in der zweiten Ausführungsform illustriert;

[0030] Fig. 17 ist ein Blockdiagramm, das schematisch die Konfiguration der Kanal-Charakteristik-Kombinierungseinheit in der zweiten Ausführungsform illustriert;

[0031] Fig. 18 ist ein Blockdiagramm, das schematisch die Konfiguration einer Ausgleichsvorrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform illustriert;

[0032] Fig. 19 illustriert schematisch die Leistungsverteilung der Kanal-Charakteristik zur Frequenzabweichung und Verzögerungszeitachsen in der dritten Ausführungsform;

[0033] Fig. 20 ist ein Blockdiagramm, welches schematisch die Konfiguration der Kanal-Charakteristik-Partitionierungseinheit gemäß einer Variation der dritten Ausführungsform illustriert;

[0034] Fig. 21 ist ein Blockdiagramm, das schematisch die Konfiguration der Kanal-Charakteristik-Kombinierungseinheit gemäß einer Variation der dritten Ausführungsform illustriert;

[0035] Fig. 22 ist ein Blockdiagramm, das schematisch die Konfiguration der Kanal-Charakteristik-Partitionierungseinheit gemäß einer vierten Ausführungsform illustriert;

[0036] Fig. 23 ist ein Blockdiagramm, das schematisch die Konfiguration einer Kanal-Charakteristik-Partitionierungseinheit gemäß der vierten Ausführungsform illustriert;

[0037] Fig. 24 illustriert schematisch Verschiebungen in der Frequenzabweichungsachsenrichtung und Verzögerungszeitachsenrichtung in der ersten Ausführungsform;

[0038] Fig. 25 illustriert schematisch Komponenten von Regionen, die aus Verschiebungen in der Frequenzabweichungsachsenrichtung und Verzögerungszeitachsenrichtung in der vierten Ausführungsform berechnet sind;

[0039] Fig. 26 ist ein Blockdiagramm, das schematisch die Konfiguration einer Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheit gemäß einer fünften Ausführungsform illustriert;

[0040] Fig. 27 illustriert schematisch eine beispielhafte Partitionierung der Kanal-Charakteristik bei N-Punkt-Intervallen auf der Trägerfrequenzachse in der fünften Ausführungsform;

[0041] Fig. 28 illustriert schematisch eine gestreute Pilotkanal-Charakteristik, die ohne Partitionierung berechnet wird in der fünften Ausführungsform;

[0042] Fig. 29 illustriert schematisch eine gestreute Pilotkanal-Charakteristik, die mit Partitionierung berechnet wird, in der fünften Ausführungsform;

[0043] Fig. 30 ist ein Blockdiagramm, das schematisch die Konfiguration der Träger-Fourier-Transformationseinheit gemäß der fünften Ausführungsform illustriert;

[0044] Fig. 31 illustriert schematisch eine Fensterfunktion in der fünften Ausführungsform; und

[0045] Fig. 32 ist ein Blockdiagramm, das schematisch die Konfiguration einer Variation der Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheit gemäß der fünften Ausführungsform illustriert.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0046] Ausführungsformen der Erfindung werden nun unter Bezugnahme auf die beigelegten Zeichnungen beschrieben, in denen ähnliche Elemente durch ähnliche Bezugszeichen angezeigt werden.

[0047] Bezug nehmend auf **Fig. 3** beinhaltet die Ausgleichsvorrichtung **100** in der ersten Ausführungsform eine Fourier-Transformationseinheit **110**, eine Streupilot-(SP)-Kanal-Charakteristik-Berechnungseinheit **120**, eine Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheit **130**, eine Repetitionsabschätzeinheit **140**, eine Repetitionsunterdrückungseinheit **150**, eine Kanal-Charakteristik-Kombiniereinheit **160** und eine Ausgleichseinheit **170**. Die Repetitionsabschätzeinheit **140** und die Repetitionsunterdrückungseinheit **150** bilden eine Wunschkomponenten-Extraktionseinheit.

[0048] Die Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheit **130** beinhaltet erste bis M-te Symbolfiltereinheiten **131-1** bis **131-M** und erste bis M-te Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheiten **132-1** bis **132-M**, wobei M eine Ganzzahl gleich oder größer als Zwei ist. Die Kanal-Charakteristik-Kombiniereinheit **160** beinhaltet eine Addiereinheit **161** und eine Träger-Fourier-Transformationseinheit **162**.

[0049] Die Ausgleichsvorrichtung **100** bildet einen Teil eines (nicht gezeigten) Empfängers, der OFDM-Symbole SBL des in **Fig. 4** gezeigten Typs empfängt, einschließlich eines Wachintervalls (GI, guard interval), das dem validen Symbolteil vorhergeht. Die Gesamtsymboldauer T_s in **Fig. 4** besteht aus der Führungsintervalldauer T_{gi} und der Validsymboldauer T_u . Das OFDM-Symbol SBL wird durch eine inverse diskrete Fourier-Transformation mit F_{DFT} -Punkten erzeugt; im OFDM-Symbol SBL werden die gestreuten Piloten wie in **Fig. 5** gezeigt gesetzt. Der gestreute Pilot SP wird wie in **Fig. 5** gezeigt eingefügt, bei Intervallen von vier Symbolen in einer Zeitrichtung und zwölf Trägern in einer Frequenzrichtung, mit einer Verschiebung von drei Trägerpositionen pro Symbol. Entsprechend beträgt die Anzahl von Trägern, in denen der gestreute Pilot eingefügt werden kann $F_{DFT}/3$. Diese Signalkonfiguration wird auch in den nachfolgenden Ausführungsformen verwendet.

[0050] Wieder Bezug nehmend auf **Fig. 3** führt die Fourier-Transformationseinheit **110** eine diskrete Fourier-Transformation mit F_{DFT} -Punkten aus, um die individuellen Trägersignale zu ermitteln. Diese Transformation wandelt das Empfangssignal in die Frequenzdomäne um. Die Fourier-Transformationseinheit **110** wird auch als die erste Fourier-Transformationseinheit bezeichnet.

[0051] Die Streupilot-Kanal-Charakteristik-Berechnungseinheit **120** berechnet eine Pilot-Charakteristik, welche die Pilotträger, die im Empfangssignal enthalten sind, berührt. Die durch die Streupilot-Kanal-Charakteristik-Berechnungseinheit **120** berechnete Kanal-Charakteristik wird auch als die erste Kanal-Charakteristik oder die gestreute Pilotkanal-Charakteristik bezeichnet. Beispielsweise extrahiert die Streupilot-Kanal-Charakteristik-Berechnungseinheit **120** das gestreute Pilotsignal aus dem durch die Fourier-Transformationseinheit **110** ermittelten individuellen Trägersignalen und ermittelt die Kanal-Charakteristik, welche den gestreuten Piloten betrifft, durch Teilen der extrahierten gestreuten Pilotwerte durch bekannte Werte. Die Streupilot-Kanal-Charakteristik-Berechnungseinheit **120** gibt eine Kanal-Charakteristik für jeden dritten Träger aus, das heißt für die Träger, in die der gestreute Pilot eingefügt werden kann, und gibt Null-Werte für die Träger aus, in die der gestreute Pilot nicht eingefügt werden kann. Die Streu-Pilotkanal-Charakteristik kann als eine komplexe Funktion mit Trägerfrequenz und Symbolzeit als Variablen angesehen werden. Eine SP-Kanal-Charakteristik mit $F_{DFT}/3$ -Punkten pro Symbol wird auf die Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheit **130** angewendet.

[0052] Die Kanal-Charakteristik wird als eine Kanal-Charakteristik unabhängig von verschiedenen Umwandlungen der Zeitachse und Frequenzachse bezeichnet. Die Dimensionen der diskutierten Kanalabschätzung werden nach Bedarf notiert. Beispielsweise kann die Ausgabe aus der Streupilot-Kanal-Charakteristik-Berechnungseinheit **120** als eine Funktion von Trägerfrequenz und Symbolzeit ausgedrückt werden, aber die Kanal-Charakteristik in **Fig. 1** und im meisten der unten stehenden Diskussion ist auf einer Verzögerungszeitachse durch Durchführen einer inversen Fourier-Transformation mit Bezug auf die Trägerfrequenz und auf eine Frequenzabweichungsachse durch Durchführen einer Fourier-Transformation in Bezug auf Symbolzeit ausgedrückt worden.

[0053] Die Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheit **130** teilt die durch die Streupilot-Kanal-Charakteristik-Berechnungseinheit **120** berechnete Kanal-Charakteristik in Komponenten, die in einer Mehrzahl von Partitionen entsprechend einer Mehrzahl von ersten Intervallen auf der Frequenzabweichungsachse mit einer Mehrzahl von zweiten Intervallen auf der Verzögerungszeitachse auftreten. Die Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheit **130** teilt beispielsweise die aus der Streupilot-Kanal-Charakteristik-Berechnungseinheit **120** ermittelten gestreuten Pilotkanal-Charakteristik in N Intervalle auf der Verzögerungszeitachse und M Intervalle auf der Frequenzabweichungsachse, wie in **Fig. 6** gezeigt. Die Partitionen werden vorzugsweise symmetrisch in Bezug auf die Verzögerungszeitachse platziert. In der ersten Ausführungsform, weil die gestreute Pilotkanal-Charak-

teristik $F_DFT/3$ -Punkte pro Symbol aufweist, ist N gleich $F_DFT/3$. Bezugszeichen **702** in **Fig. 6** bezeichnen eine erwünschte Komponente und Bezugszeichen **802** bezeichnen unerwünschte Komponenten.

[0054] Als Nächstes wird ein spezifisches Verfahren der Partitionierung der gestreuten Pilotkanal-Charakteristik beschrieben.

[0055] Jede der ersten bis M -ten Filtereinheiten **131-1** bis **131-M** wird als ein finites Impulsantwort-(FIR)-Filter oder ein infinites Impulsantwort-(IIR)-Filter konfiguriert und jedes hat seine eigene Filter-Charakteristik. Die Filter, welche die ersten bis M -ten Symbolfiltereinheiten **131-1** bis **131-M** bilden, werden auch als erste Filter bezeichnet. Die m -te Symbolfiltereinheit **131-m** ($1 \leq m \leq M$) führt einen Filterprozess in der Symbolrichtung durch die auf N Trägern mit einem eingefügten gestreuten Symbol in der gestreuten Pilotkanal-Charakteristik durchgeführt wird, wie in der nachfolgenden Gleichung (1) gezeigt.

$$g_m(k,l) = \sum_p h(k,l-p)a_m(p) \quad \left(0 \leq k \leq \frac{F_DFT}{3} - 1 \right) \quad (1)$$

[0056] In Gleichung (1) bezeichnet $h(\bullet)$ die gestreute Pilotkanal-Charakteristik, ist k ein Index, der die Trägerfrequenz kennzeichnet, ist l ein Index, der die Symbolzeit bezeichnet, ist a_m ein Filterkoeffizient für die m -te Symbolfiltereinheit **131-m** und bezeichnet $g_m(\bullet)$ das Filterergebnis.

[0057] Beispielhafte Filterpassbänder sind in **Fig. 7** gezeigt. In **Fig. 7** wird die Spanne zwischen der maximalen Frequenzabweichung fd_max und der minimalen Frequenzabweichung fd_min in M Intervalle unterteilt. Nach Unterdrückung einer Wiederholung in einer nachfolgenden Stufe werden die individuellen Filterausgaben durch die in **Fig. 3** gezeigte Addiereinheit **161** kombiniert, so dass die Filterkomponenten vorzugsweise so eingestellt sind, dass die Summe der Symbolfilter-Charakteristika der ersten bis M -ten Symbolfiltereinheiten **131-1** bis **131-M** konstant ist. Falls solche Filter-Charakteristiken verwendet werden, entsprechen die Ausgaben aus den ersten bis M -ten Symbolfiltereinheiten **131-1** bis **131-M** M Regionen, die durch Partitionieren der Ebene ermittelt werden, welche durch die Verzögerungszeit- und Frequenzabweichungsachsen definiert sind, in M Abschnitte auf der Frequenzabweichungsachse. In **Fig. 8** bezeichnen Referenz-Charakteristika **703** eine erwünschte Komponente und bezeichnen Referenzzeichen **803** unerwünschte Komponenten.

[0058] Wieder auf **Fig. 3** Bezug nehmend, führt jede der ersten bis M -ten Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheiten **132-1** bis **132-M** eine inverse Fourier-Transformation an der Ausgabe der entsprechenden der ersten bis M -ten Symbolfiltereinheiten **131-1** bis **131-M**, die den Teil der gestreuten Pilotkanal-Charakteristik repräsentieren, in einem Intervall der Frequenzabweichungsachse aus. Diese Transformation ist äquivalent zum Partitionieren der Charakteristik auf der Verzögerungszeitachse. Jede der ersten bis M -ten Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheiten **132-1** bis **132-M** kann beispielsweise die Kanal-Charakteristik in N Komponenten auf der Verzögerungszeitachse durch eine Invers-Fourier-Transformation mit N Punkten partitionieren, die an einer gefilterten, gestreuten Pilotkanal-Charakteristik ausgeführt wird, wie in Gleichung (2). In der Ausgabe aus der Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheit **130** wird die gestreute Pilotkanal-Charakteristik entsprechend zur Frequenzabweichung und Verzögerungszeitachsen in $M \times N$ Komponenten geteilt.

$$f_m(\tau,l) = \sum_{k=0}^{\frac{F_DFT}{3}-1} g_m(k,l)e^{jkr} \quad (2)$$

[0059] In Gleichung (2) bezeichnet $f_m(\bullet)$ die Ausgabe aus der m -ten Fourier-Transformationseinheit **132-m** und ist τ ein die Verzögerungszeit bezeichnender Index.

[0060] Der Wert von M (Anzahl von Frequenzpartitionen) wird entsprechend dem Kanal eingestellt. Das Erhöhen der Anzahl von Partitionen gestattet eine feinerkörnige Frequenzbandsteuerung, das heißt eine feinerkörnige Trennung von erwünschten Komponenten der Kanal-Charakteristik von unerwünschten Komponenten wie etwa Wiederholungskomponenten und Gauss'sche Rauschen und feinerkörnige Unterdrückung der unerwünschten Komponenten. Die Werte von fd_max und fd_min können entsprechend dem Betrag an zeitlicher Abweichung im Kanal eingestellt werden. Darüber hinaus, obwohl die Kanal-Charakteristik nicht in gleiche Intervalle partitioniert werden muss, sind die Partitionen vorzugsweise in positiven und negativen Richtungen der Frequenzabweichungsachse symmetrisch, mit anderen Worten symmetrisch in Bezug auf die Verzögerungszeitachse.

[0061] Die Positionen der ersten bis M-ten Symbolfiltereinheiten **131-1** bis **131-M** und der ersten bis M-ten Fourier-Transformationseinheiten **132-1** bis **132-M** können getauscht werden. Mit anderen Worten kann die gestreute Pilotkanal-Charakteristik zuerst durch jede der ersten bis M-ten Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheiten **132-1** bis **132-M** prozessiert werden und dann durch jede der ersten bis M-ten Symbolfiltereinheiten **131-1** bis **131-M**.

[0062] Die erwünschte Komponentenextraktionseinheit, welche die Repetitionsabschätzeinheit **140** und die Repetitionsunterdrückungseinheit **150** umfasst, extrahiert erwünschte Komponenten. Die erwünschte Komponentenextraktionseinheit kann beispielsweise erwünschte Komponenten aus den Komponenten extrahieren, die durch die Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheit **130** erfasst werden, durch Identifizieren der erwünschten Komponenten aus der Verteilungssymmetrie der Komponenten, welche durch die Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheit **130** in Bezug auf eine sich parallel zur Verzögerungszeitachse bei einer vorbestimmten Frequenzabweichung erstreckenden Symmetrieachse erhalten werden. Alternativ kann die erwünschte Komponentenextraktionseinheit erwünschte Komponenten durch Identifizieren unerwünschter Komponenten aus der Verteilungssymmetrie der Komponenten, welche durch die Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheit **130** in Bezug auf diese Symmetrieachse erhalten werden, und Unterdrücken der unerwünschten Komponente, extrahieren.

[0063] Die Repetitionsabschätzeinheit **140** identifiziert unerwünschte Komponenten aus der Symmetrie der Komponenten, welche durch die Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheit **130** in Bezug auf eine Symmetrieachse ermittelt werden, die sich in der Verzögerungszeitrichtung erstreckt. Beispielsweise identifiziert die Repetitionsabschätzeinheit **140** unerwünschte Komponenten aus einer Verteilungssymmetrie von Leistungswerten in den Frequenzabweichungs- und Verzögerungszeitregionen in den $M \times N$ Partitionen der gestreuten Pilotkanal-Charakteristik, die aus der Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheit **130** ausgegeben wird, in Bezug auf eine Symmetrieachse, die sich parallel zur Verzögerungszeitachse bei einer vorbestimmten Frequenzabweichung erstreckt. Wenn die Komponenten in zwei Regionen in zueinander symmetrischen Position in Bezug auf die Symmetrieachse signifikante asymmetrische Leistungswerte aufweisen, identifiziert die Repetitionsabschätzeinheit **140** die Komponenten in zumindest einer der zwei Regionen, beispielsweise der Region mit dem höheren Leistungswert, als die unerwünschte Komponente beinhaltend. Die Repetitionsabschätzeinheit **140** teilt der Repetitionsunterdrückungseinheit **150** ihre Entscheidung darüber mit, ob es eine unerwünschte Komponente in jeder partitionierten Region gibt oder nicht (diese Mitteilungen werden auch als erste Entscheidungsinformation bezeichnet).

[0064] Alternativ kann die Repetitionsabschätzeinheit **140** erwünschte Komponenten aus der Symmetrie der Komponenten, die durch die Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheit **130** erfasst werden, in Bezug auf eine Symmetrieachse, die sich in der Verzögerungszeitrichtung erstreckt, identifizieren. Wenn beispielsweise die Komponenten in zwei Regionen in zueinander symmetrischen Positionen in Bezug auf die Symmetrieachse ausreichend symmetrische Leistungswerte aufweisen, identifiziert die Repetitionsabschätzeinheit **140** die zwei Regionen als erwünschte Komponenten enthaltend. Die Repetitionsabschätzeinheit **140** teilt der Repetitionsunterdrückungseinheit **150** ihre Entscheidung darüber mit, ob es eine erwünschte Komponente in jeder partitionierten Region gibt oder nicht (diese Mitteilungen werden auch als zweite Entscheidungsinformation bezeichnet).

[0065] Die Repetitionsunterdrückungseinheit **150** unterdrückt jene der Komponenten, welche durch die Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheit **130** ermittelt sind, die die Repetitionsabschätzeinheit **140** als unerwünscht identifiziert. Beispielsweise unterdrückt die Repetitionsunterdrückungseinheit **150** die durch die Repetitionsabschätzeinheit **140** identifizierten Repetitionskomponenten aus den partitionierten Regionen der gestreuten Pilotkanal-Charakteristik anhand von Entscheidungen (erste Entscheidungsinformation), die durch die Repetitionsabschätzeinheit **140** berichtet werden, und hebt sie auf. Wenn die Repetitionsabschätzeinheit **140** entscheidet, dass es eine Repetitionskomponente in einer Region gibt, multipliziert die Repetitionsunterdrückungseinheit **150** die Komponente der gestreuten Pilotkanal-Charakteristik in dieser Region mit Null; wenn die Entscheidung ist, dass es in einer Region keine Repetitionskomponente gibt, multipliziert die Repetitionsunterdrückungseinheit **150** die Komponente der gestreuten Pilotkanal-Charakteristik in dieser Region mit Eins.

[0066] Alternativ kann die Repetitionsunterdrückungseinheit **150** die durch die Repetitionsabschätzeinheit **140** identifizierten erwünschten Komponenten aus den durch die Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheit **130** ermittelten Komponenten extrahieren. Wenn beispielsweise die Entscheidung (zweite Entscheidungsinformation), welche durch die Repetitionsabschätzeinheit **140** berichtet wird, ist, dass es eine erwünschte Komponente in einer Region gibt, multipliziert die Repetitionsunterdrückungseinheit **150** die Komponente der gestreuten Pilotkanal-Charakteristik in der Region mit Eins; wenn die Entscheidung ist, dass es keine erwünschte Komponente

in einer Region gibt, multipliziert die Repetitionsunterdrückungseinheit **150** die Komponente der gestreuten Pilotkanal-Charakteristik in dieser Region mit Null.

[0067] Unter der Annahme, dass die erwünschten Komponenten in der mit Bezugszeichen **701** in **Fig. 2** gezeigten Kanal-Charakteristik einen gleichförmigen Ankunftszeitwinkel aufweisen, haben die erwünschten Komponenten im Teil der Kanal-Charakteristik mit positiver Frequenzabweichung und dem Teil der Kanal-Charakteristik mit negativer Frequenzabweichung zu einander symmetrische Leistungsverteilungen. Die erwünschten Komponenten können dann aus ihrer Symmetrie in Bezug auf die Verzögerungszeitachse bei Frequenzabweichung Null identifiziert werden. Weil die Positionen der unerwünschten Repetitionskomponenten **801** charakteristisch in der Trägerfrequenz verschoben sind und Symbolzeitrichtungen in der gestreuten Pilotkanal-Charakteristik und wiederholt mit Verzögerungszeit und Frequenzabweichungsverschiebungen auftreten, fehlt den Leistungsverteilungen der unerwünschten Repetitionskomponenten **801** diese positive-negative Frequenzabweichungs-Symmetrie. Ein Verfahren zum Extrahieren erwünschter Komponenten in der Kanal-Charakteristik unter Verwendung dieses Merkmals wird unten beschrieben.

[0068] Zuerst wird ein Zwei-Signal-Rice-Kanal mit großer zeitlicher Abweichung erwogen. Bezug nehmend auf **Fig. 9** wird ein Paar von Regionen, die mit a und b bezeichnet sind, und ein anderes Paar von Regionen, die c und d bezeichnet sind, verglichen werden. Die Regionen a und b sind in zueinander symmetrischen Positionen und die Regionen c und d sind auch in zueinander symmetrischen Positionen in den Teilen der Kanal-Charakteristikebene mit positiven und negativen Frequenzabweichungswerten. Die Regionen a und b beinhalten Teile einer erwünschten Komponente **704**, welche die Kanal-Charakteristik der verzögerten Welle ausdrückt, und haben daher gleiche Leistungswerte in der Kanal-Charakteristik. Jedoch haben Regionen c und d eine asymmetrische Leistungsverteilung: nur Region c beinhaltet eine wiederholte Komponente **804**, so dass Region c einen höheren Leistungswert aufweist.

[0069] Bezug nehmend auf **Fig. 3** berechnet unter Verwendung dieses Merkmals die Repetitionsabschätzereinheit **140** die Symmetrie der Leistungsverteilung aus der Leistung in Partitionen, die an zueinander symmetrischen Positionen auf der Frequenzabweichungsachse sind, wobei eine Partition positive Frequenzabweichung aufweist, und die andere negative Frequenzabweichung aufweist. Falls die Leistungsverteilung symmetrisch ist, entscheidet die Repetitionsabschätzereinheit **140**, dass eine erwünschte Komponente vorliegt; falls die Leistungsverteilung asymmetrisch ist, entscheidet die Repetitionsabschätzereinheit **140**, dass eine Wiederholungskomponente vorliegt. Spezifischer kann die Repetitionsabschätzereinheit **140** die Symmetrie von zwei zueinander symmetrischen Regionen durch Berechnen einer Leistungsdifferenz, eines Leistungsverhältnisses oder sowohl einer Leistungsdifferenz als auch eines Leistungsverhältnisses, und Vergleichen des berechneten Werts oder Werten mit einem vorbestimmten Schwellenwert oder vorbestimmten Schwellenwerten berechnen. Falls beispielsweise der Absolutwert der Leistungsdifferenz verwendet wird, dann wenn dieser Wert höher als der vorgegebene Schwellenwert ist, kann die Repetitionsabschätzereinheit **140** entscheiden, dass die Stromverteilung asymmetrisch ist. Der Schwellenwert kann vorab unter der Annahme bestimmt werden, dass die Leistungsverteilung der erwünschten Komponenten um einen angenommenen Rauschbetrag und eine angenommene Voreinstellung des Ankunftszeitwinkels verzerrt sein kann. Wenn die Leistungsverteilung der erwünschten Komponenten um einen bekannten Faktor wie etwa eine Antennendirektivität vorbeeinflusst ist, kann die Repetitionsabschätzereinheit **140** zuerst die Stromverteilung korrigieren, um die Voreinstellung aufzuheben und dann die Symmetrie berechnen.

[0070] Bei der Berechnung der Leistung kann die Repetitionsabschätzereinheit **140** die nachfolgende Gleichung (3) verwenden, um einen Durchschnitt der gestreuten Pilotkanal-Charakteristik über eine Mehrzahl von Symbolen zu nehmen. Auch kann anstelle von Leistung Amplitude verwendet werden.

$$\frac{1}{Q} \sum_{q=0}^{Q-1} |f - m(\tau, q)|^2 \quad (3)$$

[0071] In Gleichung (3) bezeichnet Q die Anzahl von Symbolen und bezeichnet q einen Index, der ein bestimmtes Symbol bezeichnet.

[0072] Unter Verwendung der durch die Repetitionsabschätzereinheit **140** getroffenen Entscheidungen extrahiert die Repetitionsunterdrückungseinheit **150** erwünschte Komponenten aus der partitionierten gestreuten Pilotkanal-Charakteristik und unterdrückt unerwünschte Komponenten.

[0073] Ein anderes Verfahren zum Identifizieren und Unterdrücken von Wiederholungskomponenten durch Verwenden der Symmetrie der Leistungsverteilung wird unten beschrieben.

[0074] Zuerst wird die Fig. 10 ein Drei-Signal-Rice-Kanal einschließlich einer Direktwelle ohne zeitliche Abweichung und einer verzögerten Rayleigh-Welle gezeigt. In Fig. 9 werden die erwünschten Komponenten 704 von den unerwünschten, wiederholten Komponenten 804 getrennt. In Fig. 10 jedoch überlappen eine erwünschte Komponente 704 und eine unerwünschte Komponente 804 einander in Region e. Falls eine Schwellenwertentscheidung zur Symmetrie wie oben beschrieben getroffen wird, weil die Regionen e und f eine asymmetrische Leistungsverteilung aufweisen, werden alle Komponenten in den Regionen e und f unterdrückt. Weil die Regionen e und f auch eine erwünschte Komponente 705 beinhalten, wird jedoch, falls alle Komponenten in Regionen e und f unterdrückt werden, die Kanalabschätzung degradiert.

[0075] Um diese Art von Degradierung des Kanalschätzens zu vermeiden, kann die Repetitionsabschätzereinheit 140 ein Einschlussverhältnis von Wiederholungskomponenten aus der Leistung in gepaarten Regionen in zueinander symmetrischen Positionen identifizieren, und kann die Repetitionsunterdrückungseinheit 150 unerwünschte Komponenten durch Einstellen von Unterdrückungsverhältnissen für die individuellen Regionen entsprechend dem durch die Repetitionsabschätzereinheit 140 identifizierten Wiederholungskomponenteneinschlussverhältnis, und dann Multiplizieren der Komponenten in jeder Region durch das für die Region neu eingestellte Unterdrückungsverhältnis unterdrücken. Beispielsweise kann die Repetitionsunterdrückungseinheit 150 unerwünschte Komponenten durch Reduzieren des Unterdrückungsverhältnisses mit ansteigendem, unerwünschten Komponenteneinschlussverhältnis aufheben.

[0076] Als Bewegungspfad kann die Repetitionsabschätzereinheit 140 ein Inklusionsverhältnis von Wiederholungskomponenten aus den folgenden Gleichungen (4) bis (8) ermitteln.

$$P_e = P_a + P_b \quad (4)$$

$$P_f = P_a \quad (5)$$

[0077] In den Gleichungen (4) und (5) bezeichnet P_e Leistung in der Region e, bezeichnet P_f Leistung in der Region f, bezeichnet P_a Leistung einer erwünschten Komponente und bezeichnet P_b Leistung einer unerwünschten Komponente. Die Basis für die Gleichungen (4) und (5) ist die Annahme, dass eine erwünschte Komponente in der Kanal-Charakteristik eine symmetrische Leistungsverteilung aufweist. P_a tritt daher gleichermaßen in Regionen e und f auf. Die Gleichungen (4) und (5) können als Gleichungen (6) und (7) umgeschrieben werden.

$$P_b = P_e - P_a \quad (6)$$

$$P_a = P_f \quad (7)$$

[0078] Die Repetitionsabschätzereinheit 140 kann das Einschlussverhältnis R_e in der Region e als Gleichung (8) berechnen.

$$R_e = \frac{P_b}{P_a} \quad (8)$$

[0079] In Gleichung (8) ist das Einschlussverhältnis R_e Null, wenn keine Wiederholungskomponente vorhanden ist. In einer Region, in der nur eine Wiederholungskomponente vorhanden ist, kann das Einschlussverhältnis durch beispielsweise einen "Null"-Wert gegeben sein.

[0080] Die Repetitionsabschätzereinheit 140 berechnet ein Einschlussverhältnis in jeder Region wie oben beschrieben und teilt der Repetitionsunterdrückungseinheit 150 die berechneten Einschlussverhältnisse mit.

[0081] Die Repetitionsunterdrückungseinheit 150 kann Maximalunterdrückung der unerwünschten Komponente in Region e in Fig. 10 ohne Unterdrücken der erwünschten Komponente in Region f durch Berechnen eines Unterdrückungsverhältnisses für Region e so, dass die Regionen e und f gleiche Kanal-Charakteristikleistung aufweisen, und durch Verwenden dieses Verhältnisses zum Unterdrücken der unerwünschten Komponente in Region e, ermitteln. Spezifischer berechnet die Repetitionsunterdrückungseinheit 150 ein Unterdrückungsverhältnis R_f in jeder Region anhand der durch die Repetitionsabschätzereinheit 140 berichteten Einschlussverhältnisse unter Verwendung von beispielsweise der nachfolgenden Gleichung (9). In Gleichung (9) nimmt der Wert des Unterdrückungsverhältnisses ab, wenn das Einschlussverhältnis steigt. Die Repetitions-

unterdrückungseinheit **150** kann dann die unerwünschten Komponenten durch Multiplizieren der Komponente der Kanal-Charakteristik in jeder Region mit dem Unterdrückungsverhältnis R_f , das für die Region berechnet ist, unterdrücken.

$$R_f = \frac{P_a}{P_a + P_b} \quad (9)$$

[0082] Als Nächstes wird ein Fall, in dem eine unerwünschte Rauschkomponente zu der gestreuten Pilotkanal-Charakteristik hinzugefügt wird, beschrieben. Die Rauschkomponente erstreckt sich sowohl über die Frequenzabweichungs- als auch die Verzögerungszeitachsen. Die Repetitionsunterdrückungseinheit **150** kann die Rauschkomponente durch Unterdrücken von Komponenten von Unterteilungen unterdrücken, in denen Leistungswerte einen vorbestimmten Schwellenwert nicht übersteigen.

[0083] Ähnlich kann die Repetitionsabschätzeinheit **140**, die durch direkte Verwendung der Leistung der Kanal-Charakteristikleistung in der obigen Beschreibung arbeitet, die Rauschleistung in einer Region wie etwa Region g in **Fig. 11**, identifizieren, die Rauschleistung von den Leistungswerten der Kanal-Charakteristik subtrahieren und dann Wiederholungsabschätzung durchführen. Beispielsweise kann die Repetitionsabschätzeinheit **140** die Rauschleistung in Region g berechnen und die berechnete Rauschleistung von den Leistungswerten in zwei zu vergleichenden Regionen subtrahieren. Als Region g kann die Repetitionsabschätzeinheit **140** eine Unterteilungsregion auswählen, in der weder eine erwünschte Komponente noch eine unerwünschte Komponente vorliegt, und der Leistungswert der Kanal-Charakteristik kleiner als ein vorgegebener Schwellenwert ist, oder kann einfach den minimalen Leistungswert der Kanal-Charakteristik auswählen.

[0084] Die gestreute Pilotkanal-Charakteristik in einem Rice-Kanal wird in **Fig. 12** schematisch illustriert. Weil die Hauptwelle eine kleine Frequenzabweichung aufweist, erscheint sie als eine valide Komponente nur in den Unterteilungen mit einer Frequenzabweichung von Null. Die erwünschte Komponente der verzögerten Welle, die eine Frequenzabweichung mit Positiv-Negativ-Symmetrie aufweist, ist auch gültig. Obwohl unerwünschte Wiederholungen der verzögerten Wellenkomponente in die Region, die betrachtet wird, eindringen, aufgrund ihrer großen zeitlichen Abweichung, werden diese Komponenten unterdrückt, weil der Frequenzabweichung ihrer Leistungsverteilung Positiv-Negativ-Symmetrie fehlt. Regionen mit niedrigen Leistungswerten werden als Rauschkomponenten unterdrückt. Unerwünschte Komponenten **806** werden dadurch in den kreuzschraffierten Regionen unterdrückt; erwünschte Komponenten **706** werden extrahiert. Die erwünschte Kanal-Charakteristik kann durch Unterdrücken unerwünschter Komponenten und Komponenten mit niedrigen Leistungswerten wie oben beschrieben erhalten werden.

[0085] Wieder Bezug nehmend auf **Fig. 3** berechnet die Kanal-Charakteristik-Kombiniereinheit **160** die Kanal-Charakteristik in der Trägerfrequenzdomäne zur Verwendung beim Ausgleichen durch Kombinieren der erwünschten Komponenten, welche durch die erwünschte Komponentenextraktionseinheit extrahiert sind. Beispielsweise berechnet die Kanal-Charakteristik-Kombiniereinheit **160** die Kanal-Charakteristik in einer Trägerfrequenzdomäne zur Verwendung beim Ausgleich beim Kombinieren der partitionierten gestreuten Pilotkanal-Charakteristik, in welcher unerwünschte Wiederholungskomponenten unterdrückt werden. Mit anderen Worten erzeugt die Kanal-Charakteristik-Kombiniereinheit **160** eine Kanal-Charakteristik durch Kombinieren von Komponenten, nachdem unerwünschte Wiederholungskomponenten durch die Repetitionsunterdrückungseinheit **150** unterdrückt sind, und durch Umwandeln der kombinierten Komponenten in die Frequenzdomäne. Die durch die Kanal-Charakteristik-Kombiniereinheit **160** erzeugte Kanal-Charakteristik wird auch als die zweite Kanal-Charakteristik bezeichnet.

[0086] Die Addiereinheit **161** ist als ein Addierer konfiguriert, der die Ausgaben der Repetitionsunterdrückungseinheit **150** in M Regionen für jede Verzögerungszeit summiert, wodurch die unterteilten Abschnitte der Kanal-Charakteristik auf der Frequenzabweichungsachse vereinigt werden. Der die Addiereinheit **161** bildende Addierer wird auch als der erste Addierer bezeichnet.

[0087] Als Nächstes fügt die Träger-Fourier-Transformationseinheit **162** Null-Werte in den Teil der summierten, unterteilten Kanal-Charakteristik auf der Verzögerungszeitachse mit Verzögerungen außerhalb des Intervalls von 0 bis $T_u/3$ ein, wodurch die Anzahl von Punkten von N auf F_{DFT} erhöht wird. Die Träger-Fourier-Transformationseinheit **162** wandelt die Kanal-Charakteristik aus der Verzögerungszeitkomponente zur Trägerfrequenzdomäne durch Ausführen einer diskreten Fourier-Transformation mit F_{DFT} -Punkten um. Die diskrete Fourier-Transformation ist äquivalent einem Kombinieren der unterteilten Abschnitte der Kanal-Charakteristik in der Verzögerungszeitdomäne. Ein Einführen von Null-Werten in die Kanal-Charakteristik ist äquivalent der Unterdrückung der Wiederholungskomponenten in den quer schraffierten Regionen, wobei $\tau < 0$ und $T_u/3 < \tau$ in **Fig. 13** ist. Die Repetitionskomponenten treten auf, weil, wenn alle F_{DFT} Punkte auf der Träger-

frequenzdomäne erwogen werden, es Träger gibt, in denen kein gestreuter Pilot in irgendein Symbol eingefügt ist. Die Repetitionsunterdrückungseinheit **150** ermittelt eine Kanalabschätzung, in der die den durch die Streupilot-Kanal-Charakteristik-Berechnungseinheit **120** berechneten gestreuten Piloten beeinträchtigende Kanal-Charakteristik in alle Datenintervalle interpoliert ist, wie oben beschrieben.

[0088] Bezug nehmend wieder auf **Fig. 3** verwendet schließlich die Ausgleichseinheit **170** die Kanal-Charakteristik zur Trägerfrequenzdomäne, welche durch die Kanal-Charakteristik-Kombiniereinheit **160** ermittelt ist, um die Kanalverzerrung im Fourier-transformierten Empfangssignal zu kompensieren.

[0089] Um die Wiederholungskomponenten in den in **Fig. 13** gezeigten kreuzschraffierten Regionen zu unterdrücken, werden die Wiederholungskomponenten zuerst durch eine inverse Fourier-Transformation auf der Trägerfrequenzachse mit $F_DFT/3$ Punkten unterdrückt, wobei $F_DFT/3$ die Anzahl von Trägern ist, in welche der gestreute Pilot eingefügt werden kann, und dann werden Null-Werte in die Verzögerungszeitregionen eingefügt, wobei $\tau < 0$ und $T_u/3 < \tau$, um eine Fourier-Transformation mit F_DFT Punkten durchzuführen. Anstelle dieses Prozesses jedoch kann die Träger-Fourier-Transformationseinheit **162** zuerst eine Fourier-Transformation mit $F_DFT/3$ Punkten durchführen und dann Null-Werte in Träger einfügen, in denen kein gestreuter Pilot vorhanden ist, und kann eine als ein Trägerrichtungsfilter konfigurierte Filtereinheit mit einem durch $0 \leq \tau \leq T_u/3$ definiertem Passband die Kanal-Charakteristik interpolieren. Alternativ kann die Streupilot-Kanal-Charakteristik-Berechnungseinheit **120** Null-Werte in alle Träger einfügen, in denen kein gestreuter Pilot vorhanden ist, kann jede der ersten bis M-ten Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheiten **132-1** bis **132-M** eine Fourier-Transformation mit F_DFT Punkten durchführen und kann die Repetitionsunterdrückungseinheit **150** Wiederholungskomponenten in den Bereichen unterdrücken, wo $\tau < 0$ und $T_u/3 < \tau$.

[0090] In der obigen Diskussion kann der gestreute Pilot in $F_DFT/3$ der Träger eingefügt werden, so dass die Gesamtanzahl von Trägern das Dreifache der Anzahl von Trägern ist, die gestreute Pilotsignale beinhalten, aber dies ist keine notwendige Bedingung; die Gesamtzahl von Trägern kann ein anderes Vielfaches der Anzahl von Trägern, die gestreute Pilotsignale enthalten, sein. Alternativ können jede der ersten bis M-ten Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheiten **132-1** bis **132-M** und die Träger-Fourier-Transformationseinheit **162** eine Fourier-Transformation mit einer Anzahl von Punkten größer als der Anzahl von Trägern mit gestreuten Pilotsignalen durchführen. Die Signalpunkte zur Verwendung in der Fourier-Transformation können durch Extrapolieren der gestreuten Punktkanalabschätzung in der Trägerrichtung erzeugt werden. Ein beispielhaftes Extrapolationsverfahren ist im japanischen Patent 3802031 offenbart.

[0091] Der Betrieb der Ausgleichsvorrichtung **100** in der ersten Ausführungsform wird unten beschrieben.

[0092] Bezug nehmend auf **Fig. 14** beinhaltet das Ausgleichsverfahren einen Fourier-Transformationsschritt S10, einen gestreuten Pilotkanal-Charakteristik-Berechnungsschritt S11, einen Kanal-Charakteristik-Teilungsschritt S12, einen Repetitionsabschätzungsschritt S15, einen Repetitionsunterdrückungsschritt S16, einen Kanal-Charakteristik-Kombinierschritt S17 und einen Ausgleichsschritt S20.

[0093] Der Kanal-Charakteristik-Teilungsschritt S12 beinhaltet erste bis M-te Symbolfilterschritte S13 und erste bis M-te Träger-Invers-Fourier-Transformationsschritte S14.

[0094] Der Wiederholungsabschätzungsschritt S15 und der Wiederholungsunterdrückungsschritt S16 bilden einen erwünschten Komponentenextraktionsschritt.

[0095] Der Kanal-Charakteristik-Kombinierschritt S17 beinhaltet einen Additionsschritt S18 und einen Träger-Fourier-Transformationsschritt S19.

[0096] Im Fourier-Transformationsschritt S10 führt die Fourier-Transformationseinheit **110** eine diskrete Fourier-Transformation mit F_DFT Punkten am Empfangssignal aus, um die individuellen Trägersignale zu ermitteln.

[0097] Im gestreuten Pilotkanal-Charakteristik-Berechnungsschritt S11 extrahiert die Streupilot-Kanal-Charakteristik-Berechnungseinheit **120** das gestreute Pilotsignal aus den durch die Fourier-Transformationseinheit **110** ermittelten individuellen Trägersignalen und ermittelt die Kanal-Charakteristik, welche den gestreuten Piloten beeinträchtigt, durch Unterteilen des extrahierten gestreuten Piloten durch bekannte Werte. Die Streupilot-Kanal-Charakteristik-Berechnungseinheit **120** gibt eine Kanal-Charakteristik für jeden dritten Träger aus, das heißt, für die Träger, in welche der gestreute Pilot eingefügt wird, und gibt Null-Werte für die Träger aus, in welche der gestreute Pilot nicht eingefügt wird. Die Streupilot-Kanal-Charakteristik-Berechnungseinheit **120**

liefert eine gestreute Pilotkanal-Charakteristik mit $F_{\text{DFT}}/3$ Punkten pro Symbol an die Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheit **130**. Die Ausgabe aus der Streupilot-Kanal-Charakteristik-Berechnungseinheit **120** im gestreuten Pilotkanal-Charakteristik-Berechnungsschritt S11 wird als beispielsweise eine Funktion von Trägerfrequenz und Symbolzeit angezeigt.

[0098] Im Kanal-Charakteristik-Teilungsschritt S12 wird die in dem gestreuten Pilotkanal-Charakteristik-Berechnungsschritt S11 ermittelte gestreute Pilotkanal-Charakteristik in N Intervalle auf der Verzögerungszeitachse und M Intervalle auf der Frequenzabweichungsachse unterteilt, wie in **Fig. 6** gezeigt, durch die ersten bis m -ten Symbolfilterschritte S13 und ersten bis m -ten Träger-Invers-Fourier-Transformationsschritte S14.

[0099] In den ersten bis M -ten Symbolfilterschritten S13 wird ein FIR- oder IIR-Filterprozess durchgeführt. Jeder dieser Schritte weist eine andere Filter-Charakteristik auf. Der m -te Symbolfilterschritt S13- m verwendet die m -te Symbolfiltereinheit **131-m**, um einen Filterprozess in der Symbolrichtung durchzuführen, zentriert auf einen von den N Trägern mit gestreuten Pilotsignalen in der gestreuten Pilotkanal-Charakteristik, wie in Gleichung (1).

[0100] In den ersten bis M -ten Träger-Invers-Fourier-Transformationsschritten S14 partitionieren die ersten bis m -ten Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheiten **132-1** bis **132-M** die gestreute Pilotkanal-Charakteristik in Intervalle auf der Verzögerungszeitachse durch Durchführen von inversen Fourier-Transformationen an den Ausgaben der ersten bis M -ten Symbolfiltereinheiten **131-1** bis **131-M** in den vorstehenden Schritten S13, welche die gestreute Pilotkanal-Charakteristik in Intervalle auf der Frequenzabweichungsachse unterteilt. Jede der ersten bis M -ten Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheiten **132-1** bis **132-M** kann beispielsweise eine dieser Kanal-Charakteristikausgaben in N Komponenten auf der Verzögerungszeitachse partitionieren, durch Durchführen einer N -Punkt-Invers-Fourier-Transformation an einer gefilterten Trägerfrequenz-Charakteristik in der gestreuten Pilotkanal-Charakteristik, wie in Gleichung (2). In der Ausgabe des Kanal-Charakteristik-Teilungsschritts S12 wird die gestreute Pilotkanal-Charakteristik entsprechend auf den Frequenzabweichungs- und Verzögerungszeitachsen in $M \times N$ Komponenten unterteilt.

[0101] Die erwünschten Komponenten werden im erwünschten Komponentenextraktionsschritt, der aus dem Repetitionsabschätzschritt S15 und dem Repetitionsunterdrückungsschritt S16 besteht, extrahiert. Die erwünschten Komponenten können dann aus den Komponenten extrahiert werden, die im Kanal-Charakteristik-Teilerschritt S12 ermittelt werden, beispielsweise durch Identifizieren der erwünschten Komponenten aus der Symmetrie ihrer Verteilung in Bezug auf eine Verzögerungszeitachse, die einen vorbestimmten Frequenzabweichungswert aufweist. Alternativ können die erwünschten Komponenten durch Identifizieren unerwünschter Komponenten aus der Verteilungssymmetrie der Komponenten, die im Kanal-Charakteristik-Teilerschritt S12 in Bezug auf diese Symmetrieachse ermittelt werden, und Unterdrücken der unerwünschten Komponenten extrahiert werden.

[0102] Beispielsweise kann im Wiederholungsabschätzschritt S15 die Repetitionsabschätzeinheit **140** unerwünschte Komponenten aus einer Verteilungssymmetrie von Leistungswerten in der Frequenzabweichungs- und Verzögerungszeitregionen in den $M \times N$ Partitionen der im Kanal-Charakteristik-Teilerschritt S12 ausgegebenen gestreuten Pilotkanal-Charakteristik in Bezug auf eine Symmetrieachse, die sich parallel zur Verzögerungszeitachse bei einer vorbestimmten Frequenzabweichung erstreckt, identifizieren.

[0103] Im Repetitionsunterdrückungsschritt S16 verwendet die Repetitionsunterdrückungseinheit **150** die Ergebnisse von Entscheidungen, die durch die Repetitionsabschätzeinheit **140** in Schritt S15 getroffen worden sind, um die durch die Repetitionsabschätzeinheit **140** in den Partitionen der gestreuten Pilotkanal-Charakteristik identifizierten Repetitionskomponenten zu unterdrücken und aufzuheben.

[0104] Im Kanal-Charakteristik-Kombinierschritt S17 berechnet die Kanal-Charakteristik-Kombiniereinheit **160** eine Kanal-Charakteristik in der Trägerfrequenzdomäne zur Verwendung beim Ausgleich durch Kombinieren der unterteilten gestreuten Pilotkanal-Charakteristika, in denen die unerwünschten Repetitionskomponenten unterdrückt worden sind. Der Kanal-Charakteristik-Kombinierschritt S17 wird durch den Additionsschritt S18 und Träger-Fourier-Transformationsschritt S19 ausgeführt.

[0105] Im Additionsschritt S18 summiert die Addiereinheit **161** die Ausgaben aus dem Repetitionsunterdrückungsschritt S16 in M Regionen für jede Verzögerungszeit, wodurch die unterteilten Abschnitte der Kanal-Charakteristik auf der Frequenzabweichungsachse vereint werden.

[0106] Als Nächstes fügt im Träger-Fourier-Transformationsschritt S19 die Träger-Fourier-Transformationseinheit **162** Null-Werte in den Teil der summierten, partitionierten Kanal-Charakteristik auf der Verzögerungszeitachse mit Verzögerungen außerhalb des Intervalls von 0 bis $T_u/3$ ein, wodurch die Anzahl von Punkten von N auf F_DFT erhöht wird, und wandelt die Kanal-Charakteristik aus der Verzögerungszeitdomäne in die Trägerfrequenzdomäne um, durch Ausführen einer diskreten Fourier-Transformation mit F_DFT Punkten.

[0107] Schließlich verwendet im Ausgleichsschritt S20 die Ausgleichseinheit **170** die in Schritt S19 ermittelte Frequenzdomäne-Kanal-Charakteristik zum Kompensieren von Kanalverzerrung im Fourier-transformierten Empfangssignal.

[0108] Wie oben beschrieben, kann die Ausgleichsvorrichtung **100** in der ersten Ausführungsform ein erwünschtes Signal durch Unterteilen der gestreuten Pilotkanal-Charakteristik zu den Frequenzabweichungs- und Verzögerungszeitachsen ermitteln, und, die Teile der Kanal-Charakteristik verwendend, die zueinander symmetrische Leistungsverteilungen in Bezug auf eine Symmetrieachse, die sich parallel zur Verzögerungszeitachse bei einer vorgegebenen Frequenzabweichung erstreckt, aufweisen, zum Identifizieren erwünschter Komponenten, oder zum Identifizieren unerwünschter Komponenten.

Zweite Ausführungsform

[0109] Die zweite Ausführungsform verwendet Verfahren des Unterteilens und Kombinierens der Kanal-Charakteristik, die sich von den durch die Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheit **130** und die Kanal-Charakteristik-Kombiniereinheit **160**, die in der ersten Ausführungsform beschrieben sind, verwendeten Verfahren unterscheiden. Während in der ersten Ausführungsform ein Filterungsprozess zum Partitionieren der gestreuten Pilotkanal-Charakteristik auf der Frequenzabweichungsachse verwendet worden ist, wird in der zweiten Ausführungsform eine Fourier-Transformation verwendet. Mit anderen Worten wird die Kanalabschätzung durch eine zweidimensionale Fourier-Transformation durchgeführt, wie im japanischen Patent 3802031.

[0110] Bezug nehmend auf **Fig. 15** beinhaltet die Ausgleichsvorrichtung **200** eine Ausgleichsvorrichtung **100**, eine Streupilot-Kanal-Charakteristik-Berechnungseinheit **120**, eine Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheit **230**, eine Repetitionsabschätzeinheit **140**, eine Repetitionsunterdrückungseinheit **150**, eine Kanal-Charakteristik-Kombiniereinheit **260** und eine Ausgleichseinheit **170**. Die Ausgleichsvorrichtung **200** in der zweiten Ausführungsform unterscheidet sich von der Ausgleichsvorrichtung **100** in der ersten Ausführungsform bezüglich der Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheit **230** und der Kanal-Charakteristik-Kombiniereinheit **260**.

[0111] Bezug nehmend auf **Fig. 16** beinhaltet die Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheit **230** erste bis N-te Fourier-Transformationseinheiten **231-1** bis **231-N** und erste bis M-te Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheiten **232-1** bis **232-M**.

[0112] Die Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheit **230** führt eine zweidimensionale Fourier-Transformation an der gestreuten Pilotkanal-Charakteristik unter Verwendung der ersten bis N-ten Symbol-Fourier-Transformationseinheiten **231-1** bis **231-N** und der ersten bis M-ten Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheiten **232-1** bis **232-M** durch, wie in dem japanischen Patent 3802031. Die zweidimensionale Fourier-Transformation ist äquivalent dem Unterteilen der gestreuten Pilotkanal-Charakteristik in N Intervalle auf der Frequenzabweichungsachse und M Intervall auf der Verzögerungszeitachse.

[0113] Die Repetitionsabschätzeinheit **140** identifiziert Wiederholungskomponenten unter Verwendung der Verteilung der gestreuten Pilotkanal-Charakteristik. Die Repetitionsunterdrückungseinheit **150** extrahiert die erwünschten Komponenten und unterdrückt die unerwünschten Komponenten in der Kanal-Charakteristik. Die Repetitionsabschätzeinheit **140** und die Repetitionsunterdrückungseinheit **150** werden auch als die erwünschte Komponenten-Extraktionseinheit bezeichnet.

[0114] Bezug nehmend auf **Fig. 17** beinhaltet die Kanal-Charakteristik-Kombiniereinheit **260** erste bis N-te Symbol-Invers-Fourier-Transformationseinheiten **261-1** bis **261-N**, erste bis M-te Träger-Fourier-Transformationseinheiten **262-1** bis **262-M** und eine Kanal-Charakteristik-Ausgabereinheit **263**.

[0115] Die ersten bis N-ten Symbol-Invers-Fourier-Transformationseinheiten **261-1** bis **261-N** in der Kanal-Charakteristik-Kombiniereinheit **260** wandeln die erwünschten Komponenten der Kanal-Charakteristik aus der Frequenzabweichungsdomäne in die Symbolzeitdomäne um, indem inverse Fourier-Transformationen in der Frequenzabweichungsrichtung ausgeführt werden; die ersten bis M-ten Träger-Fourier-Transformationseinheiten **262-1** bis **262-M** wandeln die erwünschten Komponenten der Kanal-Charakteristik aus der Verzöge-

rungszeitdomäne in die Trägerfrequenzdomäne durch Ausführen von Fourier-Transformationen in der Verzögerungszeitrichtung um. Die Invers-Fourier-Transformationen in der Frequenzabweichungsrichtung sind äquivalent dem Kombinieren der partitionierten Kanal-Charakteristik auf der Frequenzabweichungsachse; die Fourier-Transformationen in der Verzögerungszeitrichtung sind äquivalent dem Kombinieren der partitionierten Kanal-Charakteristik auf der Verzögerungszeitachse. Die Kanal-Charakteristik-Ausabeeinheit **263** liefert der Ausgleichseinheit **170** die Teile der Kanal-Charakteristik, die aus den ersten bis M-ten Träger-Fourier-Transformationseinheiten **262-1** bis **262-M** ausgegeben sind, entsprechend den Symbolen des aus der Fourier-Transformationseinheit **110** an die Ausgleichseinheit **170** gelieferten Empfangssignals.

[0116] Die Dimensionalität der partitionierten gestreuten Pilotkanal-Charakteristik, welche die Ausgabe aus der Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheit **230** ist, unterscheidet sich von der Dimensionalität in der ersten Ausführungsform, weil anstelle eines Filterungsprozesses eine Fourier-Transformation bei der Subteilung in der Frequenzabweichungsrichtung verwendet wird. Weil die Dimensionalität der partitionierten, gestreuten Pilotkanal-Charakteristik zur selben Dimensionalität wie in der ersten Ausführungsform in der Kanal-Charakteristik-Kombiniereinheit **260** rückgeführt wird, kann jedoch Wiederholungsabschätzung und Wiederholungsunterdrückung wie in der ersten Ausführungsform durchgeführt werden.

[0117] Anstelle des Kombinierens der Kanal-Charakteristik zuerst in der Frequenzabweichungsdomäne und dann in der Verzögerungszeitdomäne kann durch zuerst Durchführen der inversen Fourier-Transformation in Bezug auf die Frequenzabweichung, die Kanal-Charakteristik-Kombiniereinheit **260** in der umgekehrten Reihenfolge arbeiten, indem die Fourier-Transformation in Bezug auf die Verzögerungszeitachse zuerst durchgeführt wird.

[0118] Ähnlich können die Positionen der ersten bis N-ten Fourier-Transformationseinheiten **231-1** bis **231-N** und der ersten bis M-ten Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheiten **232-1** bis **232-M** ausgetauscht werden. Mit anderen Worten kann zuerst die gestreute Pilotkanal-Charakteristik durch die ersten bis M-ten Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheiten **232-1** bis **232-M** prozessiert werden und dann durch die ersten bis N-ten Fourier-Transformationseinheiten **231-1** bis **231-N**.

[0119] Zusätzlich zur Verwendung einer Fourier-Transformation, anstelle eines FIR- oder IIR-Filterprozesses, um die gestreute Pilotkanal-Charakteristik auf der Frequenzabweichungsachse zu partitionieren, kann die zweite Ausführungsform auch einen Filterprozess verwenden, der durch eine Mehrzahl von Filtern ausgeführt wird, anstelle einer Fourier-Transformation, um die gestreute Pilotkanal-Charakteristik auf der Verzögerungszeitachse zu partitionieren. Die in diesem Fall verwendeten Filter können auch als zweite Filter bezeichnet werden. Die Kanal-Charakteristik-Kombiniereinheit verwendet dann einen Addierer (auch als der zweite Addierer bezeichnet) beim Kombinieren der gestreuten Pilotkanal-Charakteristik auf der Verzögerungszeitachse.

[0120] Allgemein gesagt, tendiert die Verwendung eines Filterungsprozesses, wenn die Anzahl von Frequenzpartitionen klein ist und einer Fourier-Transformation, wenn die Anzahl von Frequenzpartitionen groß ist, dazu, die Schaltungsgröße und den Speichereinsatz zu reduzieren. Die Verwendung einer Fourier-Transformation zum Partitionieren der Frequenzabweichungsachse wie in der zweiten Ausführungsform beschrieben, gestattet entsprechend eine feiner körnige Unterdrückung von unerwünschten Komponenten und Extraktion von erwünschten Komponenten.

Dritte Ausführungsform

[0121] Bezug nehmend auf **Fig. 18** beinhaltet die Ausgleichsvorrichtung **300** in der dritten Ausführungsform eine Fourier-Transformationseinheit **110**, eine Streupilot-Kanal-Charakteristik-Berechnungseinheit **120**, eine Kanal-Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheit **330**, eine Repetitionsabschätzereinheit **340**, eine Repetitionsunterdrückungseinheit **350**, eine Kanal-Charakteristik-Kombiniereinheit **360**, eine Trägerfiltereinheit **380** und eine Ausgleichseinheit **170**. Die Ausgleichsvorrichtung **300** in der dritten Ausführungsform unterscheidet sich von der Ausgleichsvorrichtung **100** in der ersten Ausführungsform bezüglich der durch die Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheit **330**, die Repetitionsabschätzereinheit **340**, die Repetitionsunterdrückungseinheit **350** und die Kanal-Charakteristik-Kombiniereinheit **360** ausgeführten Prozesse und durch das Beinhalten einer Trägerfiltereinheit **380**.

[0122] Die Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheit **330** beinhaltet erste bis M-te Symbolfiltereinheiten **331-1** bis **331-M** und erste bis (M – 1)-te Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheiten **332-1** bis **332-(M – 1)**.

[0123] Die Repetitionsabschätzeinheit **340** und Repetitionsunterdrückungseinheit **350** werden auch als die erwünschte Komponentenextraktionseinheit bezeichnet.

[0124] Die Kanal-Charakteristik-Kombiniereinheit **360** beinhaltet eine erste Addiereinheit **361**, eine Träger-Fourier-Transformationseinheit **362** und eine zweite Addiereinheit **363**.

[0125] Die ersten bis M-ten Symbolfiltereinheiten **331-1** bis **331-M** sind äquivalent den in der ersten Ausführungsform beschriebenen ersten bis M-ten Symbolfiltereinheiten **131-1** bis **131-M**. Die ersten bis $(M - 1)$ -ten Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheiten **332-1** bis **332-(M - 1)** sind äquivalent den ersten bis $(M - 1)$ -ten Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheiten **132-1** bis **132-(M - 1)** aus den in der ersten Ausführungsform beschriebenen ersten bis M-ten Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheiten **132-1** bis **132-M**. Die erste Addiereinheit **361** ist äquivalent der in der ersten Ausführungsform beschriebenen Addiereinheit **161**. Die Träger-Fourier-Transformationseinheit **362** ist äquivalent zur in der ersten Ausführungsform beschriebenen Träger-Fourier-Transformationseinheit **162**.

[0126] Die zweite Addiereinheit **363** ist ein Merkmal der dritten Ausführungsform.

[0127] Die ersten bis M-ten Symbolfiltereinheiten **331-1** bis **331-M** partitionieren die durch die Streupilot-Kanal-Charakteristik-Berechnungseinheit **120** auf der Frequenzabweichungsachse ermittelte Kanal-Charakteristik, wie es die ersten bis M-ten Symbolfiltereinheiten **131-1** bis **131-M** in der ersten Ausführungsform gemacht haben. Die M-te Symbolfiltereinheit **131-M**, die auch die gestreute Pilotkanal-Charakteristik auf der Frequenzabweichungsachse teilt, hat eine Passbandregion, in welcher die Frequenzabweichung den Wert Null annimmt.

[0128] Wie die ersten bis M-ten Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheiten **132-1** bis **132-M** in der ersten Ausführungsform partitionieren die ersten bis $(M - 1)$ -ten Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheiten **332-1** bis **332-(M - 1)** die Kanal-Charakteristik in Intervalle auf der Verzögerungszeitachse durch Durchführen inverser Fourier-Transformationen an den Ausgaben der ersten bis $(M - 1)$ -ten Symbolfiltereinheiten **331-1** bis **331-(M - 1)**, welche die gestreute Pilotkanal-Charakteristik in Intervalle auf der Frequenzabweichungsachse unterteilt. Die partitionierte Region mit dem minimalen Absolutfrequenzabweichungswert in der partitionierten Kanal-Charakteristik, das heißt die Ausgabe aus der N-ten Symbolfiltereinheit **331-M** wird jedoch nicht auf der Verzögerungszeitachse partitioniert.

[0129] Fig. 19 zeigt, wie die Leistungsverteilung der Kanal-Charakteristik auf den Frequenzabweichungs- und Verzögerungszeitachsen in der dritten Ausführungsform partitioniert wird. Im Gegensatz zu Fig. 12 in der ersten Ausführungsform wird in der Region eines kleinen Absolutwerts auf der Frequenzabweichungsachse die Kanal-Charakteristik nicht auf der Verzögerungszeitachse partitioniert.

[0130] Die Repetitionsabschätzeinheit **340** und die Repetitionsunterdrückungseinheit **350**, die auch als die erwünschte Komponentenextraktionseinheit bezeichnet werden, extrahieren die erwünschten Komponenten, so wie es die Repetitionsabschätzeinheit **140** und die Repetitionsunterdrückungseinheit **150** in der ersten Ausführungsform machten. Beispielsweise verwenden die Repetitionsabschätzeinheit **340** und die Repetitionsunterdrückungseinheit **350** die Teile der Kanal-Charakteristik, die zueinander symmetrische Leistungsverteilungen in Bezug auf eine Achse der Symmetrie aufweisen, die sich parallel zur Verzögerungszeitachse bei einer vorbestimmten Frequenzabweichung erstreckt, um Repetitionskomponenten zu identifizieren, und unterdrückt die Repetitionskomponenten. Die Repetitionsabschätzeinheit **340** und die Repetitionsunterdrückungseinheit **350** identifizieren jedoch nicht und unterdrücken Repetitionskomponenten in der ungeteilten Region, welche sich längs der Verzögerungszeitachse erstreckt, d. h. in der Ausgabe aus der M-ten Symbolfiltereinheit **331-M**.

[0131] Die Repetitionskomponenten in der Verzögerungszeitrichtung, die unter Bezugnahme auf Fig. 13 in der ersten Ausführungsform beschrieben worden sind, treten auch in der dritten Ausführungsform auf. Wenn diese Verzögerungszeitrichtungs-Repetitionskomponenten in den Ausgaben der ersten bis $(M - 1)$ -ten Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheiten **332-1** bis **332-(M - 1)** auftreten, kann die Träger-Fourier-Transformationseinheit **362** sie durch Einfügen von Nullwerten in die langen Verzerrungskomponenten in den partitionierten Regionen auf der Verzögerungszeitachse wie in der ersten Ausführungsform unterdrücken.

[0132] Weil keine Fourier-Transformation an der Ausgabe aus der M-ten Symbolfiltereinheit **331-M** ausgeführt wird, werden jedoch die Repetitionskomponenten in der Ausgabe aus der M-ten Symbolfiltereinheit **331-M** durch einen Trägerrichtungsfilterprozess unterdrückt, der nachfolgend der Steuerunterdrückungseinheit **350** oder der zweiten Addiereinheit **363** ausgeführt wird, unter Verwendung eines Filters mit einem Passband bei der Verzögerungszeit. Falls dieser Filterprozess in der Trägerfiltereinheit **380**, die nach der zweiten Addier-

einheit **363** positioniert ist, ausgeführt wird, können dann beispielsweise alle in der Verzögerungszeitrichtung in der durch die ersten bis M-ten Symbolfiltereinheiten **333-1** bis **331-M** partitionierten gestreuten Pilotkanal-Charakteristik auftretenden Repetitionskomponenten durch die Datenverarbeitungsabschnitt **30** unterdrückt werden. Aus diesem Grund wird der Trägerrichtungsfilterprozess vorzugsweise in einem Stadium ausgeführt, der der zweiten Addiereinheit **363** folgt, anstelle des Einfügens von Nullwerten und Durchführen einer F_DFT-Punkt-Fourier-Transformation in der Träger-Fourier-Transformationseinheit **362**.

[0133] Die erste Addiereinheit **361** kombiniert die partitionierten Abschnitte der Kanal-Charakteristik auf der Frequenzabweichungsachse und die Träger-Fourier-Transformationseinheit **362** wandelt die Kanal-Charakteristik aus der Verzögerungszeitdomäne in die Trägerfrequenzdomäne um, wie es die Addiereinheit **161** und die Träger-Fourier-Transformationseinheit **162** in der ersten Ausführungsform gemacht haben. Die zweite Addiereinheit **363** ermittelt dann die erwünschte Kanal-Charakteristik zur Verwendung beim Ausgleichen durch Addieren und somit Kombinieren der Ausgabe aus der Träger-Fourier-Transformationseinheit **362** für jeden Träger zur Ausgabe aus der M-ten Symbolfiltereinheit **331-M**, welche die Kanal-Charakteristik in der partitionierten Region kleinen Absolutwerts auf der Frequenzabweichungsachse ist.

[0134] Es gibt wenige Kanalumgebungen, in denen wiederholte Komponenten in der Region mit einer kleinen Frequenzabweichung in der Kanal-Charakteristik präsent sind. Der Berechnungsbetrag kann entsprechend reduziert werden, indem, wie in der dritten Ausführungsform, der Teil der Kanal-Charakteristik mit kleiner Frequenzabweichung nicht in verschiedene Regionen auf der Verzögerungszeitachse partitioniert wird.

[0135] Die beispielhafte Konfiguration der dritten Ausführungsform in der Beschreibung oben basiert auf der Konfiguration der ersten Ausführungsform, aber die dritte Ausführungsform kann auch Basis der Konfiguration der zweiten Ausführungsform konfiguriert sein. Bei dieser Variation der dritten Ausführungsform ist die Kanal-Charakteristik partitioniert wie in **Fig. 20** gezeigt konfiguriert, und ist die Kanal-Charakteristik-Kombiniereinheit wie in **Fig. 21** gezeigt konfiguriert.

[0136] Die Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheit **330#** in **Fig. 20** beinhaltet erste bis N-te Symbol-Fourier-Transformationseinheiten **333-1** bis **333-N** und erste bis $(M - 1)$ -te Träger-Invers-Transformationseinheiten **334-1** bis **334-(M - 1)**.

[0137] Die ersten bis N-ten Symbol-Fourier-Transformationseinheiten **333-1** bis **333-N** sind äquivalent zu den ersten bis N-ten Fourier-Transformationseinheiten **231-1** bis **231-N**, die in der zweiten Ausführungsform beschrieben sind. Die ersten bis $(M - 1)$ -ten Träger-Invers-Transformationseinheiten **334-1** bis **334-(M - 1)** sind äquivalent den ersten bis $(M - 1)$ -ten Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheiten **132-1** bis **132-(M - 1)** zusammen mit den ersten bis M-ten Träger-Invers-Transformationseinheiten **132-1** bis **132-M**, oder den ersten bis $(M - 1)$ -ten Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheiten **232-1** bis **232-(M - 1)** aus den ersten bis M-ten Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheiten **232-1** bis **232-M**, die in der zweiten Ausführungsform beschrieben sind.

[0138] Die Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheit **330#** partitioniert die gesteuerte Pilotkanal-Charakteristik durch Durchführen einer zweidimensionalen Fourier-Transformation an der gestreuten Pilotkanal-Charakteristik unter Verwendung der ersten bis N-ten Fourier-Transformationseinheiten **333-1** bis **333-N** und der ersten bis $(M - 1)$ -ten Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheiten **334-1** bis **334-(M - 1)**, wie im japanischen Patent 3802031, außer dass die Frequenzabweichungspartition mit minimalem absoluten Frequenzabweichungswert auf der Verzögerungszeitachse unpartitioniert bleibt.

[0139] Bezug nehmend auf **Fig. 21** beinhaltet die Kanal-Charakteristik-Kombiniereinheit **360#** erste bis $(M - 1)$ -te Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheiten **364-1** bis **364-(M - 1)**, erste bis N-te Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheiten **365-1** bis **365-N** und eine Kanal-Charakteristik-Ausgabereinheit **366**.

[0140] Die ersten bis $(M - 1)$ -ten Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheiten **364-1** bis **364-(M - 1)** sind äquivalent den ersten bis $(M - 1)$ -ten Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheiten **262-1** bis **262-(M - 1)** aus den in der zweiten Ausführungsform beschriebenen ersten bis M-ten Fourier-Transformationseinheiten **262-1** bis **262-M**. Die ersten bis N-ten Symbol-Invers-Fourier-Transformationseinheiten **365-1** bis **365-N** sind äquivalent den ersten bis N-ten Symbol-Invers-Fourier-Transformationseinheiten **261-1** bis **261-N**, die in der zweiten Ausführungsform beschrieben sind. Die Kanal-Charakteristik-Ausgabereinheit **366** ist äquivalent der Kanal-Charakteristik-Ausgabereinheit **263**, die in der zweiten Ausführungsform beschrieben ist.

[0141] Die ersten bis $(M - 1)$ -ten Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheiten **364-1** bis **364-(M - 1)** und ersten bis N-ten Symbol-Invers-Fourier-Transformationseinheiten **365-1** bis **365-N** in der Kanal-Charakteristik-Kombiniereinheit 360# führen die partitionierte Kanal-Charakteristik zur Symbolzeit und Trägerfrequenzachsen zurück, und die Kanal-Charakteristik-Ausgabereinheit **366** in der Kanal-Charakteristik-Kombiniereinheit 360# kombiniert die Teile dieser Kanal-Charakteristik und gibt die Kanal-Charakteristik an die Ausgleichseinheit **170** aus. Die ersten bis N-ten Symbol-Invers-Fourier-Transformationseinheiten **365-1** bis **365-N** kombinieren auch die Region mit dem minimalen Absolutfrequenzabweichungswert in der partitionierten Kanal-Charakteristik.

[0142] Die obige Variation der dritten Ausführungsform, die auf der Konfiguration der zweiten Ausführungsform basiert, lässt die einzelne partitionierte Region mit minimalen Absolutfrequenzabweichungswerten auf der Verzögerungszeitachse unpartitioniert. In einer weiteren möglichen Variation werden eine Mehrzahl von Regionen mit kleinen Absolutwerten auf der Frequenzabweichungsachse auf der Verzögerungszeitachse ungeteilt gelassen.

Vierte Ausführungsform

[0143] Die vierte Ausführungsform verwendet die Eigenschaften von Repetitionskomponenten zur Durchführung der Berechnungen, welche die Kanal-Charakteristik auf der Frequenzabweichungsachse in den ersten bis dritten Ausführungsformen partitioniert hat, in einer einfacheren Weise. Dies gestattet eine beachtliche Reduktion bei der notwendigen Anzahl von Symbol-Filtereinheiten und Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheiten, im Vergleich mit den Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheiten **130**, **330** in der ersten und dritten Ausführungsformen.

[0144] Bezug nehmend auf **Fig. 22** beinhaltet die Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheit **430** in der vierten Ausführungsform erste bis Z-te Charakteristik-Partitioniereinheiten **431-1** bis **431-Z**. Der Parameter Z ist eine positive Ganzzahl, welche der nachfolgenden Gleichung (10) genügt.

$$\sum_{z=1}^Z (L_z + 1) = M \quad (10)$$

[0145] In Gleichung (10) ist $L_z + 1$ eine Anzahl von Mengen von Ausgaben aus der z-ten Charakteristik-Partitioniereinheit **431-z**. Die ersten bis Z-ten Charakteristik-Partitioniereinheiten **431-1** bis **431-Z** werden durch Beschreiben der z-ten Charakteristik-Partitioniereinheit **431-z** beschrieben (wobei z eine positive Ganzzahl ist, so dass $1 \leq z \leq Z$).

[0146] Bezug nehmend auf **Fig. 23** beinhaltet die z-te Charakteristik-Partitioniereinheit **431-z** eine Symbolfiltereinheit **432**, eine Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheit **433**, und erste bis (L_z) -te Verzögerungszeit-Verschiebungssymbolzeitrotationseinheiten **434-1** bis **434-(L_z)**.

[0147] Zuerst partitionieren die Symbolfiltereinheit **432** und die Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheit **433** die gestreute Pilotkanal-Charakteristik auf den Frequenzabweichungs- und Verzögerungszeitachsen durch Ausführen derselben Prozesse wie derjenigen, die in der ersten Ausführungsform ausgeführt werden. Spezifischer teilt die Symbolfiltereinheit **432** die gestreute Pilotkanal-Charakteristik in Komponenten, die in einer Mehrzahl von ersten Intervallen auf der Frequenzabweichungsachse enthalten sind. Die Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheit **433** teilt die Komponenten, welche durch die Symbolfiltereinheit **432** ermittelt sind, in Komponenten in einer Mehrzahl von zweiten Intervallen auf der Verzögerungszeitachse.

[0148] Als Nächstes verschieben die ersten bis (L_z) -ten Verzögerungszeit-Verschiebungssymbolzeitrotationseinheiten **434-1** bis **434-(L_z)** die partitionierten Komponenten in der aus der Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheit **433** ausgegebenen Kanal-Charakteristik um einen vorgegebenen ersten Betrag auf der Frequenzabweichungsachse und führen rekursive Verschiebungen um einen vorbestimmten zweiten Betrag auf der Verzögerungszeitachse aus. Beispielsweise führen die ersten bis (L_z) -ten Verzögerungszeit-Verschiebungssymbolzeitrotationseinheiten **434-1** bis **434-(L_z)** rekursive Verschiebungen um ein Ganzzahl-Mehrfaches von $T_u/12$ auf der Verzögerungszeitachse aus, gefolgt von einer Phasenrotation um $\exp(j2\pi m/4)$ (wobei m ein Index ist, der das m-te Symbol bezeichnet) an den partitionierten Komponenten in der aus der Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheit **433** ausgegebenen Kanal-Charakteristik. Unten wird eine detaillierte Beschreibung gegeben.

[0149] Wie in **Fig. 24** gezeigt, weil die Positionen der Repetitionskomponenten charakteristisch auf den Frequenzabweichungs- und Verzögerungszeitachsen in der gestreuten Pilotkanal-Charakteristik verschoben sind, kommen die Repetitionskomponenten mit Verschiebungen um $(1/4)T_s$ auf der Frequenzabweichungsachse und $T_u/12$ auf der Zeitverzögerungsachse vor. Aufgrund dieser Eigenschaft wird die Kanal-Charakteristik in Region B in **Fig. 25** durch Verschieben von Region A um $(1/4)T_s$ auf der Frequenzabweichungsachse ermittelt und kann durch Ausführen einer rekursiven Verschiebung auf der Kanal-Charakteristik in Region A um $T_u/12$ auf der Verzögerungszeitachse berechnet werden.

[0150] Weil die erste Ausführungsform eine Mehrzahl von Symbolfiltern verwendet, um die gestreute Pilotkanal-Charakteristik auf der Frequenzabweichungsachse zu partitionieren, ist sie nicht in der Lage, Verschiebungen direkt auf der Frequenzabweichungsachse auszuführen. Im Gegensatz dazu führt die vierte Ausführungsform eine Phasenrotation auf der Symbolzeitachse an der partitionierten Komponente der Kanal-Charakteristik in einem Frequenzabweichungsband aus, um die Kanal-Charakteristik in einem anderen Frequenzabweichungsband zu berechnen.

[0151] Wie wohlbekannt ist, wird eine auf der Frequenzachse ausgeführte Verschiebung nach einer inversen Fourier-Transformation zu einer Phasenrotation in einer Zeitdomäne. Die Kanal-Charakteristik auf der Symbolzeitachse t_1 (t_1 ist ein Index, der das erste Symbol anzeigt), ermittelt durch Durchführen einer inversen Fourier-Transformation an der Frequenzabweichung f_d , wird daher um $\exp(j2\pi t_1 (1/4)T_s)$ rotiert. Da t_1 ein Ganzzahlmehrfaches von T_s ist, ist $\exp(j2\pi t_1 (1/4)T_s)$ gleich $\exp(j2\pi m/4)$. Darüber hinaus, weil der Phasenrotationsfaktor $\exp(j2\pi m/4)$ nur vier Werte annimmt ($1, j, -1, -j$), kann die Berechnung in einer einfachen Weise durchgeführt werden, was es gestattet, die Schaltungsgröße zu reduzieren.

[0152] Die Kanal-Charakteristik in der partitionierten Region B auf der Verzögerungszeitachse wird entsprechend durch Nehmen der Kanal-Charakteristik in Region A, die durch die Symbolfiltereinheit **432** ermittelt ist, und Verwenden der Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheit zu ihrer Partitionierung auf der Verzögerungszeitachse, dann Ausführen einer rekursiven Verschiebung an der partitionierten Kanal-Charakteristik um $T_u/12$ in der Verzögerungszeitrichtung und Multiplizieren der sich ergebenden Kanal-Charakteristik mit dem Phasenrotationsfaktor $\exp(j2\pi m/4)$ ermittelt.

[0153] Die partitionierte gestreute Pilotkanal-Charakteristik kann ähnlich für andere wiederholte Komponenten bei Abständen gleich Ganzzahl-Mehrfachen von $(1/4)T_s$ aus der partitionierten Kanal-Charakteristik in Region A durch Ausführen rekursiver Verschiebungen um Ganzzahl-Mehrfaches von $T_u/12$ auf der Verzögerungszeitachse, gefolgt von Multiplikation mit einem Ganzzahl-Mehrfachen des Phasenrotationsfaktors $\exp(j2\pi m/4)$ auf der partitionierten Kanal-Charakteristik in Region A berechnet werden.

[0154] Das Kombinieren der obigen Berechnungen gestattet eine Reduktion um im Wesentlichen die Hälfte bei der Symbolfilterung und Träger-Invers-Fourier-Transformationverarbeitung im Vergleich zu M Frequenzpartitionen. Beispielsweise kann die Symbolfiltereinheit **432** in jeder der ersten bis Z -ten Charakteristik-Partitioniereinheiten **431-1** bis **431-Z** eine Region entsprechend der Hälfte der Gesamtregion partitionieren, die in $M/2$ Partitionen zu partitionieren ist.

[0155] Wie oben beschrieben, verwendet die vierte Ausführungsform die Eigenschaften dass Repetitionskomponenten gleichmäßig in der Kanal-Charakteristik auftreten, um einfache Berechnungen hinzuzufügen, die eine große Reduktion im notwendigen Betrag an Filterung und Invers-Fourier-Transformationsverarbeitung gestatten, die verwendet werden, um die Kanal-Charakteristik zu partitionieren.

Fünfte Ausführungsform

[0156] Die fünfte Ausführungsform beinhaltet eine Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheit und eine Träger-Fourier-Transformationseinheit, die durch Reduzieren der Anzahl von Punkten in der Fourier-Transformation die Anzahl (N) von Partition auf der Verzögerungszeitachse reduzieren.

[0157] Die Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheit in der fünften Ausführungsform kann die in der ersten Ausführungsform beschriebenen ersten bis M -ten Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheiten **132-1** bis **132-M**, die in der zweiten Ausführungsform beschriebenen ersten bis M -ten Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheiten **232-1** bis **232-M**, die in der dritten Ausführungsform beschriebenen ersten bis $(M-1)$ ten Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheiten **332-1** bis **332-(M-1)** oder die Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheit **433** in der vierten Ausführungsform ersetzen.

[0158] Die Träger-Fourier-Transformationseinheit in der fünften Ausführungsform kann die in der ersten Ausführungsform beschriebene Träger-Fourier-Transformationseinheit **162**, die in der zweiten Ausführungsform beschriebenen ersten bis M-ten Träger-Fourier-Transformationseinheiten **262-1** bis **262-M** oder die in der dritten Ausführungsform beschriebene Träger-Fourier-Transformationseinheit **362** ersetzen.

[0159] Bezug nehmend auf **Fig. 26**, beinhaltet die Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheit **532** in der fünften Ausführungsform eine Träger-Partitioniereinheit **532a** und eine inverse Fourier-Transformationseinheit **532b**.

[0160] Wie in **Fig. 27** gezeigt, partitioniert die Träger-Partitioniereinheit **532a** die Kanal-Charakteristik auf der Trägerfrequenzachse in N-Punkt-Intervallen. Beispielsweise partitioniert die Träger-Partitioniereinheit **532a** die gestreute Pilotkanal-Charakteristik in Komponenten in einer Mehrzahl von vorbestimmten Intervallen auf der Frequenzabweichungsachse. Die durch die Träger-Partitioniereinheit **532a** erzeugten partitionierten Intervalle werden auch als dritte Intervalle bezeichnet.

[0161] Die inverse Fourier-Transformationseinheit **532b** partitioniert die N-Punkt-Komponenten der partitionierten Kanal-Charakteristik in der Verzögerungszeitachsenrichtung durch Durchführen einer inverse Fourier-Transformation, welche sie in Komponenten auf der Verzögerungszeitachse konvertiert. Während die ersten, zweiten, dritten und vierten Ausführungsformen inverse Fourier-Transformationen mit $F_DFT/3$ Punkten ausführten, reduziert durch Partitionierung der Kanal-Charakteristik in N-Punkt-Intervalle die fünfte Ausführungsform die Anzahl von Punkten, die in der inversen Fourier-Transformation verwendet wird, wodurch die Berechnungsmenge und Speichereinsatz reduziert werden.

[0162] Das Ergebnis einer N-Punkt-Invers-Fourier-Transformation wird unter Bezugnahme auf **Fig. 27** bis **Fig. 29** beschrieben.

[0163] Falls eine inverse Fourier-Transformation an in **Fig. 27** gezeigter gestreuter Pilotkanal-Charakteristik ohne Partitionierung ausgeführt wird, wird die in **Fig. 28** gezeigte Kanal-Charakteristik auf der Verzögerungszeitachse ermittelt. Die maximale detektierbare Verzögerungszeit wird das Umgekehrte des Intervalls zwischen Trägern, in welche der gestreute Pilot eingefügt wird, und eine Kanal-Charakteristik für die Anzahl von Punkten, an denen die inverse Fourier-Transformation durchgeführt wurde, wird ermittelt.

[0164] Das kontrastierende Ergebnis einer an der partitionierten Kanal-Charakteristik nach Partitionierung ausgeführten N-Punkt-Invers-Fourier-Transformation wird unter Bezugnahme auf **Fig. 29** beschrieben. Die maximale detektierbare Verzögerungszeit ist wieder das Umgekehrte des Intervalls zwischen Trägern, in welche der gestreute Pilot eingefügt wird, und eine Kanal-Charakteristik mit der Anzahl von Punkten in der inversen Fourier-Transformation wird ermittelt. Die N-Punkt-Invers-Fourier-Transformationseinheit **532b** partitioniert in der Wirkung die Kanal-Charakteristik in N Punkte auf der Verzögerungszeitachse.

[0165] Die fünfte Ausführungsform beinhaltet auch eine Repetitionsabschätzereinheit **140**, eine Repetitionsunterdrückungseinheit **150**, eine Addiereinheit **161** (in **Fig. 26** nicht gezeigt), welche dieselben Prozesse wie in der ersten Ausführungsform ausführen. Um Repetitionskomponenten zu identifizieren, kann jedoch die Repetitionsabschätzereinheit **140** die Leistungsverteilung in der Kanal-Charakteristik unter Verwendung aller Ein-Symboleinheiten im Ergebnis der durch die inverse Fourier-Transformationseinheit **532b** ausgeführten inversen Fourier-Transformation berechnen.

[0166] Bezug nehmend auf **Fig. 30** beinhaltet die Fourier-Transformationseinheit **562** in der fünften Ausführungsform eine Fourier-Transformationseinheit **562a** und eine Trägerkombiniereinheit **562b**.

[0167] Durch Ausführen einer Fourier-Transformation an den Kanal-Charakteristikkomponenten in jeder der N-Punkt partitionierten Verarbeitungseinheiten kombiniert, nachdem unerwünschte Komponenten in den Vorlaufstufen unterdrückt worden sind, wodurch die Komponenten auf der Verzögerungszeitachse in Komponenten auf der Trägerfrequenzachse umgewandelt sind, die Fourier-Transformationseinheit **562a** die Kanal-Charakteristik in der Verzögerungszeitachsenrichtung.

[0168] Die Trägerkombiniereinheit **562b** kombiniert die partitionierte Kanal-Charakteristik durch Rückführen der partitionierten Kanal-Charakteristik auf der Verzögerungszeitachse zu einer Kanal-Charakteristik auf der Trägerfrequenzachse. Mit anderen Worten nimmt die Trägerkombiniereinheit **562b** die kombinierten Komponenten, welche durch die Fourier-Transformationseinheit **562a** erzeugt sind, und kombiniert sie in der Frequenzabweichungsachsenrichtung.

[0169] Durch Partitionierung der Kanal-Charakteristik auf der Trägerfrequenzachse wie oben beschrieben, vor Ausführen der inversen Fourier-Transformation, kann die Ausgleichsvorrichtung in der fünften Ausführungsform die Menge an Berechnung und Speicherverwendung reduzieren.

[0170] Die Träger-Partitioniereinheit **532a** kann die Kanal-Charakteristik in zueinander überlappende Komponenten auf der Trägerfrequenzachse partitionieren, die dann durch Fensterfunktionen multipliziert werden, wie in **Fig. 31** gezeigt, bevor sie an der inversen Fourier-Transformationseinheit **532b** eingegeben werden. Eine Fensterfunktionsmultipliziereinheit **632c**, welche die Ausgaben aus der Träger-Partitioniereinheit **532a** durch Fensterfunktionen multipliziert, wird dann zwischen der Träger-Partitioniereinheit **532a** und der inversen Fourier-Transformationseinheit **532b** in der Träger-Invers-Fourier-Transformationseinheit **632** eingefügt, wie in **Fig. 32** gezeigt. Die Multiplikation mit Fensterfunktionen reduziert die Verzerrung aufgrund von Diskontinuitäten an den Enden der partitionierten Intervalle. Die Fensterfunktionsform wird vorzugsweise so ausgewählt, dass die Summe der Fensterfunktionen an allen Punkten auf der Frequenzabweichungsachse konstant ist. Trigonometrische Fensterfunktionen sind ein Beispiel, aber die vorliegende Erfindung ist nicht auf trigonometrische Fensterfunktionen beschränkt.

[0171] Alternativ können sowohl die Träger-Partitioniereinheit **532a** als auch die Trägerkombiniereinheit **562b** die Kanal-Charakteristik in jedem Intervall mit der Quadratwurzel der Fensterfunktion multiplizieren. Die durch die Trägerkombiniereinheit **562b** ausgeführte Fensterfunktionsmultiplikation kann dann die Verzerrung aufgrund von Unterdrückung und Extraktion in den partitionierten Regionen durch die Repetitionsunterdrückungseinheit **150** reduzieren.

[0172] In der Diskussion oben führen die inverse Fourier-Transformationseinheit **532b**, die Repetitionsunterdrückungseinheit **150**, die Addiereinheit **161** und die Fourier-Transformationseinheit **562a** Zeitteilungsverarbeitung in jedem der partitionierten Intervalle, welche durch die Träger-Partitioniereinheit **532a** erzeugt sind, durch, aber diese Intervalle können parallel verarbeitet werden.

[0173] Wie oben beschrieben, wenn eine inverse Fourier-Transformation verwendet wird, um die Kanal-Charakteristik auf der Verzögerungszeitachse zu partitionieren, reduziert das Verfahren der fünften Ausführungsform die Anzahl von Partitionen auf der Verzögerungszeitachse durch Partitionieren der Kanal-Charakteristik auf der Trägerfrequenzachse. Die Berechnungsmenge und Speichereinsatz, die in dem Fourier-Transformationsprozess involviert sind, können entsprechend reduziert werden. Die Verzerrung durch Partitionierung der Kanal-Charakteristik und Extrahieren erwünschter Komponenten der Kanal-Charakteristik können durch Durchführen von Fensterfunktionsmultiplikation zum Partitionieren der Kanal-Charakteristik auf der Trägerfrequenzachse reduziert werden.

[0174] Fachleute werden erkennen, dass weitere Variationen innerhalb des Schutzzumfangs der Erfindung, welche durch die angehängten Ansprüche definiert ist, möglich sind.

Patentansprüche

1. Ausgleichsvorrichtung (**100**), umfassend:

eine erste Fourier-Transformationseinheit (**110**) zum Transformieren eines Empfangssignals in eine Frequenzdomäne;

eine Kanal-Charakteristik-Berechnungseinheit (**120**) zum Berechnen einer ersten Kanal-Charakteristik, welche den Pilotträger betrifft, wobei die erste Kanal-Charakteristik in Relation auf eine Frequenzabweichungsachse und eine Verzögerungszeitachse ausdrückbar ist;

eine Kanal-Charakteristik-Partitionierungseinheit (**130**) zum Partitionieren der ersten Kanal-Charakteristik in Komponenten, die in einer Mehrzahl von Regionen entsprechend einer Mehrzahl von ersten Intervallen auf der Frequenzabweichungsachse und einer Mehrzahl von zweiten Intervallen auf der Verzögerungszeitachse angeordnet sind;

eine erwünscht-Komponenten-Extraktionseinheit (**140, 150**) zum Extrahieren erwünschter Komponenten aus den durch die Kanal-Charakteristik-Partitionierungseinheit (**130**) ermittelten Komponenten durch Identifizieren der erwünschten Komponenten aus einer Verteilungssymmetrie der Komponenten, die durch die Kanal-Charakteristik-Partitionierungseinheit (**130**) in Bezug auf eine Symmetrieachse, die sich parallel zur Verzögerungszeitachse bei einer vorbestimmten Frequenzabweichung erstreckt, ermittelt wird, oder durch Identifizieren unerwünschter Komponenten aus der Verteilungssymmetrie der Komponenten, die durch die Kanal-Charakteristik-Partitionierungseinheit (**130**) in Bezug auf die Symmetrieachse, die sich parallel zur Verzögerungszeitachse bei einer vorbestimmten Frequenzabweichung erstreckt, ermittelt wird, und Unterdrücken der unerwünschten Komponenten;

eine Kanal-Charakteristik-Kombiniereinheit (**160**) zum Erzeugen einer zweiten Kanal-Charakteristik durch Kombinieren der durch die erwünscht-Komponenten-Extraktionseinheit (**140, 150**) extrahierten erwünschten Komponenten; und

eine Ausgleichseinheit (**170**) zum Verwenden der zweiten Kanal-Charakteristik, um Kanalverzerrung im empfangenen Signal nach Transformation in die Frequenzdomäne durch die erste Fourier-Transformationseinheit (**110**) zu kompensieren,

wobei die Mehrzahl von Regionen symmetrisch um die Symmetrieachse angeordnet sind, die sich parallel zur Verzögerungszeitachse bei der vorbestimmten Frequenzabweichung erstreckt, und wenn die Komponenten in zwei Regionen in zueinander symmetrischen Positionen in Bezug auf die Symmetrieachse signifikant asymmetrische Leistungswerte aufweisen, die erwünscht-Komponenten-Extraktionseinheit (**140, 150**) die Komponenten in zumindest einer der zwei Regionen als eine unerwünschte Komponente beinhaltend identifiziert.

2. Ausgleichsvorrichtung (**100**) nach Anspruch 1, wobei die erwünscht-Komponenten-Extraktionseinheit (**140, 150**) feststellt, dass die Komponenten in den zwei Regionen in zueinander symmetrischen Positionen in Bezug auf die Symmetrieachse signifikant asymmetrische Leistungswerte aufweisen, wenn sich ihre Leistungswerte um mehr als einen vorbestimmten Schwellenwert unterscheiden.

3. Ausgleichsvorrichtung (**100**) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die erwünscht-Komponenten-Extraktionseinheit (**140, 150**) die eine der zwei Regionen mit einem höheren Leistungswert als eine unerwünschte Komponente beinhaltend identifiziert.

4. Ausgleichsvorrichtung (**100**) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die erwünscht-Komponenten-Extraktionseinheit (**140, 150**) die Komponenten in der als eine unerwünschte Komponente enthaltend identifizierte Region auf Null reduziert.

5. Ausgleichsvorrichtung (**100**) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die erwünscht-Komponenten-Extraktionseinheit (**140, 150**) ein Inklusionsverhältnis von unerwünschten Komponenten auf Basis von Komponentenleistung in den zwei Regionen in zueinander symmetrischen Positionen in Bezug auf die Symmetrieachse berechnet, Unterdrückungsverhältnisse für die Regionen berechnet, in welche die Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheit (**130**) die erste Kanal-Charakteristik unterteilt, wobei die Unterdrückungsverhältnisse Werte aufweisen, die abnehmen, wenn das Inklusionsverhältnis steigt, und die durch die Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheit ermittelten Komponenten mit den Unterdrückungsverhältnissen ihrer Regionen multipliziert.

6. Ausgleichsvorrichtung (**100**) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die erwünscht-Komponenten-Extraktionseinheit (**140, 150**) eine Rauschleistung aus den Komponenten berechnet, welche durch die Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheit (**130**) ermittelt werden, und die Rauschleistung von den Leistungswerten der Komponenten in den zwei Regionen in zueinander symmetrischen Positionen in Bezug auf die Symmetrieachse subtrahiert, bevor bestimmt wird, ob die Komponenten im Wesentlichen asymmetrische Leistungswerte aufweisen.

7. Ausgleichsvorrichtung (**100**) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheit (**130**) eine Mehrzahl von ersten Filtern (**131-1** bis **131-M**) verwendet, um die Komponenten in unterschiedlichen ersten Intervallen auf der Frequenzabweichungsachse zu trennen, und die Kanal-Charakteristik-Kombiniereinheit (**160**) einen ersten Addierer (**161**) verwendet, um die erwünschten Komponenten auf der Frequenzabweichungsachse zu kombinieren.

8. Ausgleichsvorrichtung (**200**) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheit (**230**) eine Fourier-Transformation verwendet, um die erste Kanal-Charakteristik in die Komponenten auf der Frequenzabweichungsachse zu partitionieren und die Kanal-Charakteristik-Kombiniereinheit (**260**) eine Fourier-Transformation verwendet, um die erwünschten Komponenten auf der Frequenzabweichungsachse zu kombinieren.

9. Ausgleichsvorrichtung (**100**) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheit (**130**) eine inverse Fourier-Transformation verwendet, um die erste Kanal-Charakteristik in die Komponenten auf der Verzögerungszeitachse zu partitionieren, und die Kanal-Charakteristik-Kombiniereinheit (**160**) eine Fourier-Transformation verwendet, um die erwünschten Komponenten auf der Verzögerungszeitachse zu kombinieren.

10. Ausgleichsvorrichtung (**100**) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheit (**130**) eine Mehrzahl von zweiten Filtern verwendet, um die erste Kanal-Charakteristik in die

Komponenten auf der Verzögerungszeitachse zu partitionieren, und die Kanal-Charakteristik-Kombiniereinheit (160) einen zweiten Addierer verwendet, um die erwünschten Komponenten auf der Verzögerungszeitachse zu kombinieren.

11. Ausgleichsvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei:
 die Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheit (130) weiter umfasst:
 eine Träger-Partitioniereinheit (532a) zum Partitionieren der durch die Kanal-Charakteristik-Berechnungseinheit (120) ermittelten ersten Kanal-Charakteristik in Komponenten einer Mehrzahl von vorbestimmten dritten Intervallen auf der Frequenzabweichungsachse, und
 eine inverse Fourier-Transformationseinheit (532b) zum Ausführen inverser Fourier-Transformationen an den durch die Träger-Partitioniereinheit (532a) ermittelten Komponenten, um die Komponenten auf der Verzögerungszeitachse zu partitionieren; und
 die Kanal-Charakteristik-Kombiniereinheit (160) weiter umfasst:
 eine zweite Fourier-Transformationseinheit (562a) zum Kombinieren der Komponenten auf der Verzögerungszeitachse, nachdem die erwünscht-Komponenten-Extraktionseinheit (140, 150) die unerwünschten Komponenten unterdrückt hat, und
 eine Trägerkombiniereinheit (562b) zum Durchführen einer Additionsoperation zum Kombinieren, an der Frequenzabweichungsachse, der durch die zweite Fourier-Transformationseinheit kombinierten Komponenten (562a).

12. Ausgleichsvorrichtung (100) nach Anspruch 11, wobei:
 die Träger-Partitioniereinheit (532a) die durch die Kanal-Charakteristik-Berechnungseinheit (120) ermittelte erste Kanal-Charakteristik in zueinander überlappende Komponenten unterteilt;
 die Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheit (130) weiter eine Fensterfunktionsmultipliziereinheit (632c) zum Multiplizieren der Komponenten, in welche die Träger-Partitioniereinheit (532a) die erste Kanal-Charakteristik unterteilt, mit einer vorbestimmten Fensterfunktion umfasst;
 die inverse Fourier-Transformationseinheit (532b) die inversen Fourier-Transformationen an den Komponenten ausführt, nachdem die Fensterfunktionsmultipliziereinheit (632c) sie mit der vorbestimmten Fensterfunktion multipliziert; und
 die Trägerkombiniereinheit (562b) die durch die zweite Fourier-Transformationseinheit (562a) kombinierten Komponenten beim Kombinieren der durch die zweite Fourier-Transformationseinheit kombinierten Komponenten überlappt.

13. Ausgleichsvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, 11 oder 12, wobei die Kanal-Charakteristik-Partitioniereinheit (130) weiter eine Mehrzahl von Charakteristik-Partitioniereinheiten (431-1 bis 431-Z) umfasst, wobei jede Charakteristik-Partitioniereinheit beinhaltet:
 eine Filtereinheit (432) zum Partitionieren der durch die Kanal-Charakteristik-Berechnungseinheit (120) berechneten ersten Kanal-Charakteristik in Komponenten, die in den ersten Intervallen auf der Frequenzabweichungsachse enthalten sind;
 eine zweite inverse Fourier-Transformationseinheit (433) zum Ausführen einer inversen Fourier-Transformation, welche weiterhin die durch die Filtereinheit (432) ermittelten Komponenten in Komponenten partitioniert, die in einer Mehrzahl von zweiten Intervallen enthalten sind, auf der Verzögerungszeitachse; und
 eine Mehrzahl von Rotationseinheiten (431-1 bis 431-L_z) zum Ausführen von Verschiebungen um einen vorbestimmten ersten Betrag auf der Frequenzabweichungsachse an jeder der Komponenten, die durch die zweite inverse Fourier-Transformationseinheit (432) erhalten sind, in den zweiten Intervallen, und Ausführen einer rekursiven Verschiebung um einen vorbestimmten zweiten Betrag an den Komponenten in einem gegebenen Intervall auf der Frequenzabweichungsachse, wodurch die Komponenten in verschiedene Intervalle verschoben werden, um die Komponenten in jedem der zweiten Intervalle zu ermitteln.

14. Ausgleichsvorrichtung (100) eines der Ansprüche 1 bis 13, wobei die Charakteristik-Partitioniereinheit (130) Komponenten der ersten, durch die Kanal-Charakteristik-Berechnungseinheit (120) berechneten Kanal-Charakteristik, die Absolutwerte kleiner einem vorgegebenen Schwellenwert auf der Frequenzabweichungsachse aufweisen, davon abhält, durch die erwünscht-Komponenten-Extraktionseinheit (140, 150) verarbeitet zu werden.

15. Ausgleichsvorrichtung (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei die Kanal-Charakteristik-Berechnungseinheit (120) Komponenten mit Trägerfrequenzen, an denen der Pilotträger nicht enthalten ist, auf Null reduziert.

16. Ausgleichsvorrichtung (**100**) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei die Kanal-Charakteristik-Kombiniereinheit (**160**) die kombinierten erwünschten Komponenten zur Frequenzdomäne umwandelt, dann Komponenten mit Trägerfrequenzen, an denen der Pilotträger nicht enthalten ist, auf Null reduziert, um die zweite Kanal-Charakteristik zu erzeugen.

17. Ausgleichsverfahren, umfassend:

Transformieren eines Empfangssignals, das einen Pilotträger enthält, in die Frequenzdomäne;
Berechnen einer ersten Kanal-Charakteristik, welche den Pilotträger betrifft, wobei die erste Kanal-Charakteristik in Bezug auf eine Frequenzabweichungsachse und eine Verzögerungszeitachse ausdrückbar ist;
Partitionieren der ersten Kanal-Charakteristik in Komponenten in einer Mehrzahl von Regionen entsprechend einer Mehrzahl von ersten Intervallen auf der Frequenzabweichungsachse und einer Mehrzahl von zweiten Intervallen auf der Verzögerungszeitachse;
Extrahieren erwünschter Komponenten aus den Komponenten, in welche die erste Kanal-Charakteristik unterteilt ist, durch Identifizieren der erwünschten Komponenten aus einer Verteilungssymmetrie der Komponenten in Bezug auf eine Symmetrieachse, die sich parallel zur Verzögerungszeitachse bei einer vorbestimmten Frequenzabweichung erstreckt, oder durch Identifizieren unerwünschter Komponente aus der Verteilungssymmetrie der Komponenten in Bezug auf die sich parallel zur Verzögerungszeitachse bei der vorbestimmten Frequenzabweichung parallel erstreckende Symmetrieachse und Unterdrücken der unerwünschten Komponenten;
Erzeugen einer zweiten Kanal-Charakteristik durch Kombinieren der erwünschten Komponenten; und
Verwenden der zweiten Kanal-Charakteristik zum Kompensieren einer Kanalverzerrung im Empfangssignal, wie in die Frequenzdomäne transformiert,
wobei die Mehrzahl von Regionen symmetrisch um die Symmetrieachse angeordnet sind, die sich parallel zur Verzögerungszeitachse bei der vorbestimmten Frequenzabweichung erstreckt, und wenn die Komponenten in zwei Regionen in zueinander symmetrischen Positionen in Bezug auf die Symmetrieachse signifikant asymmetrische Leistungswerte aufweisen, die Komponenten in zumindest einer der zwei Regionen als eine unerwünschte Komponente beinhaltend identifiziert werden.

Es folgen 22 Seiten Zeichnungen

FIG. 1

STAND DER TECHNIK

FREQUENZ-
ABWEICHUNG f_d

900

800

700

1/4T_s

1/T_s

VERZÖGER.-
ZEIT τ

T_u

T_u/3

T_u/12

901

FIG. 3

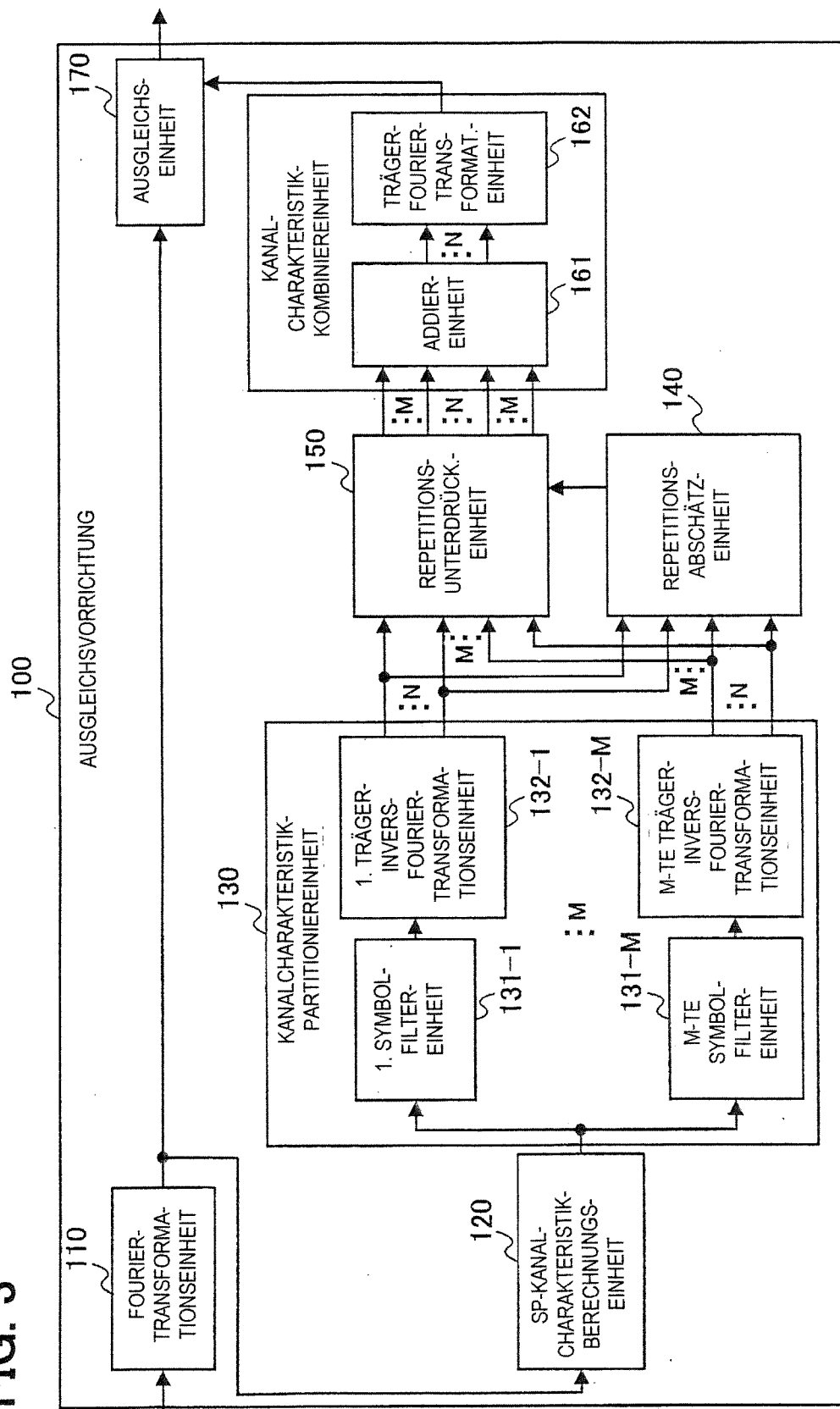


FIG. 4

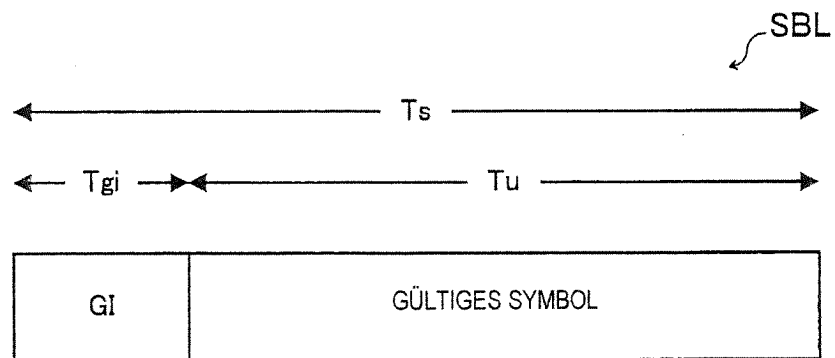


FIG. 5

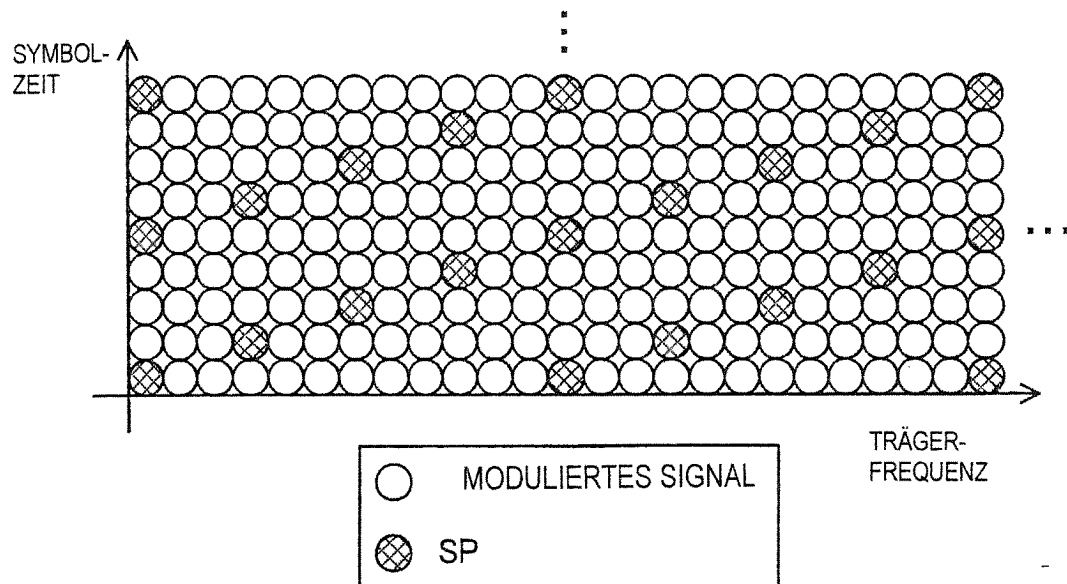


FIG. 6

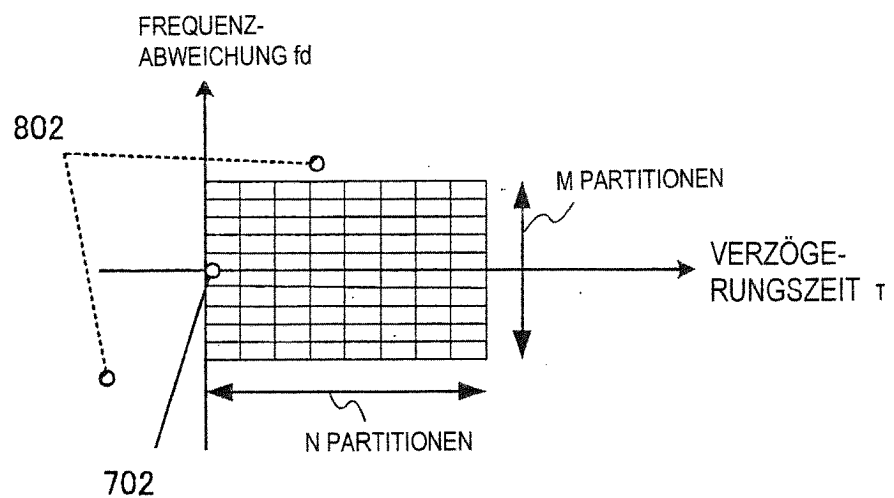


FIG. 7

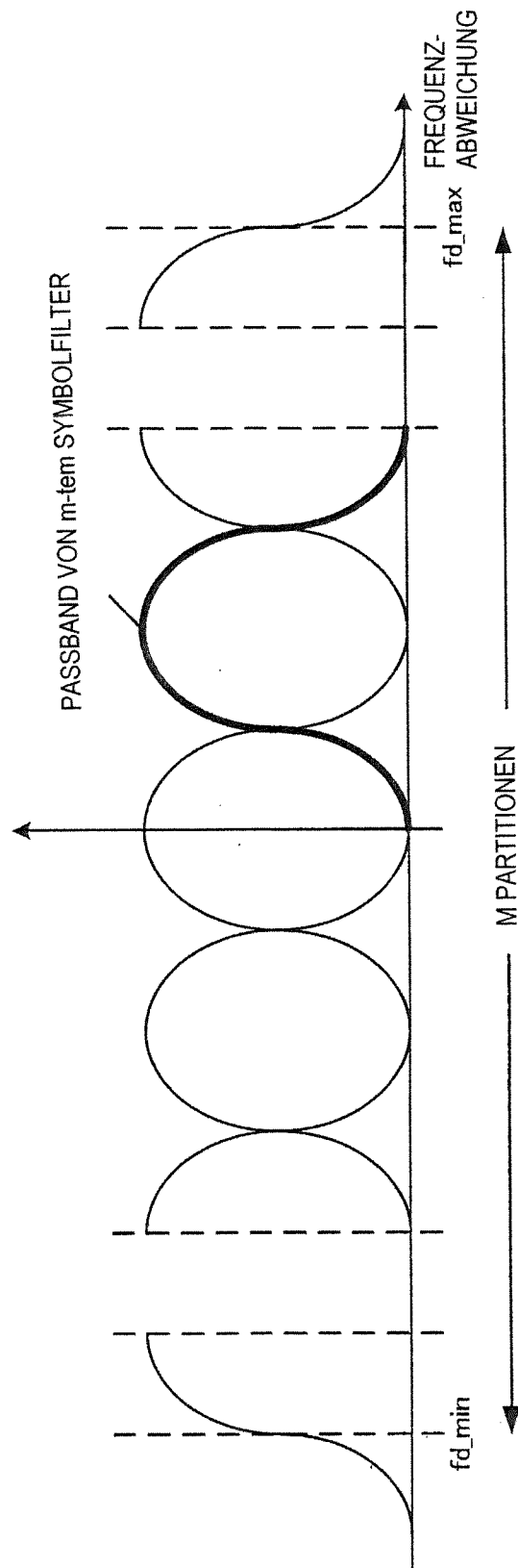


FIG. 8

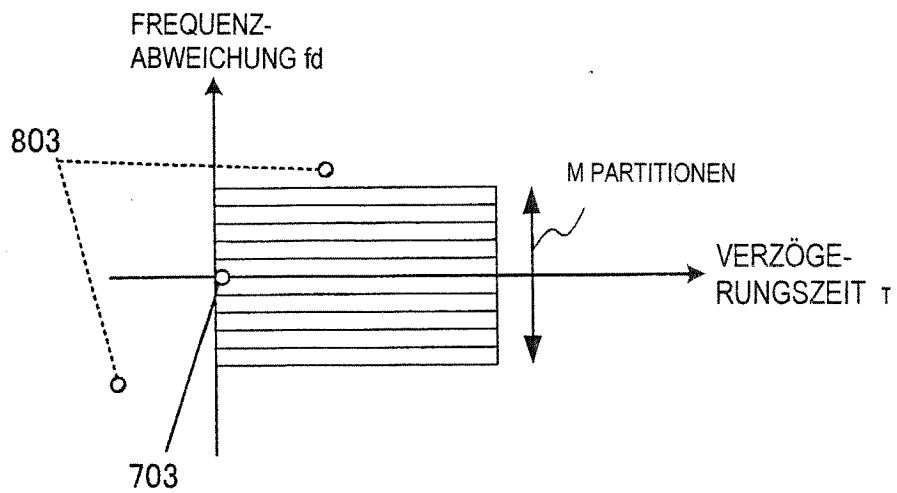


FIG. 9

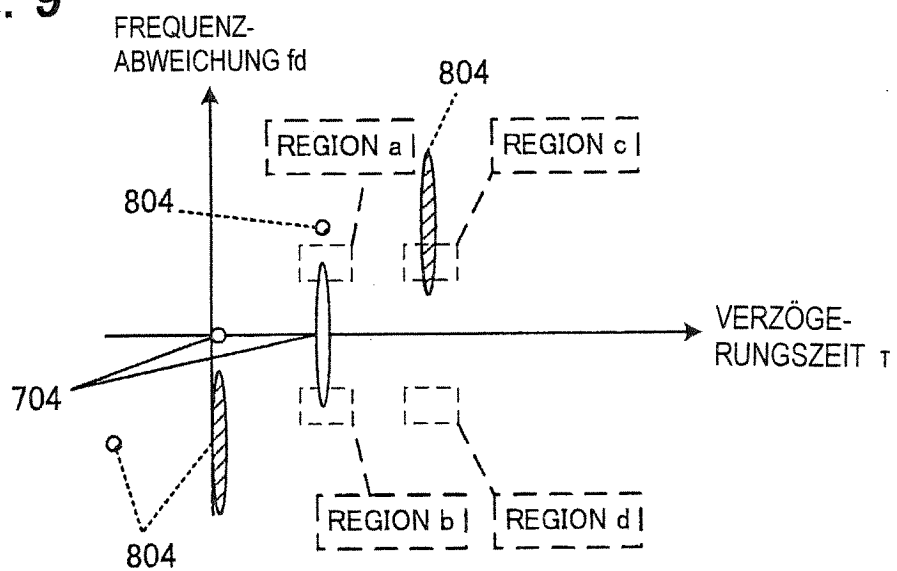


FIG. 10

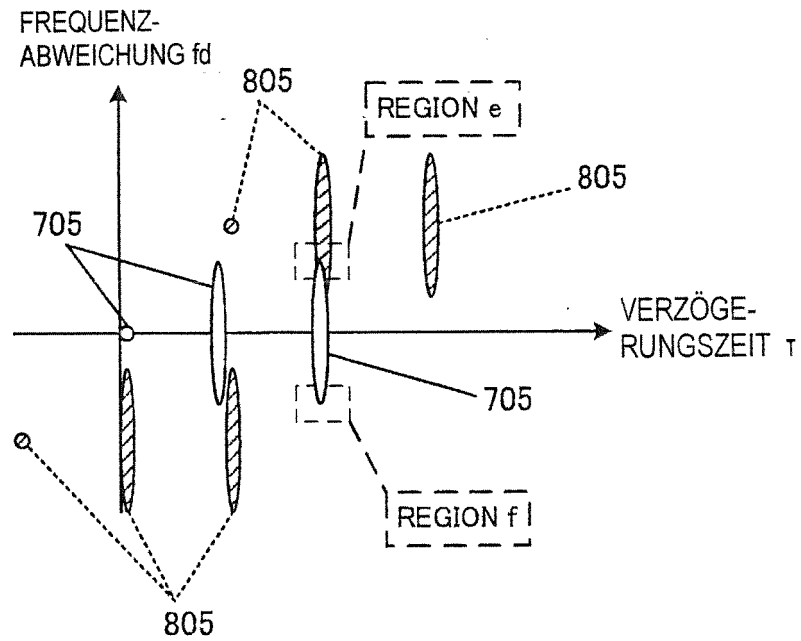


FIG. 11

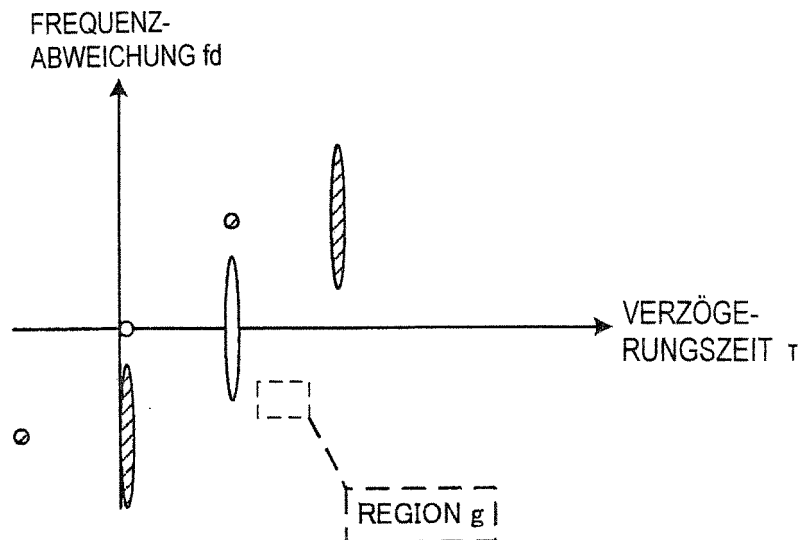


FIG. 12

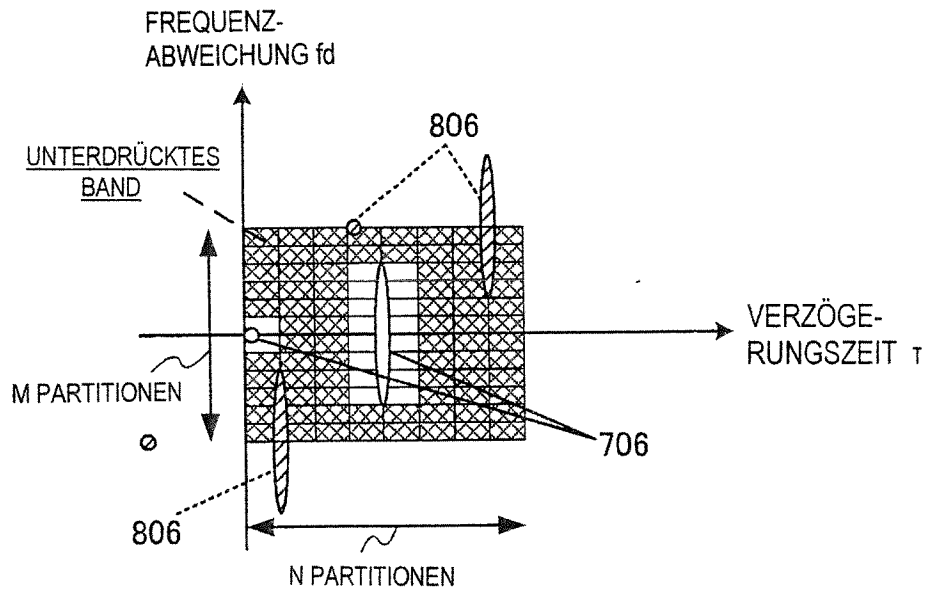


FIG. 13

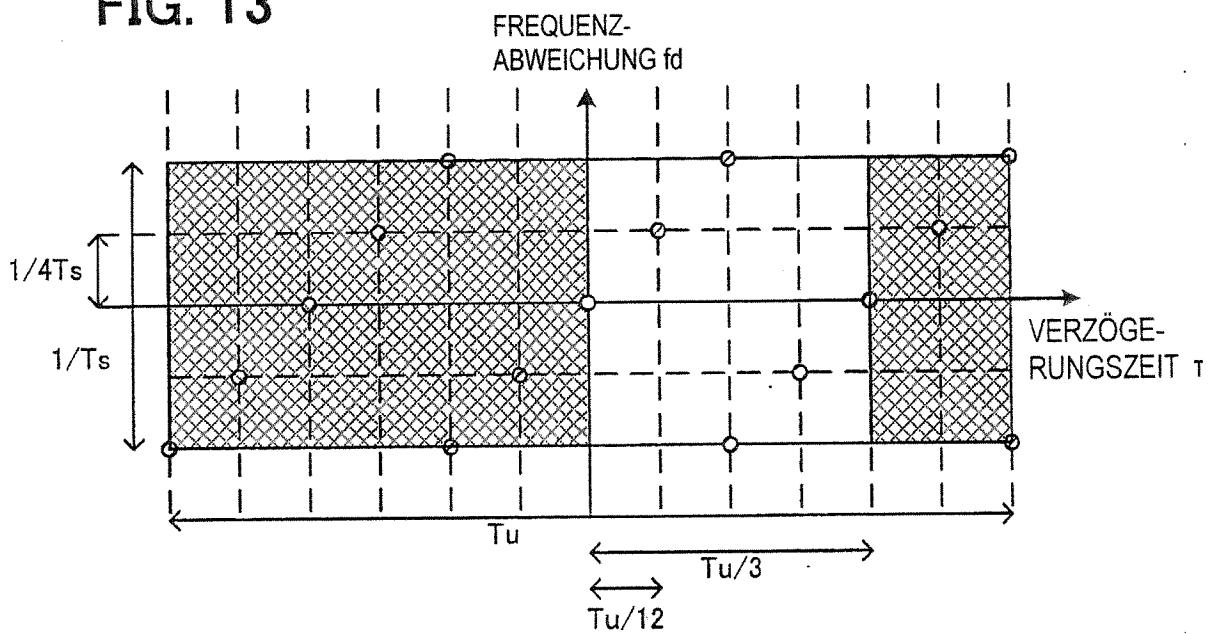


FIG. 14

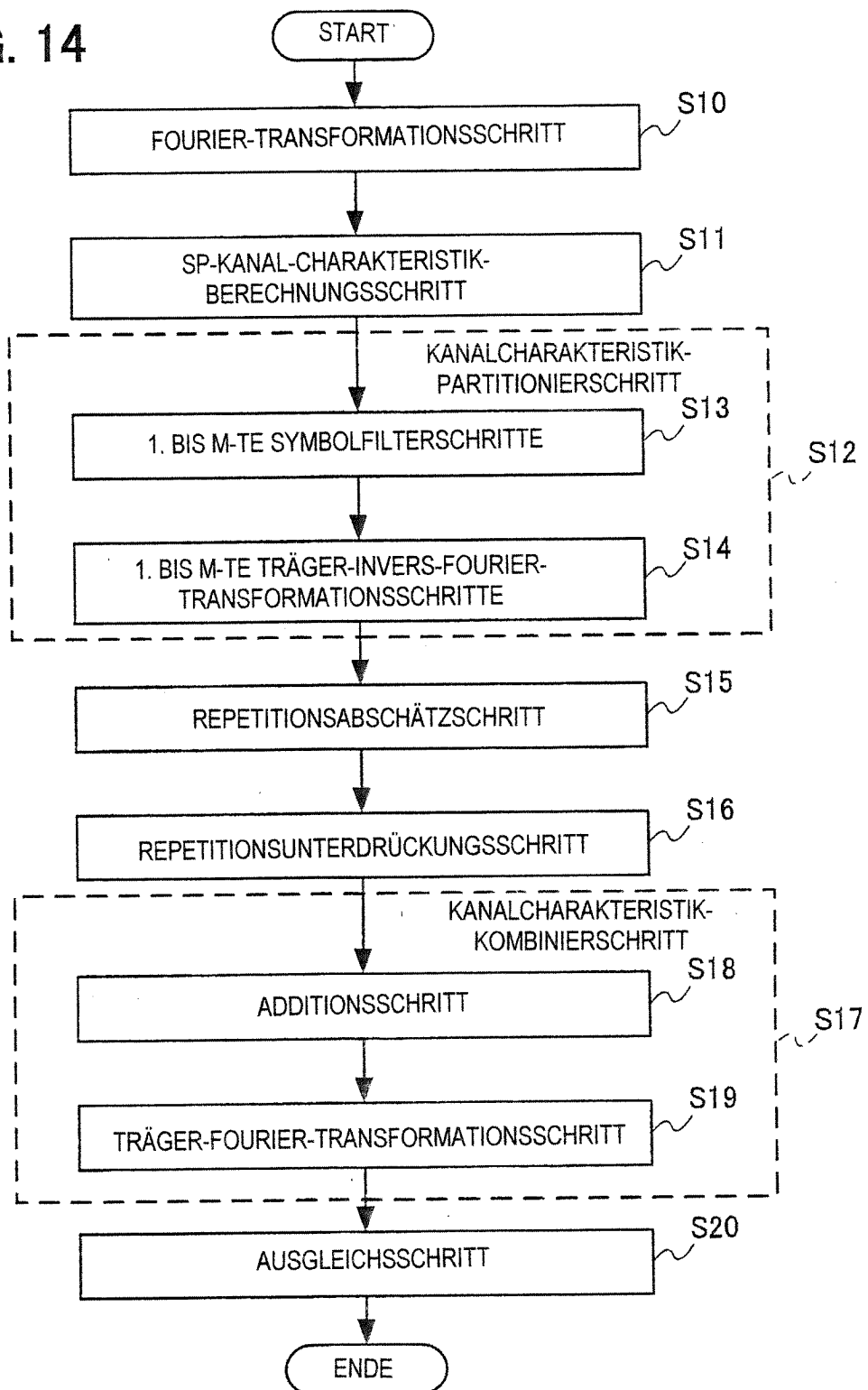


FIG. 15

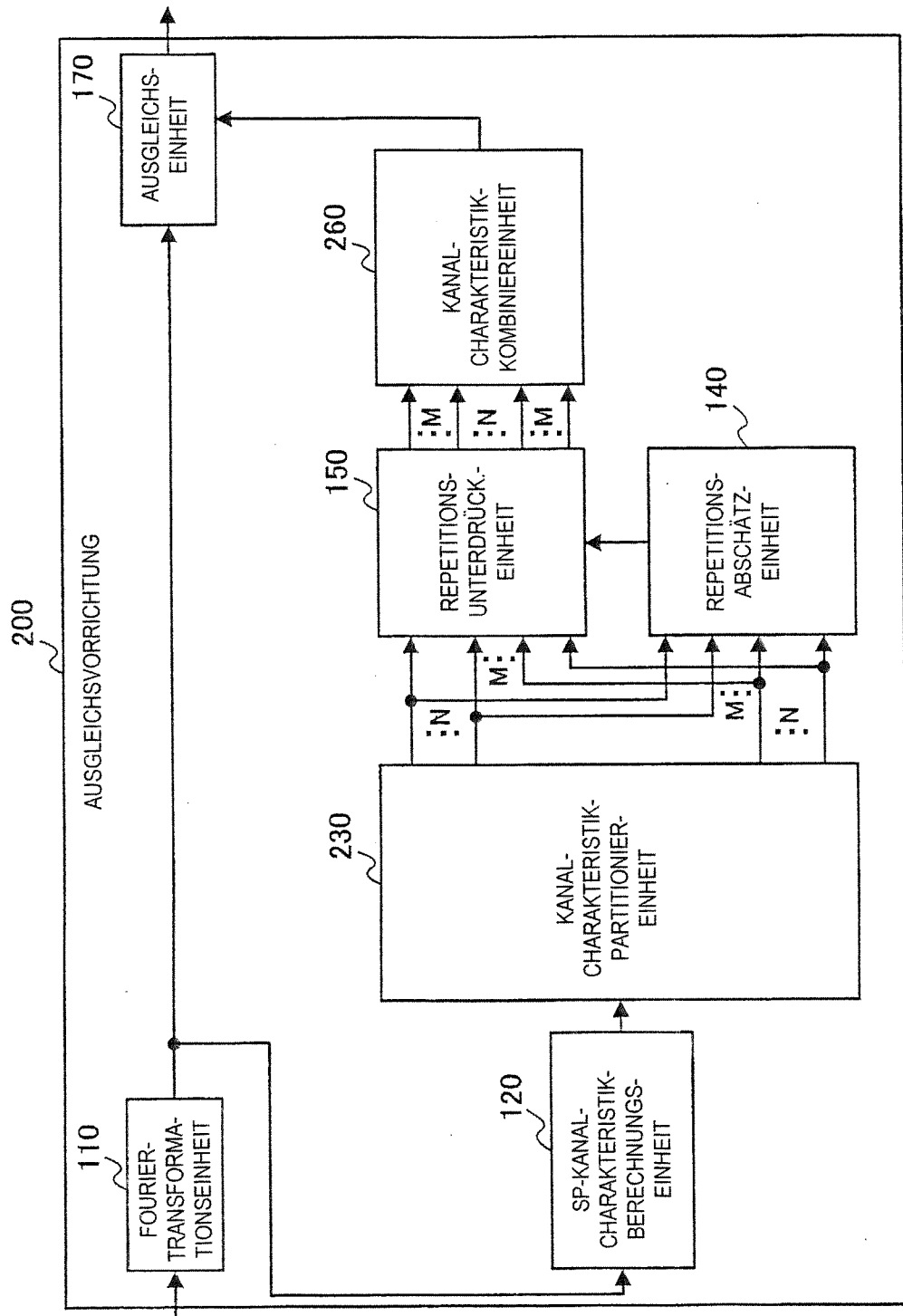


FIG. 16

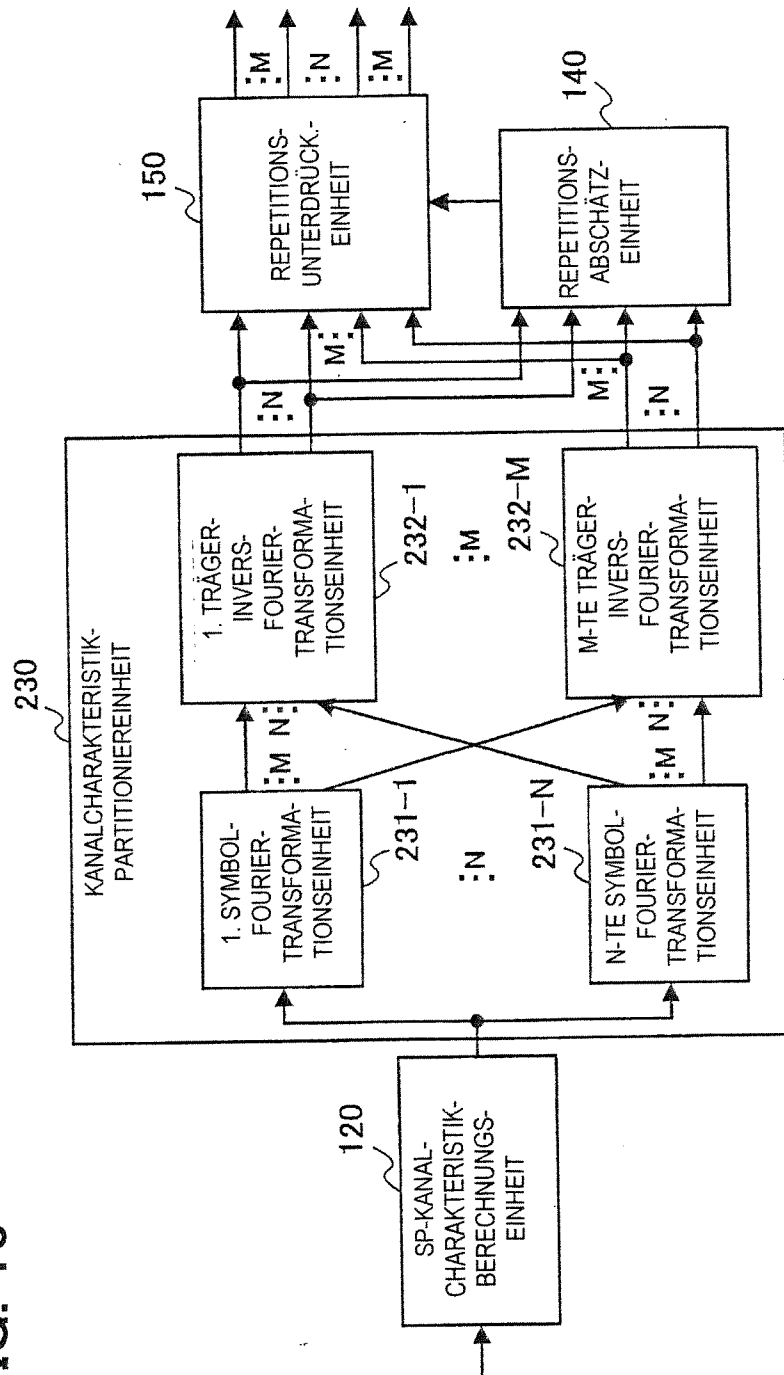


FIG. 17

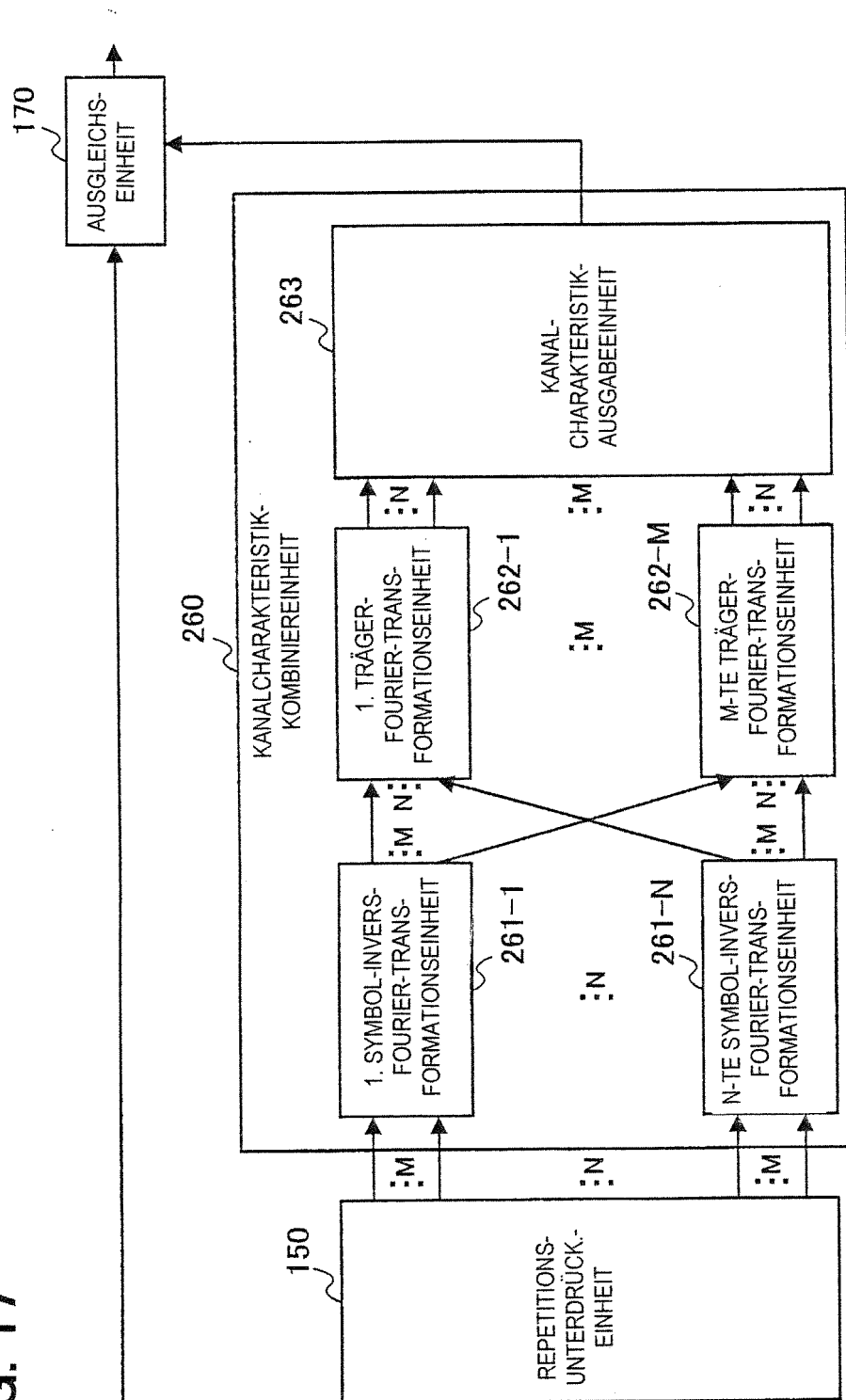


FIG. 18

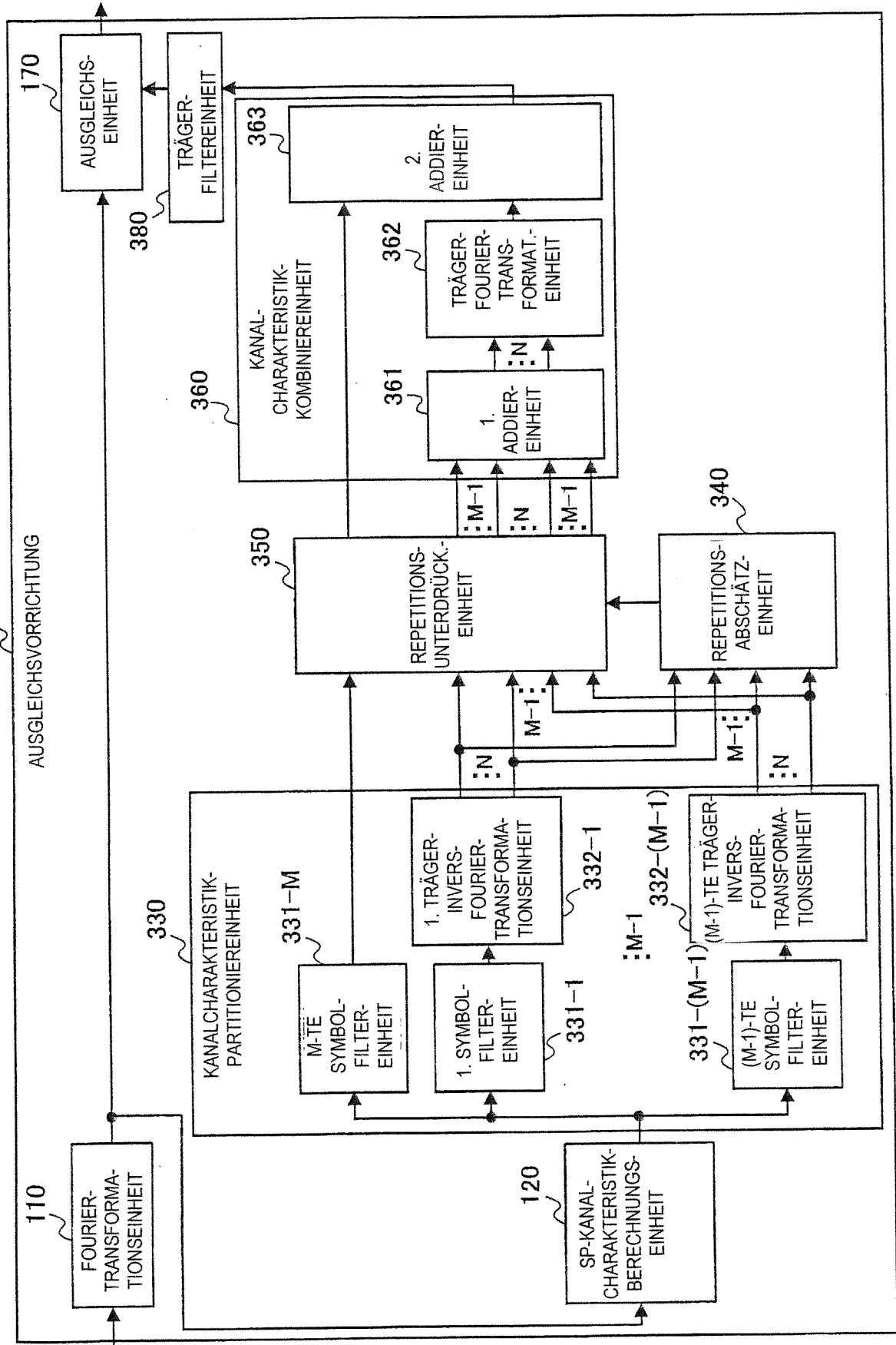


FIG. 19

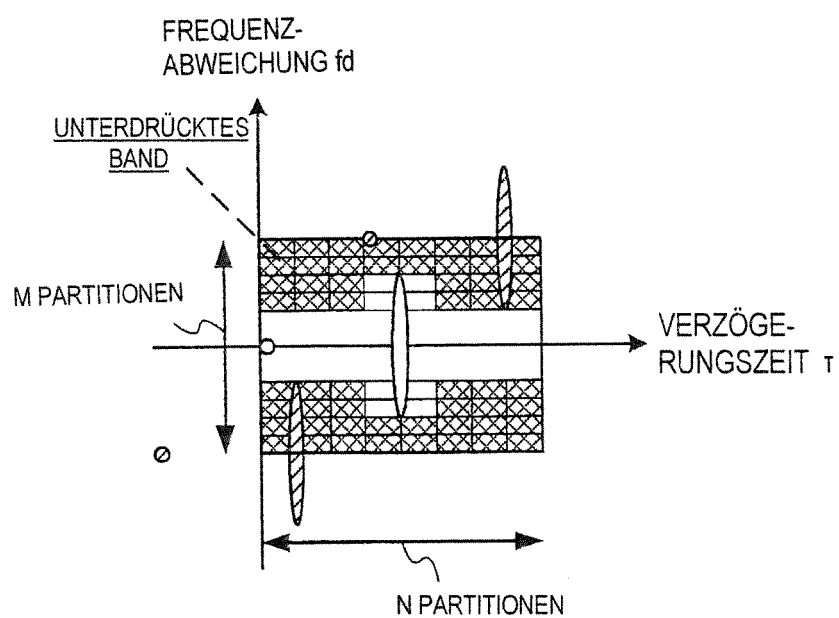


FIG. 20

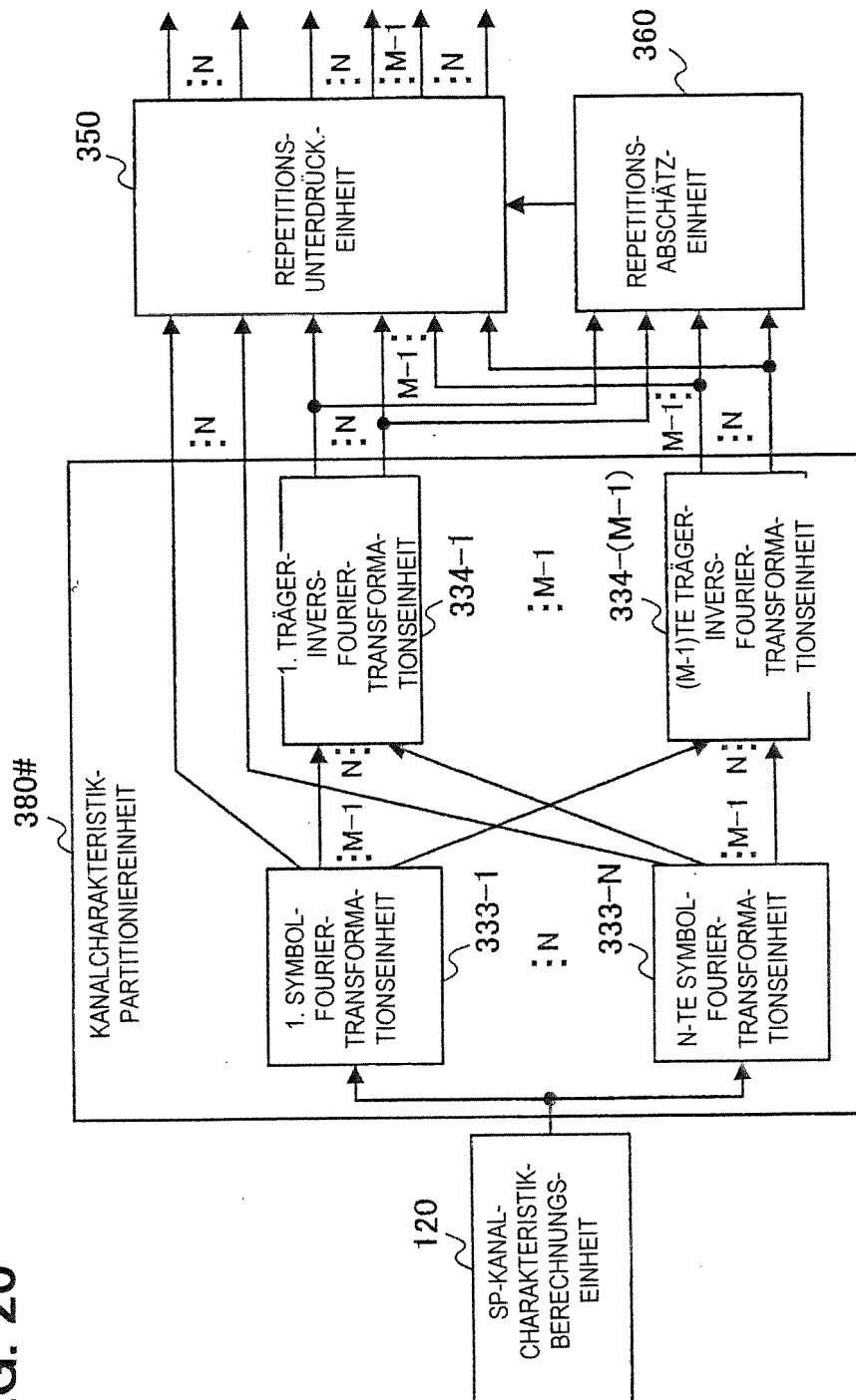


FIG. 21

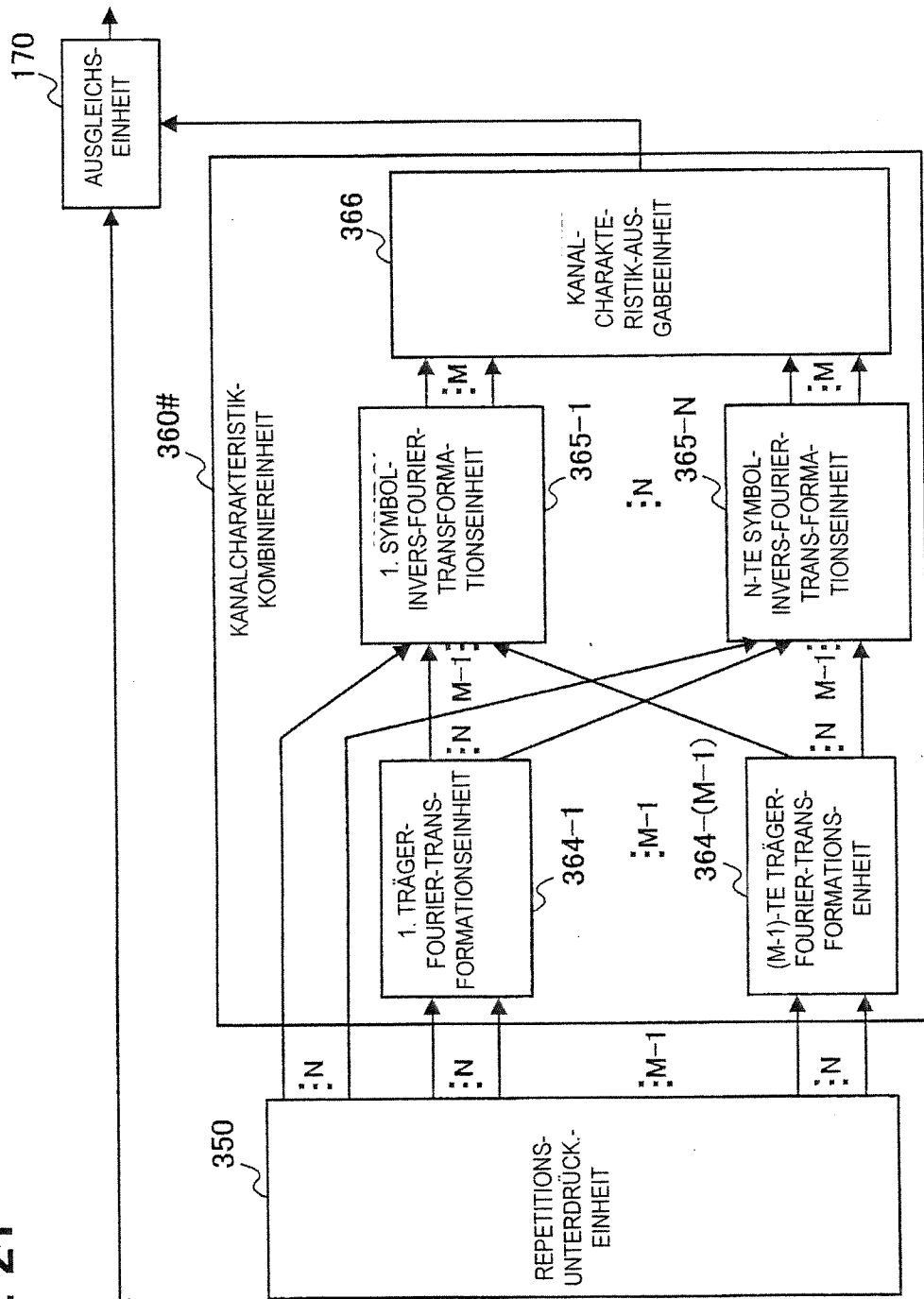


FIG. 22

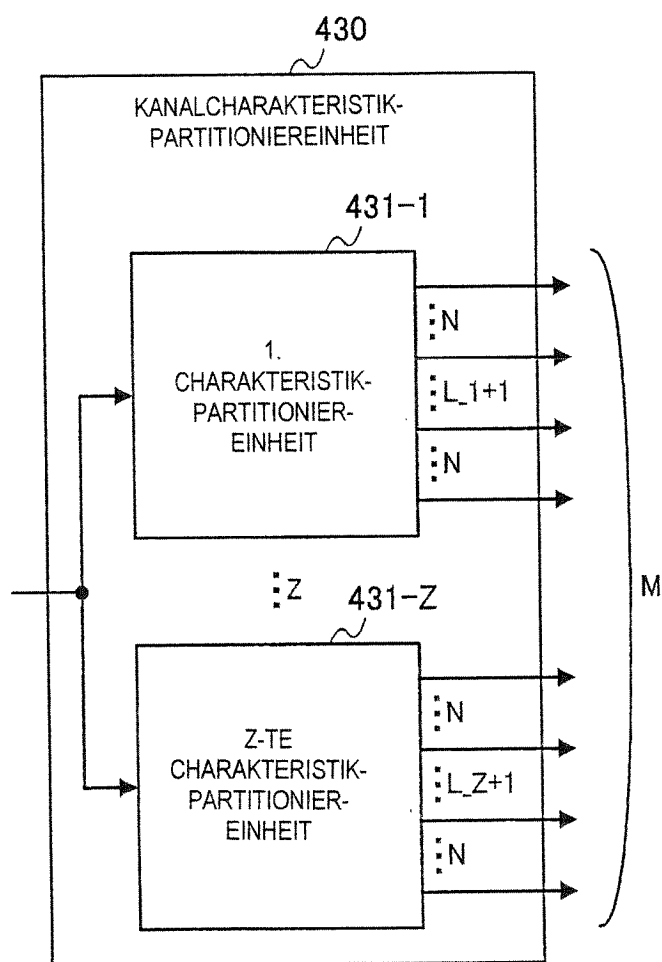


FIG. 23

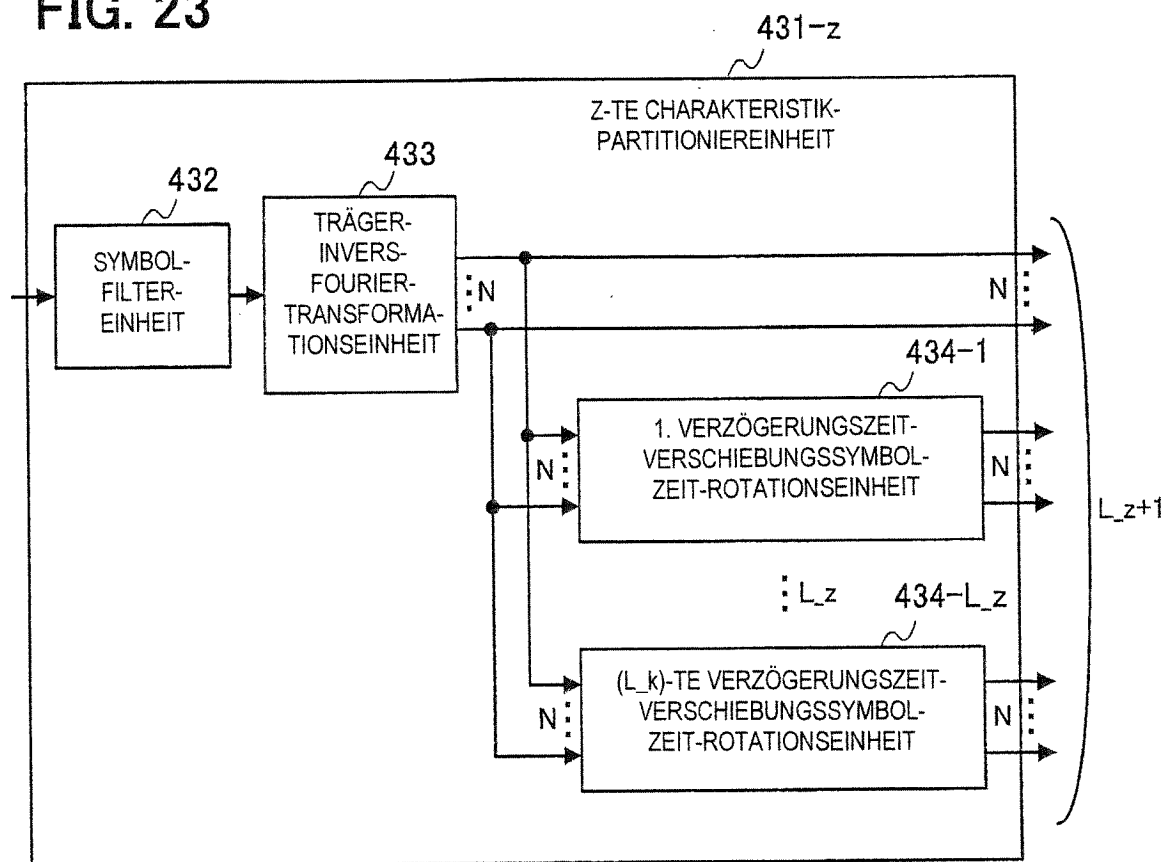


FIG. 24

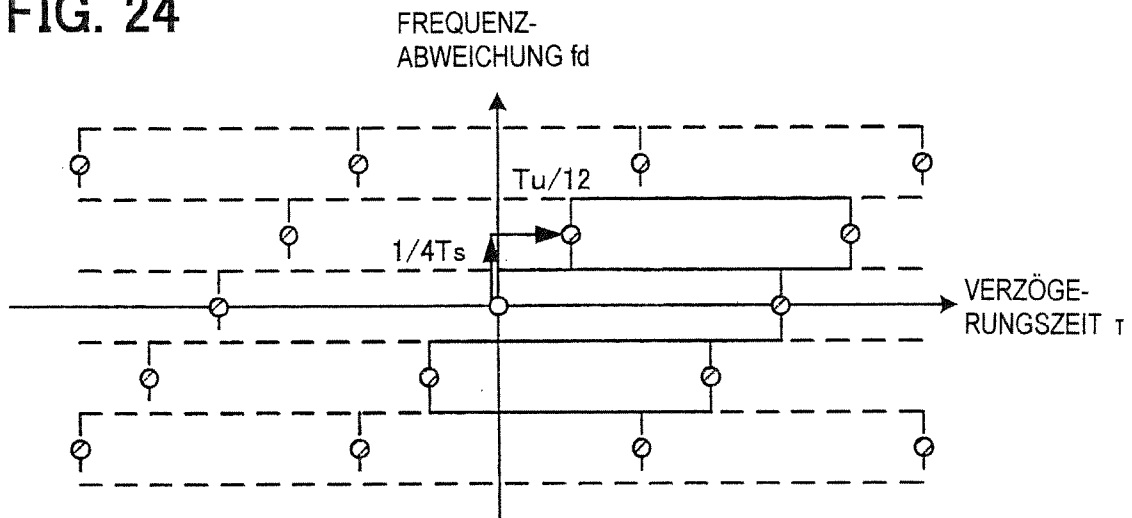


FIG. 25

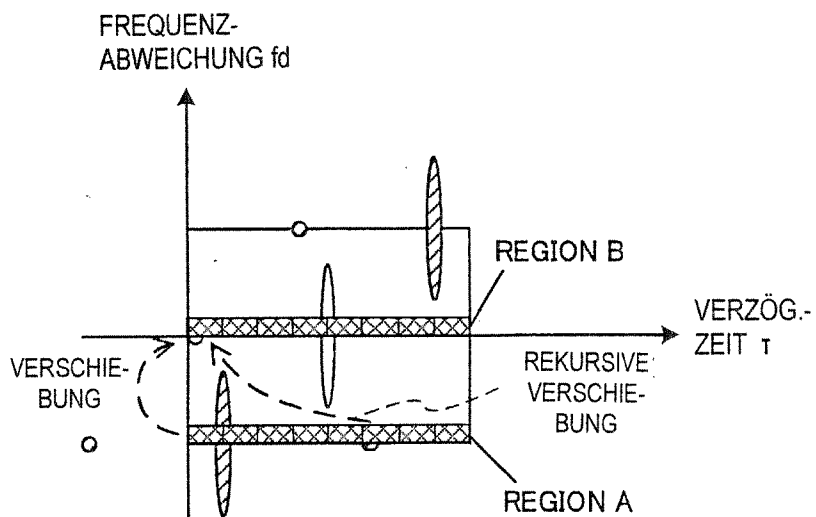


FIG. 26

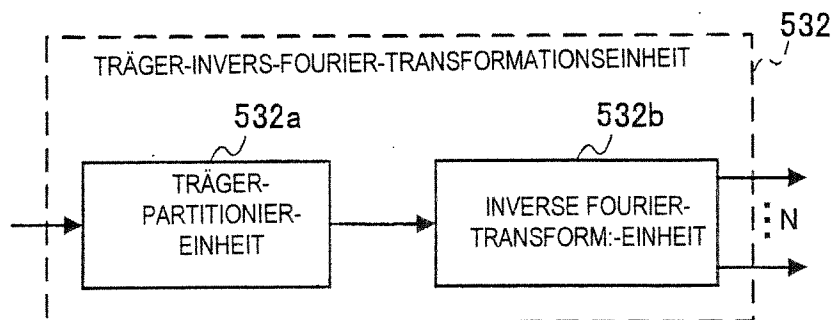


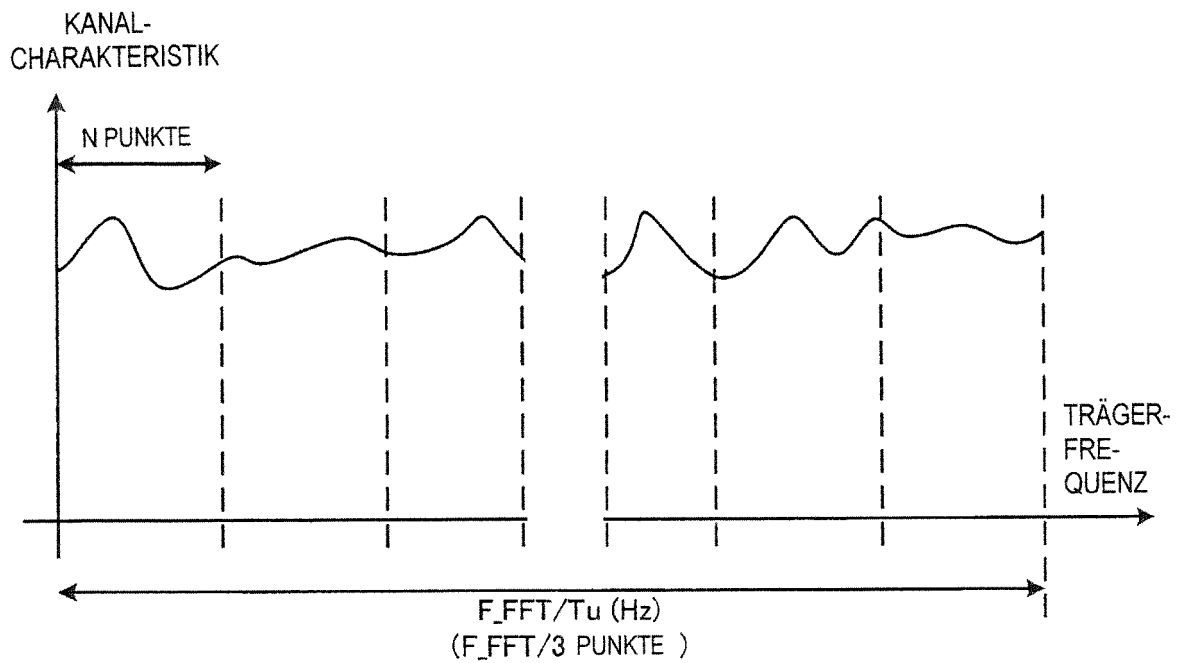
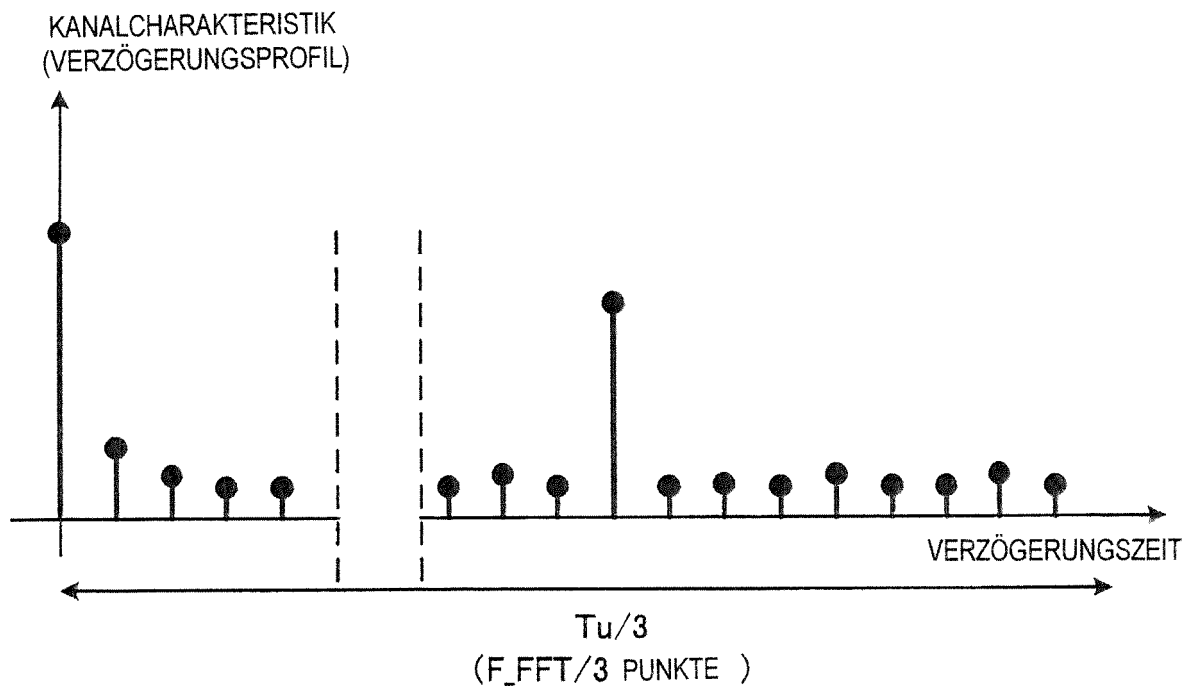
FIG. 27**FIG. 28**

FIG. 29

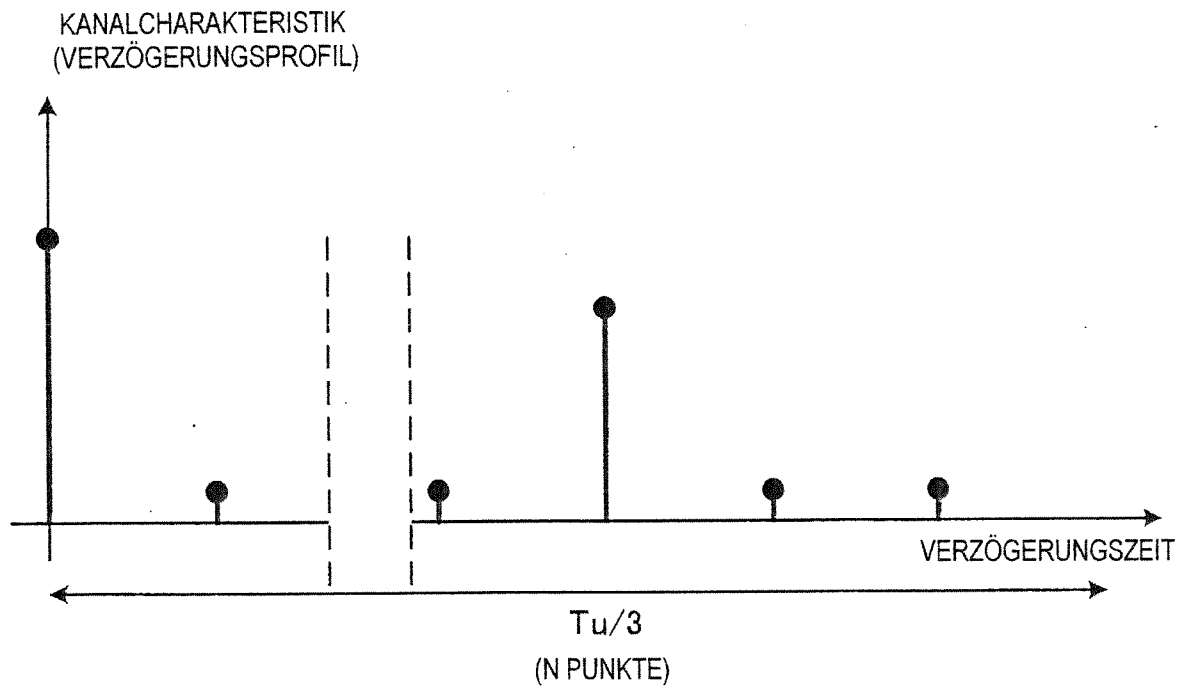


FIG. 30

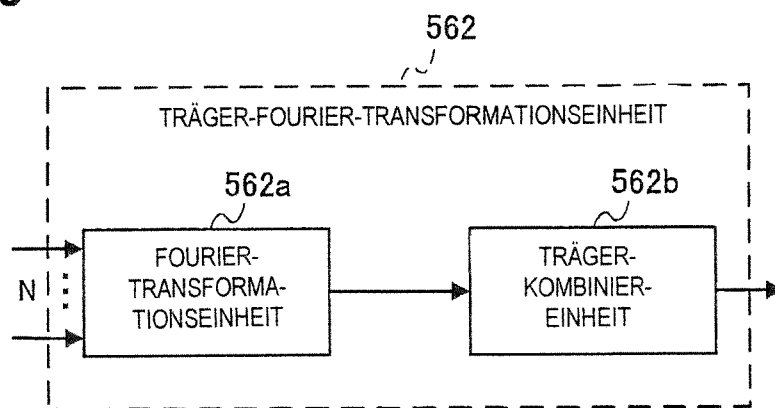


FIG. 31

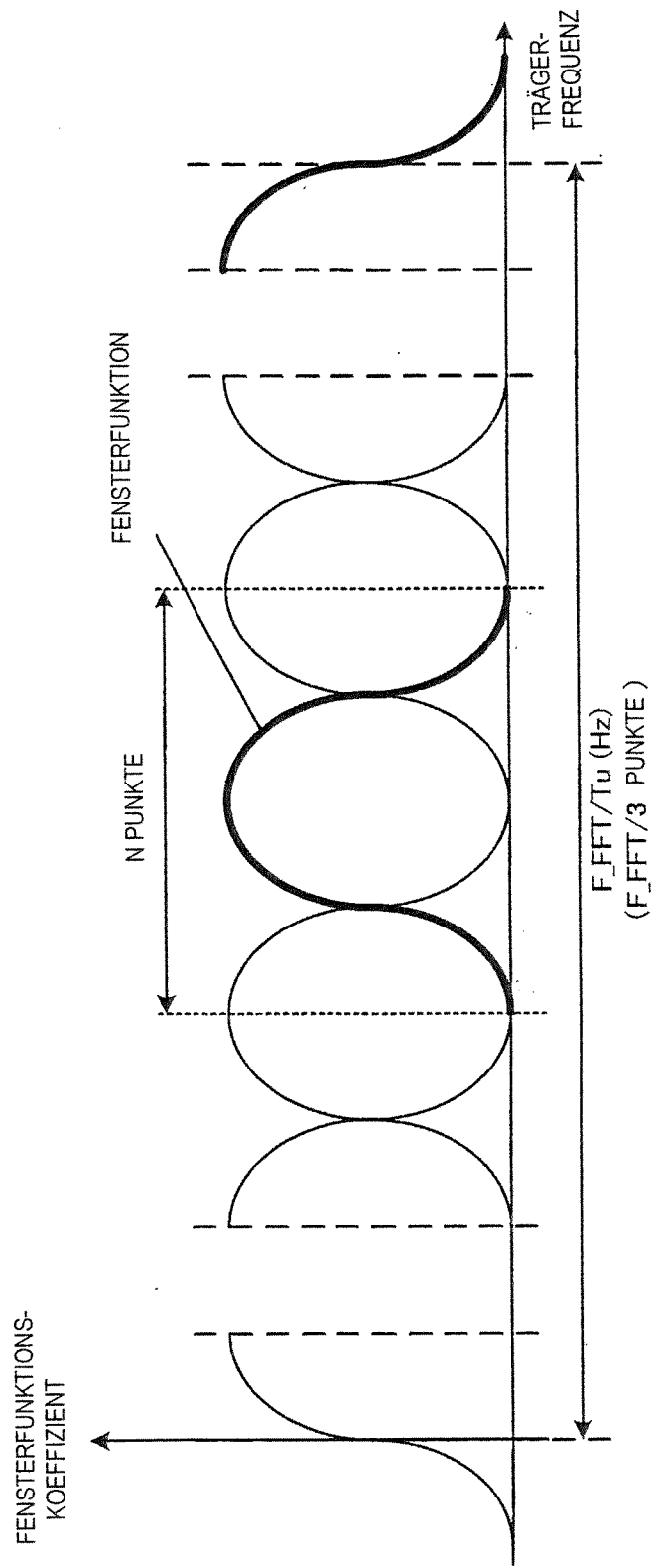


FIG. 32

