



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 24 181 T2 2006.03.23**

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 961 450 B1**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H04L 27/26 (2006.01)**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 24 181.2**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 304 137.5**

(96) Europäischer Anmeldetag: **27.05.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **01.12.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **16.03.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **23.03.2006**

(30) Unionspriorität:

**15033098      29.05.1998      JP**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, FR, GB**

(73) Patentinhaber:

**Sony Corp., Tokio/Tokyo, JP**

(72) Erfinder:

**Suzuki, Mitsuhiro, Shinagawa-ku, Tokyo, JP**

(74) Vertreter:

**Mitscherlich & Partner, Patent- und  
Rechtsanwälte, 80331 München**

(54) Bezeichnung: **Erfassung von Frequenzverschiebungen in Mehrträgerempfängern**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Empfangsverfahren und ein Empfangsgerät zum Empfangen eines Signals, welches einer orthogonalen Frequenzteilungs-Multiplexmodulation (anschließend als OFDM bezeichnet) unterworfen wurde, insbesondere auf ein Verfahren zum Ermitteln eines Frequenzfehlers eines Empfangssignals.

**[0002]** Als eines von Modulationssystemen, welches verwendet wird, wenn Digitaldaten, die eine relativ große Kapazität haben, in einem Drahtlosmodus oder dgl. übertragen werden, wird die OFDM-Modulation in der Praxis verwendet. Das OFDM-Modulationssystem ist ein System zum Übertragen von Übertragungsdaten wie ein Multiträger, welcher in mehrere Hilfsträger aufgespalten ist. Dieses Modulationssystem kann eine große Datenkapazitätsmenge in einem Drahtlosmodus übertragen.

**[0003]** Bei einem Drahtlosübertragungszustand eines Signals, welches der OFDM-Modulation unterworfen wird, kann es einen Fall geben, dass eine Einheit des OFDM-Modulationssignals fortlaufend in einem vorher festgelegten Frequenzband übertragen wird. Wie beispielsweise in [Fig. 1](#) gezeigt ist, wird bei einem Drahtlos-telefontelefonensystem angenommen, dass OFDM-Modulationssignale, die in einem Drahtlosmodus von mehreren Mobilstationen MS1, MS2, MS3 und MS4 übertragen werden, einem Empfangsprozess durch eine Basisstation unterworfen werden. In diesem Fall werden die OFDM-Modulationssignale von den jeweiligen Mobilstationen MS1 bis MS4 als Mehrfachträgersignale übertragen, wobei entsprechend unterschiedliche Bänder F1 bis F4 verwendet werden und alle Bänder F1 bis F4 einem Empfangsprozess durch die Basisstation unterworfen werden. Ein System, bei dem eine Mehrfachverbindung zwischen der Basisstation und mehreren umgebenden Mobilstationen unter Verwendung der OFDM-Modulationswellen ausgeführt wird, wie oben beschrieben, wurde vorgeschlagen.

**[0004]** Nebenbei bemerkt muss, wie in [Fig. 1](#) gezeigt ist, wenn Signale von mehreren Mobilstationen einem Empfangsprozess durch eine Basisstation unterworfen werden, ein Frequenz-Offset der jeweiligen Übertragungssignale ermittelt werden. [Fig. 2](#) ist ein Diagramm, welches ein Beispiel einer Schaltungsanordnung zeigt, um einen Frequenz-Offset bei einer herkömmlichen Basisstation zu ermitteln. Dieses Beispiel ist ein Fall, wo die Frequenz-Offsets von Signalen von den vier Mobilstationen MS1 bis MS4, welche in [Fig. 1](#) gezeigt sind, ermittelt werden. Ein Empfangsprozessor **2**, der mit einer Antenne **1** verbunden ist, verarbeitet die Signale der Übertragungsbänder auf einmal, und dann werden die empfangenen Signale zu vier Bandpassfiltern **3a**, **3b**, **3c** und **3d** geliefert, die entsprechend unterschiedliche Durchlassbänder haben. In diesem Fall sind die Durchlassbänder der Bandpassfilter **3a** bis **3d** für die Übertragungsbänder F1 bis F4 entsprechend eingestellt, wie in [Fig. 1](#) gezeigt ist.

**[0005]** Die Ausgangssignale von den Bandpassfiltern **3a** bis **3d** werden zu verschiedenen Frequenzoffset-Ermittlungsschaltungen **4a**, **4b**, **4c** bzw. **4d** geliefert. Die Frequenz-Offsets von Übertragungssignalen von den vier Mobilstationen MS1 bis MS4 werden unabhängig einem Ermittlungsprozess durch die Frequenzoffset-Ermittlungsschaltungen **4a** bis **4d** entsprechend unterworfen. Auf der Basis der Höhe der Frequenz-Offsets, die durch die Frequenzoffset-Ermittlungsschaltungen **4a** bis **4d** ermittelt werden, wird der folgende Korrekturprozess durchgeführt. Das heißt, dass die Empfangsfrequenzen von Signalen, welche von den Mobilstationen übertragen werden, korrigiert werden, oder Daten zur Korrektur eines Frequenz-Offsets zu einer entsprechenden Mobilstation übertragen werden.

**[0006]** Als Frequenzoffset-Ermittlungsprozess, der in allen Frequenzoffset-Ermittlungsschaltungen **4a** bis **4d** durchgeführt wird, ist beispielsweise ein Ermittlungsprozess bekannt, bei dem eine Präfixzykluskomponente verwendet wird, die in einem OFDM-Modulationssignal enthalten ist, bekannt. Ein Beispiel einer Frequenzoffset-Ermittlungsanordnung, bei dem die Präfixzykluskomponente verwendet wird, ist in [Fig. 3](#) gezeigt. Eine ähnliche Anordnung zum Ermitteln des Frequenz-Offsets wie die, welche in [Fig. 3](#) gezeigt ist, ist in Sandell et al "Timing And Frequency Synchronisation In OFDM Systems Using The Cycle Prefix", International Symposium On Synchronisation, Dezember 1995, Seite 16 bis 19 offenbart.

**[0007]** In [Fig. 3](#) wird ein Signal von einem Anschluss **5**, bei dem ein Ausgangssignal von allen Bandpassfiltern **3a** bis **3d** erhalten werden kann, über eine Verzögerungsschaltung **6** zu einem Multiplizierer **7** geliefert, um ein Signal um eine vorher festgelegte Periode zu verzögern, und ein Signal, welches am Anschluss **5** erhalten wird, wird unmittelbar zum Anschluss **5** geliefert. Beide Signale werden einem Multiplizierprozess unterworfen. In diesem Fall wird die Höhe der Verzögerung der Verzögerungsschaltung **6** so eingestellt, dass diese ein eigener Betrag an Verzögerung ist, welche in der Zyklus-Präfixkomponente enthalten ist. Die Beziehung zwischen der Zyklus-Präfixkomponente und der Höhe der Verzögerung wird später beschrieben. Das Signal, wel-

ches durch die Verzögerungsschaltung 6 verzögert wird, ist ein komplexes Signal. Ein Multiplizierprozess eines Konjungierkomplexes wird im Multiplizierer 7 durchgeführt.

[0008] Ein Ausgangssignal vom Multiplizierer 7 wird zu einer Durchschnittsbildungsschaltung 8 geliefert, um einen Durchschnitt in einer vorher festgelegten Periode zu berechnen, und der Durchschnittswert wird zu einem Ausgangsanschluss 9 als Wert geliefert, der proportional zu einem Frequenzoffsetwert ist. Die Periode, in welcher die Durchschnittsbildung durch die Durchschnittsbildungsschaltung 8 durchgeführt wird, wird auf eine Periode eingestellt, welche beispielsweise einer Länge (Zeit) einer Zyklus-Präfixkomponente entspricht. Mit diesem Prozess wird ein Wert, der proportional zum Frequenzoffsetwert ist, am Ausgangsanschluss 9 erhalten.

[0009] Eine Zyklus-Präfixkomponente, welche in einem OFDM-Modulationssignal enthalten ist, wird anschließend beschrieben. Zunächst wird eine komplexe Sinuswelle durch eine Funktion  $\text{rot}(\cdot)$ , welche durch die Gleichung 81) dargestellt wird, definiert:

$$\text{rot}(s) = \exp(j2\pi s) \quad \dots(1)$$

[0010] In diesem Zeitpunkt kann ein OFDM-Modulationssignal vor einer Fensterbildung zur Übertragung beschrieben werden, wie durch die folgende Gleichung (2) gezeigt ist:

$$x(t) = \sum_{k=-a}^b x_k \text{rot}(kf_c t) \quad \dots \dots (2)$$

[0011] Hier bezeichnet das Symbol  $x_k$  ein Übertragungssymbol (Übertragungssymbol, welches auf einem k-ten Hilfsträger eingesetzt ist), und das Symbol  $f_c$  bezeichnet ein Hilfsträgerintervall. Das OFDM-Modulationssignal, welches durch die Gleichung (2) dargestellt wird und welches erhalten wird, bevor die Fensterbildung durchgeführt wird, kann auch dadurch ausgedrückt werden, wie durch die folgende Gleichung (3) dargestellt ist:

$$x(t + T_c) = \sum_{k=-a}^b x_k \text{rot}(kf_c(t + T_c)) = \sum_{k=-a}^b x_k \text{rot}(kf_c t + f_c T_c) = \sum_{k=-a}^b x_k \text{rot}(kf_c t) = x(t) \quad \dots \dots (3)$$

[0012] In diesem Fall wird  $T_c = 1/f_c$  eingerichtet, und das OFDM-Modulationssignal wird durch eine periodische Funktion einer Periode  $T_c$  in Abhängigkeit vom Hilfsträgerintervall  $f_c$  dargestellt. Insbesondere ist beispielsweise, wenn  $f_c = 4,1666 \text{ [kHz]} = 100 \text{ [kHz]}/24$ ,  $T_c = 240 \text{ [\mu s]}$ . In diesem Fall hat ein erhaltenes OFDM-Signal, welches vor der Fensterbildung durchgeführt wird, beispielsweise, wie in Fig. 4 gezeigt ist, eine Signal-schwingungsform, welche eine Periodizität von  $240 \text{ [\mu s]}$  hat.

[0013] Wenn das OFDM-Modulationssignal zu übertragen ist, ruft der Prozess zum Multiplizieren von Fensterbildungsdaten (Zeitschwingungsform) ein Übertragungsfenster. Ein Signal, welches durch Multiplizierung von Fensterbildungsdaten erhalten wird, wird durch die folgende Gleichung dargestellt. In dieser Gleichung bezeichnet  $w(t)$  Fensterbildungsdaten (Fenster).

$$y(t) = \sum_{k=-a}^b x_k \text{rot}(kf_c t) w(t) \quad \dots \dots (4)$$

[0014] Fig. 5 ist ein Diagramm, welches ein Beispiel von Fensterbildungsdaten zeigt. Wie oben beschrieben werden, wenn  $t_c = 240 \text{ [\mu s]}$  Fensterbildungsdaten auf der Basis der Zeit erzeugt. In diesem Fall wird, um die Beschreibung zu vereinfachen, ein Fenster durch eine Rechteckwelle dargestellt, und das Fenster wird auf ein Fenster in einer Periode  $L$  ( $240 \text{ [\mu s]}$ ) eingestellt, die durch Addieren einer Periode  $T_g$  ( $20 \text{ [\mu s]}$ ) zur oben erwähnten Periode  $T_c$  ( $240 \text{ [\mu s]}$ ) erhalten wird. Als OFDM-Modulationswelle, welche mit dem Fenster multipliziert wird, haben eine OFDM-Welle in der Periode  $T_g$  am Startbereich einer Einheit eines Fensters und eine OFDM-Welle in der Periode  $T_g$  am Endbereich eine Zeitbreite gleich der der Periode  $T_g$  am Startbereich eine vollständig gleiche Schwingungsform. Diese Modulationswelle wird als Zyklus-Präfix bezeichnet. Dieser Zyklus-Präfix entspricht einem Zyklus-Präfix CP, der in Fig. 5 gezeigt ist.

[0015] Die OFDM-Welle, die mit den Fensterbildungsdaten multipliziert ist, wird durch die folgende Gleichung dargestellt, wenn ein Frequenz-Offset von  $\nu$ [Hz] auf die OFDM-Welle eingestellt ist.

$$y(t) = \sum_{k=-a}^b x_k \text{rot}(kf_c t) w(t) \text{rot}(vt) \quad \dots \dots (5)$$

[0016] Mit diesem Signal wird, wenn lediglich ein Zyklus-Präfixbereich betrachtet wird, der Zyklus-Präfixbereich durch die folgende Gleichung dargestellt:

$$\begin{aligned} z(t) &= (c(t) + c(t - T_c)) \text{rot}(vt) \\ &= c(t) \text{rot}(vt) + c(t - T_c) \text{rot}(v(t - T_c)) \text{rot}(vT_c) \end{aligned} \quad \dots (6)$$

[0017] In diesem Fall kann, wenn  $d(t) = c(t) \text{rot}(vt)$  und  $a = vT_c$ , der Zyklus-Präfixbereich beschrieben werden, wie durch die folgende Gleichung gezeigt ist:

$$z(t) = d(t) + d(t - T_c) \text{rot}(a) \quad \dots (7)$$

[0018] Insbesondere werden Signale  $d(t)$ , welche gleiche Schwingungsformen haben, wiederholt, so dass die Signale voneinander um 240 [ $\mu\text{s}$ ] getrennt werden und um eine Phase  $a$  [Drehung] gedreht werden. Bei einer herkömmlichen Frequenzoffset-Ermittlungsschaltung für die OFDM-Welle wurde ein Frequenzfehler unter Verwendung der Zyklus-Präfixkomponente ermittelt. Das heißt, wenn die Frequenzoffset-Ermittlungsschaltung, die oben beschrieben wurde und die in [Fig. 3](#) gezeigt ist, den Frequenz-Offset der OFDM-Welle ermittelt, der mit Fensterbildungsdaten multipliziert wird, wie in [Fig. 5](#) gezeigt ist, wird 240 [ $\mu\text{s}$ ] als Verzögerungshöhe der Verzögerungsschaltung **6** eingestellt, und 40 [ $\mu\text{s}$ ] wird als Periode eingestellt, in welcher Durchschnittbildung durch die Durchschnittbildungsschaltung **8** durchgeführt wird. Die Korrelation zwischen der Zyklus-Präfixkomponente am Startbereich und der Zyklus-Präfixkomponente am Endbereich wird durch diese Schaltung ermittelt, um einen Frequenzfehler zu ermitteln. Die folgende Gleichung (8) zeigt einen Zustand, wo ein Frequenzfehler durch die Schaltung in [Fig. 3](#) ermittelt wird, und ein Frequenzfehler durch Berechnung der Phase des Werts einer komplexen Zahl  $q$  ermittelt werden kann.

$$\begin{aligned} q &= \int_{t=240[\mu\text{s}]}^{t=280[\mu\text{s}]} d^*(t - 240[\mu\text{s}]) d(t - 240[\mu\text{s}]) \text{rot}(a) dt \\ &= \text{rot}(a) \int_{t=240[\mu\text{s}]}^{t=280[\mu\text{s}]} |d(t - 240[\mu\text{s}])|^2 dt \\ &= \text{rot}(a) \cdot (\text{real\_value}) \quad \dots (8) \end{aligned}$$

[0019] Nebenbei bemerkt sind, wie in [Fig. 1](#) gezeigt ist, wenn die Mehrfachverbindung durch eine OFDM-Welle durchgeführt wird, wie in [Fig. 2](#) gezeigt ist, die Frequenzoffset-Ermittlungsschaltungen für das entsprechende Empfangssystem von Signalen von den Mobilstationen erforderlich, und eine Basisstation muss mehrere Frequenzoffset-Ermittlungsschaltungen haben, von denen jede in [Fig. 14](#) gezeigt ist. Die Basisstation hat nachteiligerweise einen komplexen Aufbau.

[0020] Gemäß einem ersten Merkmal der vorliegenden Erfindung wird ein Empfangsverfahren zum Bestimmen eines Frequenzfehlers eines empfangenen OFDM-Modulationssignals bereitgestellt, welches folgende Schritte aufweist:

Extrahieren der zyklischen Präfix-Komponenten des empfangenen OFDM-Modulationssignals am Startbereich und am Endbereich eines OFDM-Symbols;  
Fourier-transformieren der extrahierten zyklischen Präfix-Komponenten;  
Berechnen der Quadrate der Absolutwerte der fourier-transformierten Komponenten, um Quadratwerte zu erzeugen;  
Ermitteln der Phasenverschiebung einer Hüllkurve der Quadratwerte im Frequenzbereich; und  
Bestimmen des Frequenzfehlers des OFDM-Modulationssignals von der ermittelten Phasenverschiebung.

[0021] Gemäß diesem Empfangsverfahren kann ein Frequenzfehler des empfangenen OFDM-Signals auf der Basis der ermittelten Phasenverschiebung leicht bestimmt werden.

[0022] Vorteilhafterweise weist der Schritt zum Ermitteln der Phasenverschiebung auf:

Durchführen einer Orthogonal-Ermittlung in dem Subträger-Intervall des OFDM-Symbols;

Mittelwertbildung des somit ermittelten Signals; und

Berechnen der Phase der komplexen Zahl, die von der Mittelwertbildung herrührt. Daher kann der Phasenwert, der proportional zum Frequenzfehler ist, durch einen einfachen Prozess unter Verwendung der Orthogonal-Ermittlung, der Durchschnittsbildung und einem Phasenermittlungsprozess ermittelt werden.

- [0023]** Vorteilhafterweise weist der Schritt zum Fourier-Transformieren der extrahierten zyklischen Präfix-Komponenten auf:  
 Einengen eines Zeitintervalls zwischen zwei Signalkomponenten, welche die extrahierten zyklischen Präfix-Komponenten bilden; und  
 Durchführen einer Fourier-Transformation der somit verarbeiteten zyklischen Präfix-Komponenten. Daher kann die Anzahl von Transformationspunkten in der Fourier-Transformation gemäß dem eingengten Zeitbereich reduziert werden und Transformationsmenge bei der Fourier-Transformation kann vermindert werden.
- [0024]** Vorteilhafterweise weist der Schritt zum Fourier-Transformieren der extrahierten zyklischen Präfix-Komponenten auf:  
 Einengen des Zeitintervalls zwischen den beiden Signalkomponenten, welche die zyklischen Präfix-Komponenten bilden; und  
 Durchführen der Fourier-Transformation in einem Zeitbereich, der das Vierfache der abgekürzten Wiederholungszeit der beiden Signalkomponenten ist, und  
 einen Zyklus, der verwendet wird, wenn die Phasenverschiebung der Hüllkurve ermittelt wird, auf vier festgelegt ist. Daher kann ein Prozess zur Phasenermittlung lediglich durch Auswahl einer Realzahl oder einer Imaginärzahl und Vorzeichenumkehr durchgeführt werden, und die Phasenermittlung kann durch einen einfachen Prozess durchgeführt werden.
- [0025]** Gemäß einem zweiten Merkmal der vorliegenden Erfindung wird eine Empfangsvorrichtung bereitgestellt, welche eine Einrichtung zum Bestimmen eines Frequenzfehlers eines empfangenen OFDM-Modulationssignals aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung aufweist:  
 eine zyklische Präfix-Komponentenextraktionseinrichtung, um die zyklischen Präfix-Komponenten des empfangenen OFDM-Modulationssignals am Startbereich und am Endbereich eines OFDM-Symbols zu extrahieren;  
 eine Fourier-Transformationseinrichtung, um die zyklischen Präfix-Komponenten, welche durch die Extraktionseinrichtung extrahiert werden, fourier-zu-transformieren;  
 eine Absolutwert-Quadrierungseinrichtung, um den Quadratwert der Absolutwerte der transformierten Komponenten zu berechnen, die durch die Fourier-Transformationseinrichtung ausgegeben werden;  
 eine Ermittlungseinrichtung zur Ermittlung der Phasenverschiebung einer Hüllkurve des Ausgangssignals der Absolutwert-Quadrierungseinrichtung im Frequenzbereich und zum Bestimmen des Frequenzfehlers des empfangenen OFDM-Modulationssignals von der ermittelten Phasenverschiebung.
- [0026]** Gemäß dieser Empfangsvorrichtung kann ein Frequenzfehler des empfangenen OFDM-Signals durch eine einfache Anordnung zum Ermitteln einer Phase bestimmt werden.
- [0027]** Vorteilhafterweise weist die Ermittlungseinrichtung auf:  
 eine Orthogonal-Ermittlungseinrichtung, um eine Orthogonal-Ermittlung des Ausgangssignals der Absolutwert-Quadrierungseinrichtung in dem Subträgerintervall des OFDM-Intervalls durchzuführen;  
 eine Mittelwert-Berechnungseinrichtung, um einen Mittelwert des orthogonal-ermittelten Signals, welches durch die Orthogonal-Ermittlungseinrichtung ausgegeben wird, zu berechnen; und  
 eine Phasenermittlungseinrichtung, um die Phase der komplexen Zahl, welche von der Mittelwert-Berechnungseinrichtung ausgegeben wird, zu ermitteln. Daher kann der Phasenwert, der proportional zum Frequenzfehler ist, durch eine einfache Anordnung ermittelt werden, die aus der Fourier-Transformationseinrichtung, der Durchschnittswert-Berechnungseinrichtung und der Phasenermittlungseinrichtung besteht.
- [0028]** Vorteilhafterweise umfasst die Ermittlungseinrichtung: eine zyklische Präfixkomponenten-Verschiebeeinrichtung, um ein Zeitintervall zwischen zwei Signalkomponenten, welche die extrahierten zyklischen Präfixkomponenten bilden, die durch die zyklische Präfixkomponenten-Extraktionseinrichtung ausgegeben werden, einzuengen, wobei die Fourier-Transformationseinrichtung eingerichtet ist, das Ausgangssignal der zyklischen Präfixkomponenten-Verschiebeeinrichtung fourier-zu-transformieren. Daher kann die Anzahl von Transformationspunkten der Fourier-Transformationseinrichtung gemäß dem verschobenen Zeitintervall vermindert werden, und es kann eine einfache Anordnung, die eine kleine Anzahl von Transformationspunkten hat, als Transformationseinrichtung verwendet werden.
- [0029]** Vorteilhafterweise ist die Fourier-Transformationseinrichtung eingerichtet, eine Fourier-Transformation in einem Zeitbereich durchzuführen, der das Vierfache der abgekürzten Wiederholungszeit der beiden Signalkomponenten ist, die durch die zyklische Präfixkomponenten-Verschiebeeinrichtung ausgegeben werden, und einem Zyklus, der bei der Ermittlung verwendet wird, der durch die Ermittlungseinrichtung durchgeführt wird, festgelegt ist, auf vier festgelegt ist. Daher kann die Prozessanordnung zur Phasenermittlung durch lediglich

die Auswahl einer Realzahl oder einer Imaginärzahl und Vorzeichenumkehr realisiert werden, und die Phasenermittlung kann durch einen einfachen Aufbau durchgeführt werden.

[0030] Die hier anschließend beschriebene Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann es ermöglichen, einen Frequenz-Offset im Empfangszustand eines OFDM-Modulationssignals mit einem einfachen Aufbau zu ermitteln.

[0031] Ausführungsformen der Erfindung werden nun beispielhaft unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen beschrieben, in denen:

[0032] [Fig. 1](#) ein erläuterndes Diagramm ist, welches ein Beispiel eines Empfangszustands eines OFDM-Signals in einer Basisstation zeigt;

[0033] [Fig. 2](#) ein Blockdiagramm ist, welches ein Beispiel der Anordnung einer herkömmlichen Basisstation zeigt;

[0034] [Fig. 3](#) ein Blockdiagramm ist, welches ein Beispiel einer herkömmlichen Frequenz-Offset-Ermittlungsschaltung zeigt;

[0035] [Fig. 4](#) ein Schwingungsformdiagramm ist, welches ein Beispiel eines OFDM-Signals zeigt, bevor die Fensterbildung nicht durchgeführt wird;

[0036] [Fig. 5](#) ein erläuterndes Diagramm ist, welches ein Beispiel von Fensterbildungsdaten in einer Übertragungszeit zeigt;

[0037] [Fig. 6](#) ein Blockdiagramm ist, welches ein Beispiel einer Frequenz-Offset-Ermittlungsschaltung gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0038] [Fig. 7](#) ein beispielhaftes Diagramm ist, welches ein Beispiel eines Extraktionszustands einer zyklischen Präfixkomponente gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0039] [Fig. 8](#) ein Blockdiagramm ist, welches eine Anordnung einer Phasenermittlungsmultiplizierers gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0040] [Fig. 9](#) ein Blockdiagramm ist, welches eine Übertragungsanordnung für ein OFDM-Signal gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0041] [Fig. 10](#) ein Schwingungsformdiagramm ist, welches ein Beispiel von Fensterbildungsdaten in einer Übertragungszeit zeigt;

[0042] [Fig. 11](#) ein Blockdiagramm ist, welches eine Empfangsanordnung für ein OFDM-Signal gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0043] [Fig. 12](#) ein Schwingungsformdiagramm ist, welches ein Beispiel von Fensterbildungsdaten im Empfangszeitpunkt zeigt;

[0044] [Fig. 13](#) eine grafische Darstellung von Frequenzkenndaten ist, die ein Beispiel eines empfangenen OFDM-Modulationssignals zeigen;

[0045] [Fig. 14](#) ein Blockdiagramm ist, welches Beispiel einer Frequenz-Offset-Ermittlungsschaltung gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0046] [Fig. 15A](#) und [Fig. 15B](#) jeweils ein erläuterndes Diagramm sind, welches ein Beispiel eines Extraktionszustands und eines Verschiebezustands einer zyklischen Präfixkomponente gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt; und

[0047] [Fig. 16](#) ein Blockdiagramm ist, welches ein Beispiel einer Frequenz-Offset-Ermittlungsschaltung gemäß der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. Eine erste Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird anschließend mit Hilfe von [Fig. 6](#) bis [Fig. 13](#) beschrieben.

**[0048]** Bei dieser Ausführungsform wird die Erfindung bei einer Drahtlos-Kommunikationseinrichtung angewandt, um einen Empfangsprozess für ein OFDM-Modulationssignal durchzuführen. Zunächst wird eine Übertragungsanordnung für das OFDM-Modulationssignal mit Hilfe von [Fig. 9](#) beschrieben. Bei dieser Anordnung wird ein Signal zu einem OFDM-Signal moduliert, bei dem die Anzahl von Hilfsträgern **96** beträgt, und das Hilfsträgerintervall wird so festgelegt, dass es 4,1666 kHz beträgt. Daten von Übertragungssymbolen (in diesem Fall wird eine Einheit aus 96 Symbolen gebildet), welche von einem Eingangsanschluss **111** erhalten werden, werden zu einer Seriell-Parallel-Umsetzungsschaltung **102** geliefert, wo sie in parallele Daten von 96 Punkten umgesetzt werden. Die parallelen Daten werden zu einer Nulleinfügungsschaltung **103** geliefert, wo sie mit O-Daten aus 32 Punkten ergänzt werden, um dadurch parallele Daten mit 128 Punkten zu erhalten. Die parallelen Daten aus 128 Punkten werden zu einer inversen Fourier-Transformationsschaltung (IFFT-Schaltung) **104** geliefert, die 128 Punkte haben. Die resultierenden Daten werden einem Orthogonal-Transformationsprozess unterworfen, um eine Zeitachse in eine Frequenzachse zu transformieren, wobei die inverse schnelle Fourier-Transformation verwendet wird. In diesem Fall wird der Prozess zum Hinzufügen von O-Daten mit 32 Punkten in der Nulleinfügungsschaltung **103** aus dem folgenden Grund durchgeführt. Das heißt, die Anzahl von Punkten wird so festgelegt, dass diese eine Potenz von 2 ist (in diesem Fall 128), um die Anordnung einer inversen Fourier-Transformations-Prozessschaltung einfach auszubilden.

**[0049]** Ein Umsetzungsausgangssignal von der inversen Fourier-Transformationsschaltung **104** wird an eine Parallel-Seriell-Umsetzungsschaltung **105** ausgegeben, wo dieses in serielle Daten umgesetzt wird, und die seriellen Daten werden zu einer Übertragungsfensterbildungs-Datenmultiplizierschaltung **106** geliefert, wo sie mit Übertragungsfensterbilderbildungsdaten multipliziert werden. Als Übertragungsfensterbildungsdaten wird beispielsweise, wie in [Fig. 5](#) gezeigt ist, eine vorher festgelegte Periode  $T_c$  (in diesem Fall 240 [µs]) für Daten mit 128 Punkten eingestellt, und eine Periode  $T_g$  mit 21 Punkten (in diesem Fall 40 [µs]) zum Einstellen einer Zyklus-Präfix-CP wird hinzugefügt. In diesem Fall haben die Zyklus-Präfix-CP der Periode  $T_g$  mit 21 Punkten am Startbereich und die Zyklus-Präfix-CP der Periode  $T_g$  mit 21 Punkten am Endbereich vollständig die gleiche Schwingungsform. Um die Beschreibung zu vereinfachen sind die Fensterbildungsdaten als Rechteckwelle dargestellt. In Wirklichkeit jedoch haben die Fensterbildungsdaten in vielen Fällen keine Rechteckform (das gleiche wie im Fall der Übertragung von Fensterbildungsdaten, was später beschrieben wird).

**[0050]** Die Übertragungsdaten, welche mit Fensterbildungsdaten in der Übertragungsfensterbildungsdaten-Multiplizierschaltung **106** multipliziert werden, werden zu einem Digital-Analog-Umsetzer **107** geliefert, wo sie in ein Analogsignal mit einem Abtastzyklus auf der Basis eines vorher festgelegten Frequenztaktes umgesetzt werden (Takt von 533 kHz, was ein Wert ist, der durch Multiplizieren eines Hilfsträgerintervalls von 4,1666 kHz mit der Anzahl von Punkten erhalten wird, d.h., 128), der von einem Anschluss **108** erhalten wird. Das umgesetzte Signal wird zu einer Modulationsschaltung **109** geliefert, wo es einen Übertragungsmodulationsprozess unterworfen wird. Das modulierte Signal wird von einem Anschluss **110** zu einer Übertragungsprozessschaltung (nicht gezeigt) geliefert, und die Frequenz des Signals wird in eine vorher festgelegte Übertragungsfrequenz umgesetzt. Das frequenz-umgesetzte Signal wird in einem Drahtlosmodus übertragen.

**[0051]** Eine Anordnung zum Empfangen des OFDM-Modulationssignals, welches in einem Drahtlosmodus übertragen wird, wie oben beschrieben, ist in [Fig. 11](#) gezeigt. Ein Signal, welches ein vorher festgelegtes Frequenzband hat, wird empfangen, und das Signal, welches in ein Zwischenfrequenzsignal frequenz-umgesetzt ist oder dgl., wird an einem Eingangsanschluss **101** erhalten. Das an dem Eingangsanschluss **111** erhaltene Signal wird zu einer Demodulationsschaltung **112** geliefert, wo es einen Empfangsmodulationsprozess unterworfen wird. Das demodulierte Signal wird zu einem Analog-Digital-Umsetzer **113** geliefert, wo es in Digitaldaten in einem Abtastzyklus auf der Basis eines vorher festgelegten Frequenztaktes umgesetzt wird (in diesem Fall 533,33 kHz: dieser Takt hat eine Frequenz, die gleich der eines Taktes eines Übertragungsprozesses ist), welcher an einem Anschluss **114** erhalten wird.

**[0052]** Die umgesetzten Daten werden zu einer Empfangsfensterbildungs-Datenmultiplizierschaltung **115** geliefert, wo sie mit den Empfangsfensterbildungsdaten multipliziert werden. Bei diesen Empfangsfensterbildungsdaten wird beispielsweise wie in [Fig. 10](#) gezeigt ist, eine Zeit  $L$  (in diesem Fall 240 [µs]) zum Auswählen von 128-Punkt-Daten eingestellt. Die empfangenen Daten, welche mit den Empfangsfensterbildungsdaten multipliziert wurden, werden zu einer Seriell-Parallel-Umsetzungsschaltung **116** geliefert, wo sie in parallele Daten in jeder vorher festgelegten Einheit umgesetzt werden. Die umgesetzten Ausgangsdaten werden zu einer Fourier-Transformationsschaltung (FFT-Schaltung) **117** geliefert, und ein Orthogonaltransformationsprozess zum Transformieren einer Frequenzachse in eine Zeitachse wird durch einen Berechnungsprozess unter Verwendung der schnellen Fourier-Transformation durchgeführt. Die parallelen Daten, welche der Orthogonaltransformation unterworfen wurden, werden zu einem Demultiplexer **118** geliefert, und vorher festgelegte Punktdaten werden ausgewählt. Die ausgewählten Daten werden zu einer Parallel-Seriell-Umsetzungsschal-

tung **119** geliefert, wo sie in serielle Daten umgesetzt werden, und die seriellen Daten werden zu einem Ausgangsanschluss **120** geliefert.

**[0053]** Bei dieser Ausführungsform werden die empfangenen Daten, welche durch den Analog-Digital-Umsetzer **113** umgesetzt wurden, zu einer Frequenz-Offset-Ermittlungsschaltung **10** geliefert. **Fig. 6** zeigt die Anordnung der Frequenz-Offset-Ermittlungsschaltung **10** dieser Ausführungsform. Die empfangenen Daten, welche durch den Analog-Digital-Umsetzer **113** umgesetzt wurden, werden über einen Anschluss **11** zu einer Zyklus-Präfix-Extraktionsschaltung **12** geliefert. In der Zyklus-Präfix-Extraktionsschaltung **12** wird der Prozess zum Extrahieren lediglich einer Zyklus-Präfixkomponente in den empfangenen Daten und das Einstellen aller verbleibenden Daten, so dass sie 0-Daten sind, durchgeführt. Insbesondere werden bei dieser Ausführungsform die Fensterbildungsdaten, die in **Fig. 10** gezeigt sind, mit einer Übertragungszeit multipliziert, und die Daten, bei denen ein Zyklus-Präfix CP erzeugt wird, werden übertragen. In der Zyklus-Präfix-Extraktionsschaltung **12** werden jedoch, wie beispielsweise in **Fig. 7** gezeigt ist, lediglich 21 Punkte entsprechend den Perioden  $T_g$  (in diesem Fall 40 [µs]) der Zyklus-Präfixkomponenten am Startbereich und am Endbereich eines Fenster extrahiert, und alle 107-Punkte-Daten dazwischen werden eingestellt, so dass diese 0-Daten sind.

**[0054]** Ein Ausgangssignal von der Zyklus-Präfix-Extraktionsschaltung **12** wird zu einer Seriell-Parallel-Umsetzungsschaltung **13** geliefert, um in parallele Daten umgesetzt zu werden, die parallelen Daten werden zu einer Fourier-Transformationsschaltung (FFT-Schaltung) **14** geliefert, und ein Orthogonaltransformationsprozess zum Transformieren eines Frequenzachse in eine Zeitachse wird durch einen Berechnungsprozess unter Verwendung der schnellen Fourier-Transformation durchgeführt. Die Anzahl von Punkten, welche durch die Seriell-Parallel-Umsetzungsschaltung **13** umgesetzt werden, und die Anzahl von Punkten, die dem Transformationsprozess durch die FFT-Schaltung **14** unterworfen wurden, werden so festgelegt, dass sie die Anzahl von Punkten sind, die in den Bereich fallen, der ausreichend größer ist als die Anzahl von Punkten entsprechend einer Wiederholungsdistanz der zyklischen Präfixkomponente. Es sei beispielsweise angenommen, dass die Anzahl von Punkten, die dem Transformationsprozess durch die FFT-Schaltung **14** unterworfen werden, durch N dargestellt ist, und dass die Anzahl von Punkten entsprechend der Wiederholungsdistanz der zyklischen Präfixkomponente durch M dargestellt ist. Bei dieser Ausführungsform ist der Wiederholungsdistanz  $M = 128$  Punkte, und die Anzahl von Transformationsprozesspunkten N wird so eingestellt, dass sie viermal größer ist als 128 Punkte, d.h., die Anzahl von Transformationsverarbeitungspunkten  $N = M \times 4 = 128 \times 4 = 512$ .

**[0055]** Die parallelen Daten, welche der Orthogonaltransformation durch FFT-Schaltung **14** unterworfen wurden, werden zu einer Parallel-Seriell-Umsetzungsschaltung **15** geliefert, wo sie in serielle Daten umgesetzt werden, und die seriellen Daten werden zu einer Absolutwert-Quadrierungsschaltung **6** geliefert. Ein Wert wird durch Quadrieren des Absolutwerts der seriellen Daten erhalten. Der Wert, der durch die Absolutwert-Quadrierungsschaltung **16** quadriert wurde, wird zu einem Multiplizierer **17** geliefert, um mit einem Multiplikationskoeffizienten Rot (km/N) multipliziert zu werden, der von einer Multiplizierkoeffizienten-Erzeugungsschaltung **18** ausgegeben wird. Der Wert, der mit dem Koeffizienten im Multiplizierer **17** multipliziert wird, wird zu einer Durchschnittbildungsschaltung **19** geliefert, um in der Periode  $T_g$  (in diesem Fall 40 [µs]) einer zyklischen Präfixkomponente gemittelt zu werden. Der gemittelte Wert (komplexe Zahl) wird zu einer Phasenermittlungsschaltung **20** geliefert. In der Phasenermittlungsschaltung **20** wird der Phasenwert des Durchschnittswerts ermittelt, und die ermittelten Daten werden von einem Anschluss **21** ausgegeben. Ein Phasenermittlungswert, der am Anschluss **21** erhalten wird, wird zu einem Wert, der proportional zu einer Frequenz-Offset-Höhe des empfangenen OFDM-Modulationssignals wird. Die Höhe des Frequenz-Offsets kann auf der Basis des Phasenermittlungswerts beurteilt werden.

**[0056]** Anschließend wird unter Verwendung von Gleichungen beschrieben, dass ein Frequenz-Offset durch die Schaltung, welche in **Fig. 6** gezeigt ist, ermittelt werden kann. Ein OFDM-Modulationssignal  $y(t)$ , welches einen Frequenz-Offset von  $\nu$ (Hz) aufweist, wird durch die folgende Gleichung dargestellt.

$$y(t) = \sum_{k=-a}^b x_k \cdot \text{rot}(kf_c t) w(t) \text{rot}(\nu t) \quad \dots \dots (9)$$

**[0057]** Die Komponente eines Zyklus-Präfix CP wird von diesem OFDM-Modulationssignal durch die Zyklus-Präfix-Extraktionsschaltung **12** extrahiert, und alle verbleibenden Daten werden so eingestellt, dass diese 0-Daten sind. Die Daten, welche durch die Zyklus-Präfix-Extraktionsschaltung **12** extrahiert werden, werden durch die folgende Gleichung dargestellt. In dieser Gleichung ist, wie in **Fig. 7** gezeigt ist, ein Zyklus-Präfix CP an der Startposition durch  $d(t)$  dargestellt, und ein Zyklus-Präfix CP an der Endposition ist durch  $d(t - T_c) \text{ rot}(a)$  dargestellt.

$$\begin{aligned}
Z(t) &= (c(t) + c(t - T_c))\text{rot}(vt) = c(t)\text{rot}(vt) + c(t - T_c)\text{rot}(v(t - T_c))\text{rot}(vT_c) \\
d(t) &= c(t)\text{rot}(vt) \\
a &= vT_c \\
z(t) &= d(t) + d(t - T_c)\text{rot}(a)
\end{aligned}
\tag{10}$$

**[0058]** Das Signal, welches durch die Gleichung (10) dargestellt wird, wird der Fourier-Transformation durch die FFT-Schaltung **14** unterworfen, um die Gleichung (11) zu erhalten.

$$z(f) = D(f) + D(f)\text{rot}(-fT_c)\text{rot}(a) = D(f)((1 + \text{rot}(-fT_c + a)) \tag{11}$$

**[0059]** Wenn der Quadratwert des Absolutwerts des resultierenden Werts, der durch die Fourier-Transformation erhalten wird, durch die Absolutwert-Quadrerschaltung **16** berechnet wird, wird zusätzlich ein Wert, der durch die Gleichung (12) angegeben wird, erhalten.

$$|Z(f)|^2 = 2|D(f)|^2(1 + \text{rot}(-fT_c + a) + \text{rot}(fT_c - a)) = 2|D(f)|^2(1 + \cos(2\pi fT_c - 2\pi a)) \tag{12}$$

**[0060]** In Gleichung (12) ist, da angenommen wurde, dass  $|D(f)|^2$  fast ein Weißspektrum haben kann, der Wert, der durch Quadrieren des Absolutwerts erhalten wird, ein Signal, welches ein Profil hat, welches in **Fig. 13** auf einer Frequenzachse gezeigt ist. Dieses Signal ist ein Signal, welches keinen negativen Wert hat, und es ist ein Signal, welches Periodizität in einem Intervall von 4,1666 kHz hat, was ein Hilfsträgerintervall ist. Wenn es hier einen Frequenz-Offset gibt, verschiebt sich auch die Schwingungsform um den Betrag des Frequenz-Offsets. Wenn daher eine periodische Komponente des Signals extrahiert wird und die periodische Komponente mit  $\text{rot}(fT_c)$  im Multiplizierer **17** multipliziert wird, wird ein Wert, der durch die folgende Gleichung angegeben wird, erhalten.

$$\begin{aligned}
q(f) &= |Z(f)|^2\text{rot}(fT_c) \\
&= 2|D(f)|^2(1 + \text{rot}(-fT_c + a) + \text{rot}(fT_c - a))\text{rot}(fT_c) \\
&= 2|D(f)|^2(\text{rot}(fT_c) + \text{rot}(a) + \text{rot}(2fT_c - a))
\end{aligned}
\tag{13}$$

**[0061]** Ein Signal, welches durch die Gleichung (13) erhalten wird, wird auf einer Frequenzachse durch die Mittelwertbildungsschaltung **19** gemittelt. Wenn dieser Mittelwertbildungsprozess durch  $E[\ ]$  dargestellt wird, wird der Durchschnittswert von  $q$  durch die folgende Gleichung dargestellt.

$$\begin{aligned}
\hat{q} &= E[q(f)] = E[2|D(f)|^2(\text{rot}(fT_c) + \text{rot}(a) + \text{rot}(2fT_c - a))] \\
&= E[2|D(f)|^2\text{rot}(fT_c)] + E[2|D(f)|^2\text{rot}(a)] + E[2|D(f)|^2\text{rot}(2fT_c - a)] \\
&= \text{rot}(a)
\end{aligned}
\tag{14}$$

**[0062]** Der Wert  $\text{rot}(a)$ , der durch die obige Gleichung angegeben wird, ist ein vorher festgelegter Wert, und der Wert  $a$  ist ein Betrag, der proportional zu einem Frequenz-Offset ist. Aus diesem Grund wird ein Frequenz-Offset  $v$  durch die Gleichung (15) dargestellt.

$$v = a/T_c = \text{rot}^{-1}(\hat{q})/T_c \tag{15}$$

**[0063]** Wie oben beschrieben kann gemäß der Frequenz-Offset-Ermittlungsschaltung, welche in **Fig. 6** gezeigt ist, ein Frequenz-Offset wie ein Koeffizient verwendet werden. Daher kann mit einem einfachen Aufbau, bei dem das Quadrieren des Absolutwerts eines Werts, der der Fourier-Transformation unterworfen wurde, und ein Phasenermittlungsprozess durchgeführt werden, ein genauer Frequenz-Offset ermittelt werden.

**[0064]** Bei dieser Ausführungsform soll angenommen sein, dass die Anzahl von Punkten, welche einem Transformationsprozess durch die FFT-Schaltung **14** ausgesetzt wurden, durch  $N$  dargestellt wird, und dass die Anzahl von Punkten entsprechend der Wiederholungsdistanz der zyklischen Präfixkomponente durch  $M$  dargestellt wird. In diesem Fall wird die Anzahl von Transformationsprozesspunkten  $N$  der Fourier-Transformation auf das Vierfache der Wiederholungsdistanz  $M$  der zyklischen Präfixkomponente eingestellt. Aus diesem Grund kann eine einfache Anforderung, die keinen Multiplizierer **17** und keine Multiplikationskoeffizienten-Erzeugungsschaltung **18** hat, die in **Fig. 6** gezeigt ist, ebenfalls verwendet werden.

**[0065]** Wenn insbesondere die Anzahl von Transformationspunkten  $N$  der Fourier-Transformation so festgelegt wird, dass sie das Vierfache der Wiederholungsdistanz  $M$  der zyklischen Präfixkomponente ist, ist ein Multiplikationskoeffizient  $\text{Rot}(kM/N)$ , der durch die Multiplikationskoeffizienten-Erzeugungsschaltung **18** erzeugt wird, gleich  $\text{Rot}(k/4)$ . Es kann eine Anordnung, bei der das Multiplizieren nicht ausgeführt wird, verwendet wer-

den. Ein Beispiel einer Schaltung, mit der der Multiplizierer **17** ersetzt werden kann, ist in [Fig. 8](#) gezeigt. Wenn ein Wert, der durch Quadrieren eines Absolutwerts erhalten wird, an einem Anschluss **31** erhalten werden kann, werden Daten, welche am Anschluss **31** erhalten werden, zu einer Seriell-Parallel-Umsetzungsschaltung **32** geliefert, so dass es vier Reihen paralleler Daten gibt. Die Reihen von Daten werden zu Vorzeichenauswahlschaltungen **33a**, **33b**, **33c** bzw. **33d** geliefert. Die Vorzeichenauswahlschaltungen **33a**, **33b**, **33c** und **33d** führen Prozesse zum Auswählen unterschiedlicher Zustände aus (Realzahlwert oder Imaginärzahlwert und positiv oder negativ). Beispielsweise legt die Signalauswahlschaltung **33a** einen Realzahlenwert und ein positives Vorzeichen fest, die Vorzeichenauswahlschaltung **33b** legt einen Imaginärzahlwert und ein positives Vorzeichen fest, die Vorzeichenauswahlschaltung **33c** legt einen Realzeitwert und ein negatives Vorzeichen fest, und die Vorzeichenauswahlschaltung **33d** legt einen Imaginärzahlenwert und einen negativen Wert fest.

**[0066]** Die Ausgangssignale von den entsprechenden Vorzeichenauswahlschaltungen **33a**, **33b**, **33c** und **33d** werden zu einer Parallel-Seriell-Umsetzungsschaltung **34** geliefert, wo sie in serielle Daten zurückgebildet werden, und die seriellen Daten werden von einem Anschluss **35** zu einer Durchschnittsbildungsschaltung **19** geliefert (siehe [Fig. 6](#)).

**[0067]** Auf diese Art und Weise kann, wenn die Anzahl von Transformationspunkten  $N$  der Fourier-Transformation auf das Vierfache der Wiederholungsdistanz  $M$  der zyklischen Präfixkomponente festgelegt wird, die vorliegende Erfindung lediglich durch Auswahl des Realteils oder des Imaginärteils eines Signals und eines Vorzeichenumkehrprozess anstelle eines Multiplikationsprozesses realisiert werden.

**[0068]** Eine zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird mit Hilfe von [Fig. 14](#) bis [Fig. 15](#) beschrieben.

**[0069]** Bei dieser Ausführungsform wird wie bei der oben beschriebenen ersten Ausführungsform die vorliegende Erfindung für ein Empfangsgerät angewandt, welches einen Empfangsprozess für ein OFDM-Modulationssignal durchführt.

**[0070]** Die gesamte Anordnung eines Empfangsgeräts nach dieser Ausführungsform ist die gleiche wie die Anordnung, welche in [Fig. 11](#) gezeigt ist und welche in Verbindung mit der oben beschriebenen ersten Ausführungsform beschrieben wurde. Die Anzahl von Hilfsträgern (96) des empfangenen OFDM-Modulationssignals und ein Hilfsträgerintervall (4,1666 kHz) werden so eingestellt, dass sie gleich denjenigen der oben beschriebenen Ausführungsform sind.

**[0071]** [Fig. 14](#) zeigt die Anordnung einer Frequenz-Offset-Ermittlungsschaltung nach dieser Ausführungsform. Diese Anordnung wird anschließend beschrieben. Empfangsdaten, welche durch den Analog-Digital-Umsetzer **113**, der in [Fig. 11](#) gezeigt ist, umgesetzt werden, werden zu einer zyklischen Präfix-Extraktionsschaltung **42** über einen Anschluss **41** geliefert. In der zyklischen Präfix-Extraktionsschaltung **42** wird der Prozess zum Extrahieren lediglich einer zyklischen Präfixkomponente in den Empfangsdaten und das Einstellen aller Daten des verbleibenden Bereichs so, dass diese 0-Daten sind, durchgeführt. Dieser Prozess ist der gleiche Prozess, wie in der zyklischen Präfix-Extraktionsschaltung **12** bei der ersten Ausführungsform beschrieben wurde. Daten, welche lediglich aus einem Zyklus-Präfix am Startbereich und einem Zyklus-Präfix CP am Endbereich bestehen, wie in [Fig. 15A](#) gezeigt ist, werden erhalten. In diesem Zeitpunkt hat ein Wiederholungsintervall der Zyklus-Präfixe CP 128 Punkte (240 [µs] als Zeit).

**[0072]** Bei dieser Ausführungsform wird ein Signal, welches durch die zyklische Präfix-Extraktionsschaltung **42** extrahiert wird, zu einer Schwingungsformverschiebeschaltung **43** geliefert, und die Position des zyklischen Präfixes am Startbereich wird zu einer Position in der Nähe des zyklischen Präfixes CP am Endbereich verschoben. Beispielsweise wird, wie in [Fig. 15B](#) gezeigt ist, das Wiederholungsintervall zwischen zwei Zyklus-Präfixen CP so eingestellt, dass dies 32 Punkte ist (60 [µs] als Zeit), und die Anzahl von Punkten von den vorderen Endbereich des Zyklus-Präfix auf der Startseite zum hinteren Endbereich des Zyklus-Präfix auf der Endseite wird so eingestellt, dass diese 53 Punkte beträgt.

**[0073]** Ein Ausgangssignal von der Schwingungsformverschiebeschaltung **43** wird zu einer Seriell-Parallel-Umsetzungsschaltung **44** geliefert, wo es in parallele Daten umgesetzt wird, die parallelen Daten werden zu einer Fourier-Transformationsschaltung (FFT-Schaltung) **45** geliefert, und der orthogonale Transformationsprozess zum Transformieren einer Frequenzachse in eine Zeitachse wird durch einen Berechnungsprozess unter Verwendung der schnellen Fourier-Transformation durchgeführt. Die Anzahl von Punkten, welche durch die Seriell-Parallel-Umsetzungsschaltung **44** umgesetzt werden, und die Anzahl von Punkten, welche dem Transformationsprozess durch die FFT-Schaltung **45** unterworfen werden, wird so festgelegt, dass die Anzahl

von Punkten in den Bereich fallen, der ausreichend größer ist als die Anzahl von Punkten entsprechend einer Wiederholungsdistanz der zyklischen Präfixkomponente. Beispielsweise sei angenommen, dass die Anzahl von Punkten, welche dem Transformationsprozess durch die FFT-Schaltung **45** unterworfen werden, durch N dargestellt wird, und dass die Anzahl von Punkten entsprechend der Wiederholungsdistanz der zyklischen Präfixkomponente durch M dargestellt wird. Bei dieser Ausführungsform wird die Wiederholungsdistanz M so festgelegt, dass diese 32 Punkte beträgt, und die Anzahl von Transformationsprozesspunkten N so festgelegt, dass sie das Vierfache von 32 Punkten beträgt, d.h., die Anzahl von Transformationsprozesspunkten  $N = M \times 4 = 32 \times 4 = 128$ .

**[0074]** Die parallelen Daten, welche durch die FFT-Schaltung **45** orthogonal transformiert wurden, werden zu einer Parallel-Seriell-Umsetzungsschaltung **46** geliefert, wo sie in serielle Daten umgesetzt werden, und die seriellen Daten werden zu einer Absolutwert-Quadrierschaltung **47** geliefert. Ein Wert wird durch Quadrieren des Absolutwerts der seriellen Daten erhalten. Der Wert, der durch die Absolutwert-Quadrierschaltung **47** quadriert wurde, wird zu einem Multiplizierer **48** geliefert, wo er mit einem Multiplikationskoeffizienten  $\text{Rot}(kM/N)$  multipliziert wird ( $\text{Rot}(k/4)$ , wenn N das Vierfache von M ist, wie oben beschrieben), der von einer Multiplikationskoeffizienten-Erzeugungsschaltung **49** ausgegeben wird. Der Wert, der mit dem Koeffizienten in dem Multiplizierer **48** multipliziert wurde, wird zu einer Durchschnittsbildungsschaltung **50** geliefert, um in einer Periode  $T_g$  (in diesem Fall 40  $[\mu\text{s}]$ ) einer Zyklus-Präfixkomponente gemittelt zu werden. Der gemittelte Wert (komplexe Zahl) wird zu einer Phasenermittlungsschaltung **51** geliefert. In der Phasenermittlungsschaltung **51** wird der Phasenwert des gemittelten Werts ermittelt, und die ermittelten Daten werden von einem Anschluss **52** ausgegeben. Ein Phasenermittlungswert, der am Anschluss **52** erhalten wird, wird zu einem Wert, der proportional zu einem Betrag eines Frequenz-Offsets des empfangenen OFDM-Modulationssignals wird. Die Höhe des Frequenz-Offsets kann auf der Basis des Phasenermittlungswerts bestimmt werden.

**[0075]** Das Prinzip, dass ein Frequenz-Offset durch die Anordnung dieser Ausführungsform ermittelt werden kann, ist das gleiche Prinzip, wie in der Gleichung (9) bis Gleichung (15) bei der oben beschriebenen ersten Ausführungsform beschrieben wurde, und ein genauer Frequenz-Offset kann vorzugsweise wie bei der ersten Ausführungsform ermittelt werden. Da bei dieser Ausführungsform das Wiederholungsintervall von Zyklus-Präfixkomponenten abgekürzt ist, kann die Anzahl von Transformationspunkten in der Fourier-Transformationsschaltung **45** beträchtlich reduziert werden. Die Anordnung der Fourier-Transformationsschaltung und die Seriell-Parallel-Umsetzungsschaltung und die Parallel-Seriell-Umsetzungsschaltung, die vor und nach der Fourier-Transformationsschaltung eingerichtet sind, können beträchtlich vereinfacht werden. Eine Verarbeitungsmenge, die für einen Berechnungsprozess erforderlich ist, kann ebenfalls beträchtlich reduziert werden.

**[0076]** Auch bei der zweiten Ausführungsform kann, wenn die Anzahl von Transformationspunkten N, die der Fourier-Transformation unterworfen werden, so festgelegt ist, dass sie das Vierfache der Wiederholungsdistanz M der zyklischen Präfixkomponente ist, anstelle einer Anordnung zum Durchführen eines Koeffizientenmultiplizierers, wie in [Fig. 8](#) gezeigt ist, wie bei der ersten Ausführungsform beschrieben, eine Anordnung zum Durchführen einer Auswahl einer Realanzahl oder einer imaginären Anzahl und Vorzeichenumkehr verwendet werden. Wenn diese in [Fig. 8](#) gezeigte Anordnung angewandt wird, kann die Anordnung der Frequenz-Offset-Ermittlungsschaltung vereinfacht werden.

**[0077]** Eine dritte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird nun mit Hilfe von [Fig. 16](#) beschrieben.

**[0078]** Bei dieser Ausführungsform wird wie bei der ersten und der oben beschriebenen zweiten Ausführungsform die vorliegende Erfindung für ein Empfangsgerät angewandt, um einen Empfangsprozess für ein OFDM-Modulationssignal durchzuführen.

**[0079]** Ein Empfangsgerät nach dieser Ausführungsform ist ein Beispiel einer Basisstation, die Empfangsprozesse von OFDM-Modulationssignalen von mehreren Mobilstationen simultan durchführt, die bezüglich Bänder unterteilt sind und die mehrfach-verbunden sind (beispielsweise eine Basisstation in einem Zustand, der als Stand der Technik in [Fig. 1](#) gezeigt ist). In diesem Fall hat das Empfangsgerät eine Anordnung, welche simultane Signale von vier Mobilstationen empfängt.

**[0080]** [Fig. 16](#) zeigt die Anordnung einer Frequenz-Offset-Ermittlungsschaltung gemäß dieser Ausführungsform. Diese Anordnung wird anschließend beschrieben. Empfangsdaten, welche in Digitaldaten durch einen Analog-Digital-Umsetzer (Schaltung entsprechend dem Analog-Digital-Umsetzer **113** in [Fig. 11](#): es sei angemerkt, dass die Schaltung in der Lage sein soll, simultan Verarbeitungssignale von mehreren Stationen zu verarbeiten) einer Schaltung eines Empfangssystems werden zu einer zyklischen Präfix-Extraktionsschaltung **62** über einen Anschluss **61** geliefert. In der zyklischen Präfix-Extraktionsschaltung **62** wird der Prozess zum Ex-

trahieren lediglich einer zyklischen Präfixkomponente in den empfangenen Daten und das Einstellen aller Daten des verbleibenden Bereichs so, dass diese 0-Daten sind, durchgeführt. Dieser Prozess ist der gleiche Prozess wie bei der zyklischen Präfix-Extraktionsschaltung **12** bei der ersten Ausführungsform beschrieben wurde. In diesem Zeitpunkt kann, wie bei der zweiten Ausführungsform beschrieben, eine Schwingungsformverschiebeschaltung vorgesehen sein, um Wiederholungsintervalle von zyklischen Präfixen CP abzukürzen.

**[0081]** Ein Ausgangssignal von der zyklischen Präfix-Extraktionsschaltung **62** wird zu einer Seriell-Parallel-Umsetzungsschaltung **63** geliefert, um in parallele Daten umgesetzt zu werden, die parallelen Daten werden zu einer Fourier-Transformationsschaltung (FFT-Schaltung) **64** geliefert, und eine orthogonale Transformationsverarbeitung zum Transformieren einer Frequenzachse in eine Zeitachse wird durch einen Berechnungsprozess unter Verwendung der schnellen Fourier-Transformation durchgeführt. Die Anzahl von Punkten, die durch die Seriell-Parallel-Umsetzungsschaltung **63** umgesetzt werden, und die Anzahl von Punkten, welche dem Transformationsprozess durch die FFT-Schaltung **64** unterworfen werden, werden so festgelegt, dass sie die Anzahl von Punkten sind, die in den Bereich fallen, der ausreichend größer ist als die Anzahl von Punkten, entsprechend einer Wiederholungsdistanz der zyklischen Präfixkomponente, welche von der zyklischen Präfix-Extraktionsschaltung **62** ausgegeben wird.

**[0082]** Die parallelen Daten, welche durch die FFT-Schaltung **64** orthogonal transformiert wurden, werden zu einer Parallel-Seriell-Umsetzungsschaltung **65** geliefert, wo sie in serielle Daten umgesetzt werden, und die seriellen Daten werden zu einer Absolutwert-Quadrierschaltung **66** geliefert. Ein Wert wird durch Quadrieren des Absolutwerts der seriellen Daten erhalten. Der Wert, der durch die Absolutwert-Quadrierschaltung **66** quadriert wurde, wird zu einem Multiplizierer **67** geliefert, um mit einem Multiplikationskoeffizienten  $\text{Rot}(kM/N)$  multipliziert zu werden, der von einer Multiplikationskoeffizienten-Erzeugungsschaltung **68** ausgegeben wird.

**[0083]** Bei dieser Ausführungsform wird das Signal, welches mit dem Koeffizienten im Multiplizierer **67** multipliziert wird, zu einem Demultiplexer **69** geliefert, um in vier Signale in Frequenzbändern (bei jeder vorher festgelegten Anzahl von Punkten) eines Ursprungssignals unterteilt zu werden. Die entsprechenden unterteilten Signale werden zu unterschiedlichen Mittelwertbildungsschaltungen **70a**, **70b**, **70c** und **70d** geliefert, und eine Mittelwertbildung einer Periode  $T_g$  (in diesem Fall 40  $\mu\text{s}$ ) einer Zyklus-Präfixkomponente wird in jeder Schaltung durchgeführt. Die gemittelten Werte (komplexe Zahlen) werden zu unterschiedlichen Phasenermittlungsschaltungen **71a** bis **71d** entsprechend geliefert. Die Phasenermittlungsschaltungen **71a** bis **71d** ermitteln Phasenwerte der Durchschnittswerte, und die ermittelten Daten werden von Ausgangsanschlüssen **72a** bis **72d** der Phasenermittlungsschaltungen **71a** bis **71d** entsprechend ausgegeben. Die Phasenermittlungswerte, die von den Ausgangsanschlüssen **72a** bis **72d** erhalten werden, werden zu Werten, welche proportional zu den Höhen von Frequenz-Offsets der empfangenen OFDM-Modulationssignale von den Stationen werden. Die Höhen des Frequenz-Offsets der Signale, die von den entsprechenden Mobilstationen übertragen werden, können unabhängig bestimmt werden.

**[0084]** Das Prinzip, das ein Frequenz-Offset durch die Anordnung dieser Ausführungsform ermittelt werden kann, ist das gleiche Prinzip wie das, das in der Gleichung (9) bis Gleichung (15) bei der ersten oben beschriebenen Ausführungsform beschrieben wurde, und es kann ein genauer Frequenz-Offset in vorteilhafter Weise wie bei der ersten Ausführungsform ermittelt werden. Da bei dieser Ausführungsform Signale von mehreren Mobilstationen bei der Anwendung, die verwendet wird, simultan verarbeitet werden, bis das Koeffizientenmultiplizieren durchgeführt wird, müssen diese Signale nicht durch entsprechende Anordnungsschaltungen für Signale von den jeweiligen Mobilstationen verarbeitet werden. Mit einer sehr einfachen Anordnung können Frequenz-Offsets der OFDM-Modulationssignale, die simultan von mehreren Stationen übertragen werden, ermittelt werden.

**[0085]** Auch bei der dritten Ausführungsform kann, wie bei der zweiten Ausführungsform beschrieben, wenn das Wiederholungsintervall der zyklischen Präfixkomponenten abgekürzt wird, der verbleibende Bereich auch bei der Anordnung einer Fourier-Transformationsschaltung verwendet werden. Wenn außerdem die Anzahl von Transformationspunkten  $N$ , die der Fourier-Transformation unterworfen werden, auf das Vierfache der Anzahl der Punkte  $M$  eingestellt wird, die der Wiederholungsdistanz der zyklischen Präfixkomponente entspricht, kann anstelle einer Anordnung zum Durchführen eines Koeffizientenmultiplizierens, wie in [Fig. 8](#) gezeigt ist, wie bei der ersten Ausführungsform beschrieben, auch eine Anordnung zum Durchführen einer Auswahl einer realen Zahl oder einer imaginären Zahl und Vorzeichenumkehr verwendet werden. Wenn diese in [Fig. 8](#) gezeigte Anordnung angewandt wird, kann die Anordnung der Frequenz-Offset-Ermittlungsschaltung weiter vereinfacht werden.

**[0086]** Bei der in [Fig. 16](#) gezeigten Anordnung und bei der dritten beschriebenen Ausführungsform wird der

Prozess zum Unterteilen von Signalen von den jeweiligen Stationen durchgeführt, nachdem die Signale mit einem Koeffizienten multipliziert wurden. Wenn der Unterteilungsprozess in Bezug auf das Signal durchgeführt wird (Ausgangssignal von der Parallel-Seriell-Umsetzungsschaltung **65** oder Ausgangssignale von der Absolutwert-Quadrierschaltung **66**), das zumindest der Fourier-Transformation unterworfen wird, kann die Schaltungsanordnung vorteilhafterweise vereinfacht werden, indem Signale von mehreren Stationen simultan verarbeitet werden.

**[0087]** Obwohl der bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung mit Hilfe der beiliegenden Zeichnungen beschrieben werden, soll verstanden sein, dass die vorliegende Erfindung nicht auf die obigen Ausführungsformen beschränkt ist und dass verschiedene Änderungen und Modifikationen hier durch den Fachmann durchgeführt werden können, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung, wie er in den beigegeführten Patentansprüchen definiert ist, zu verlassen.

### Patentansprüche

1. Empfangsverfahren zum Bestimmen eines Frequenzfehlers eines empfangenen OFDM-Modulationssignals, welches folgende Schritte aufweist:

Extrahieren der zyklischen Präfix-Komponenten des empfangenen OFDM-Modulationssignals am Startbereich und am Endbereich eines OFDM-Symbols;  
 Fourier-transformieren der extrahierten zyklischen Präfix-Komponenten;  
 Berechnen der Quadrate der Absolutwerte der fourier-transformierten Komponenten, um Quadratwerte zu erzeugen;  
 Ermitteln der Phasenverschiebung einer Hüllkurve der Quadratwerte im Frequenzbereich; und  
 Bestimmen des Frequenzfehlers des OFDM-Modulationssignals von der ermittelten Phasenverschiebung.

2. Empfangsverfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt zum Ermitteln der Phasenverschiebung aufweist:

Durchführen einer Orthogonal-Ermittlung in dem Subträger-Intervall des OFDM-Symbols;  
 Mittelwertbildung des somit ermittelten Signals; und  
 Berechnen der Phase der komplexen Zahl, die von der Mittelwertbildung herrührt.

3. Empfangsverfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Schritt zum Fourier-Transformieren der extrahierten zyklischen Präfix-Komponenten aufweist:

Einengen eines Zeitintervalls zwischen zwei Signalkomponenten, welche die extrahierten zyklischen Präfix-Komponenten bilden; und  
 Durchführen einer Fourier-Transformation der somit verarbeiteten zyklischen Präfix-Komponenten.

4. Empfangsverfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei

der Schritt zum Fourier-Transformieren der extrahierten zyklischen Präfix-Komponenten aufweist:  
 Einengen des Zeitintervalls zwischen den beiden Signalkomponenten, welche die zyklischen Präfix-Komponenten bilden; und  
 Durchführen der Fourier-Transformation in einem Zeitbereich, der das Vierfache der abgekürzten Wiederholungszeit der beiden Signalkomponenten ist, und  
 einen Zyklus, der verwendet wird, wenn die Phasenverschiebung der Hüllkurve ermittelt wird, auf vier festlegt ist.

5. Empfangsvorrichtung, welche eine Einrichtung zum Bestimmen eines Frequenzfehlers eines empfangenen OFDM-Modulationssignals aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung aufweist:

eine zyklische Präfix-Komponentenextraktionseinrichtung (**12**), um die zyklischen Präfix-Komponenten des empfangenen OFDM-Modulationssignals am Startbereich und am Endbereich eines OFDM-Symbols zu extrahieren;  
 eine Fourier-Transformationseinrichtung (**14**), um die zyklischen Präfix-Komponenten, welche durch die Extraktionseinrichtung (**12**) extrahiert werden, fourier-zu-transformieren;  
 eine Absolutwert-Quadrierungseinrichtung (**16**), um den Quadratwert der Absolutwerte der transformierten Komponenten zu berechnen, die durch die Fourier-Transformationseinrichtung (**14**) ausgegeben werden;  
 eine Ermittlungseinrichtung (**17-20**) zur Ermittlung der Phasenverschiebung einer Hüllkurve des Ausgangssignals der Absolutwert-Quadrierungseinrichtung (**16**) im Frequenzbereich und zum Bestimmen des Frequenzfehlers des empfangenen OFDM-Modulationssignals von der ermittelten Phasenverschiebung.

6. Empfangsvorrichtung nach Anspruch 6, wobei die Ermittlungseinrichtung aufweist:

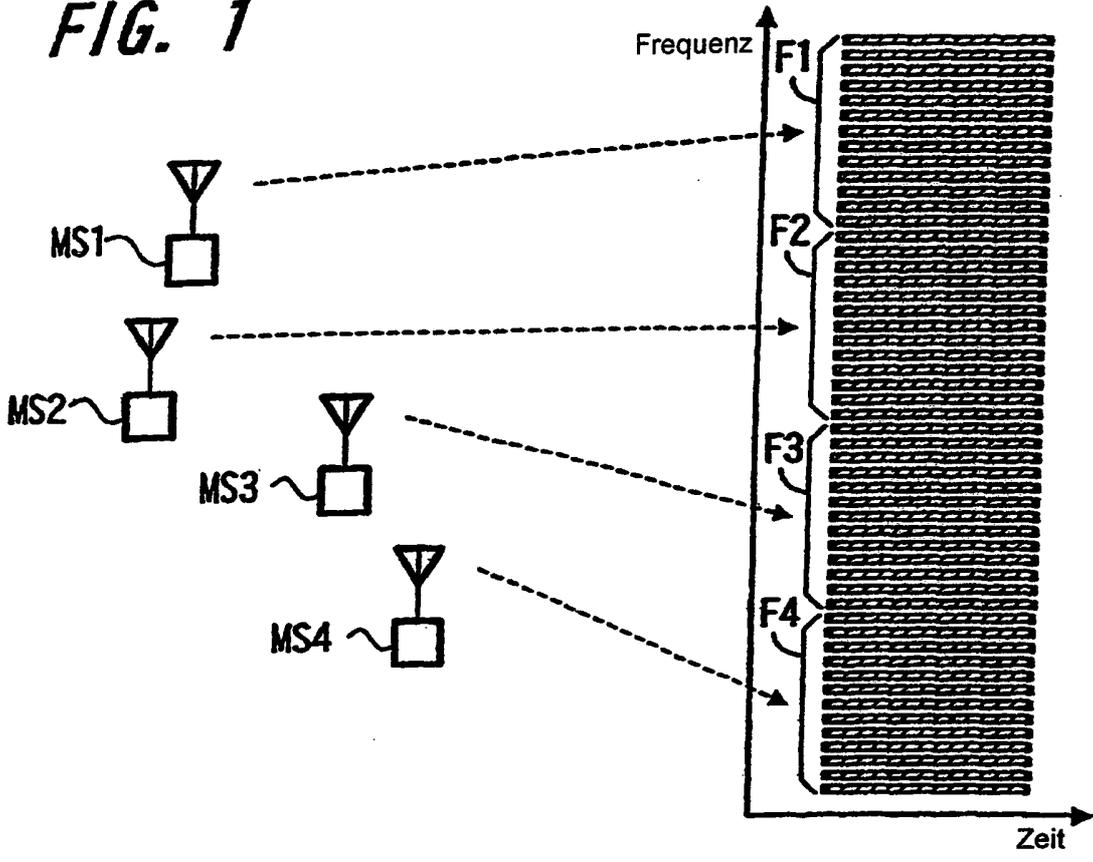
eine Orthogonal-Ermittlungseinrichtung (**17, 18**), um eine Orthogonal-Ermittlung des Ausgangssignals der Absolutwert-Quadrierungseinrichtung (**16**) in dem Subträgerintervall des OFDM-Intervalls durchzuführen; eine Mittelwert-Berechnungseinrichtung (**19**), um einen Mittelwert des orthogonal-ermittelten Signals, welches durch die Orthogonal-Ermittlungseinrichtung (**17, 18**) ausgegeben wird, zu berechnen; und eine Phasenermittlungseinrichtung (**20**), um die Phase der komplexen Zahl, welche von der Mittelwert-Berechnungseinrichtung (**19**) ausgegeben wird, zu ermitteln.

7. Empfangsvorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, welche außerdem eine zyklische Präfix-Komponenten-Verschiebungseinrichtung aufweist, um ein Zeitintervall zwischen den beiden Signalkomponenten einzuengen, welche die extrahierten zyklischen Präfix-Komponenten bilden, die von der zyklischen Präfix-Komponenten-Extraktionseinrichtung (**12**) ausgegeben werden, wobei die Fourier-Transformationseinrichtung (**14**) eingerichtet ist, das Ausgangssignal von der zyklischen Präfix-Komponenten-Verschiebeeinrichtung fourier-zu-transformieren.

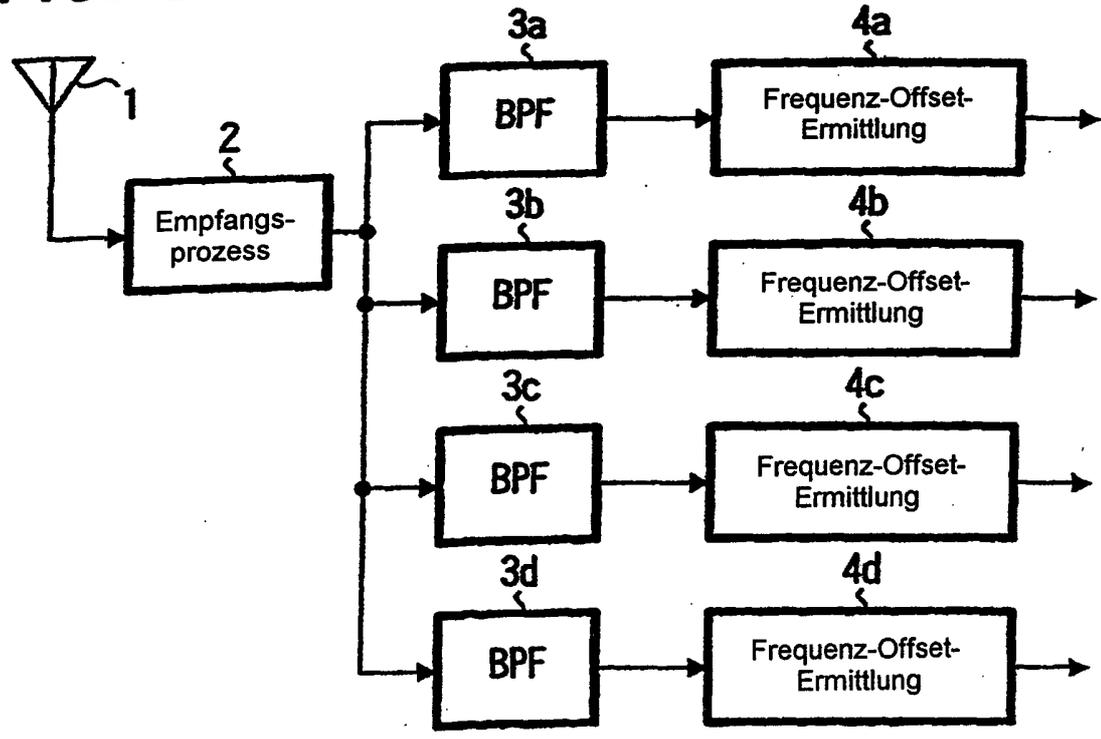
8. Empfangsvorrichtung nach Anspruch 7, wobei die Fourier-Transformationseinrichtung (**14**) eingerichtet ist, eine Fourier-Transformation in einem Zeitbereich durchzuführen, der das Vierfache der abgekürzten Wiederholungszeit der beiden Signalkomponenten ist, welche durch die zyklische Präfix-Komponenten-Verschiebeeinrichtung ausgegeben werden, und ein Zyklus, der bei der Ermittlung verwendet wird, welche durch die Ermittlungseinrichtung (**17–20**) durchgeführt wird, auf vier festgelegt ist.

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

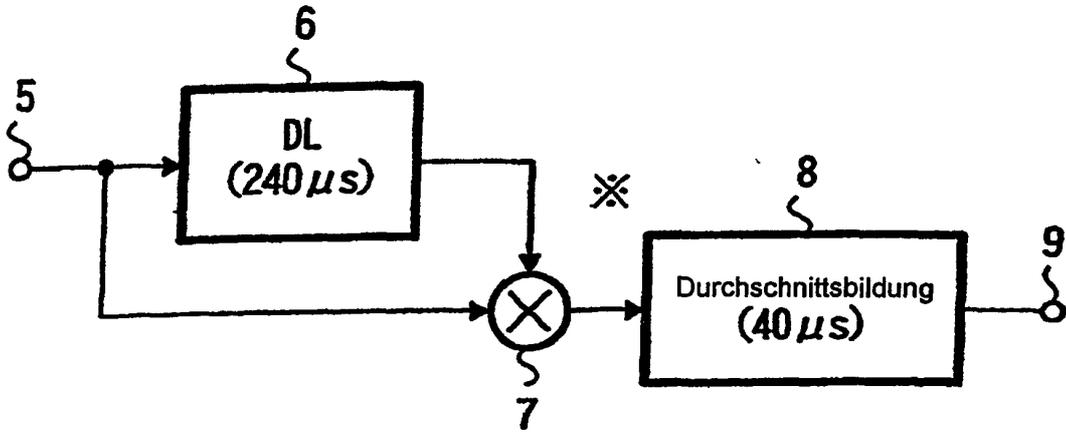
**FIG. 1**



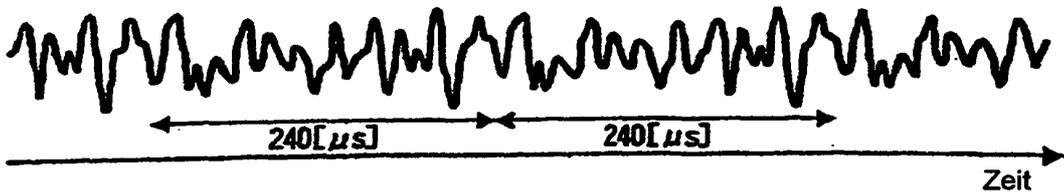
**FIG. 2**



**FIG. 3**



**FIG. 4**



**FIG. 5**

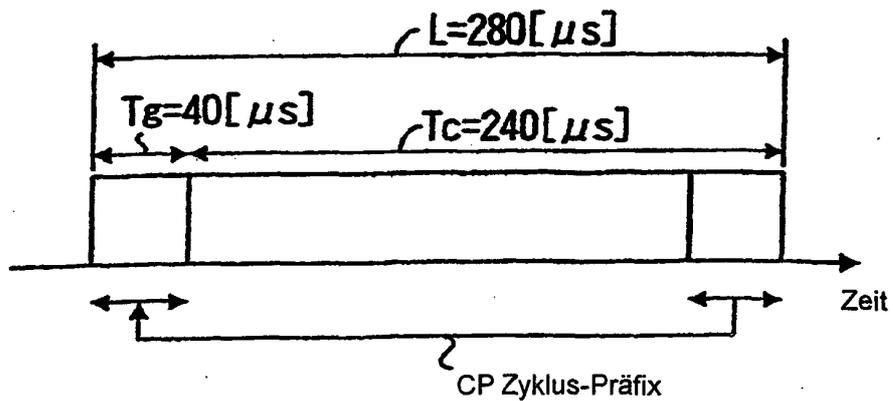
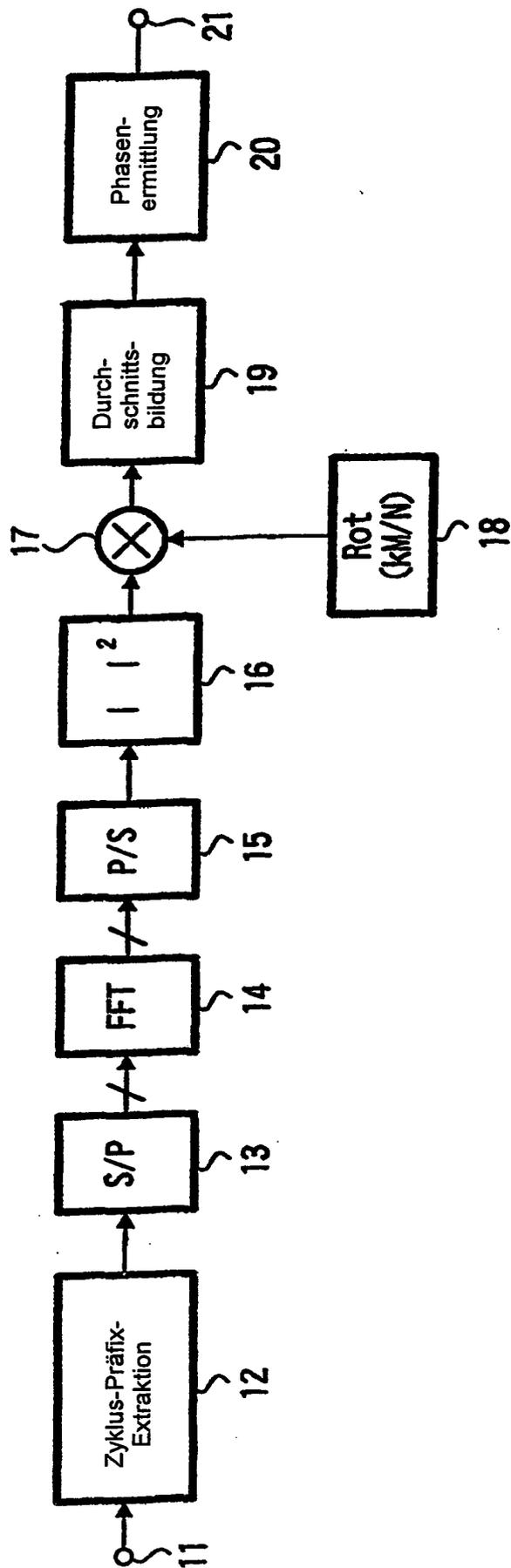
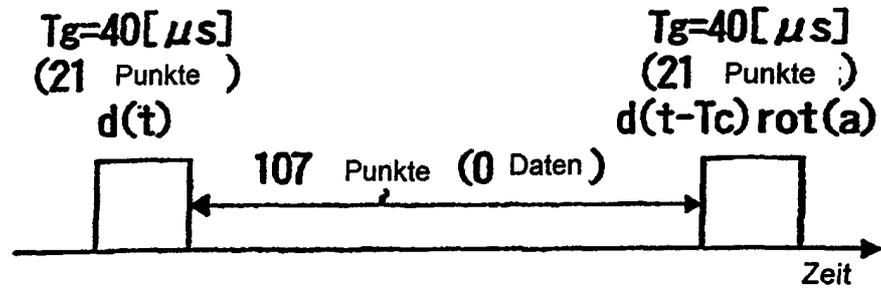


FIG. 6



**FIG. 7**



**FIG. 8**

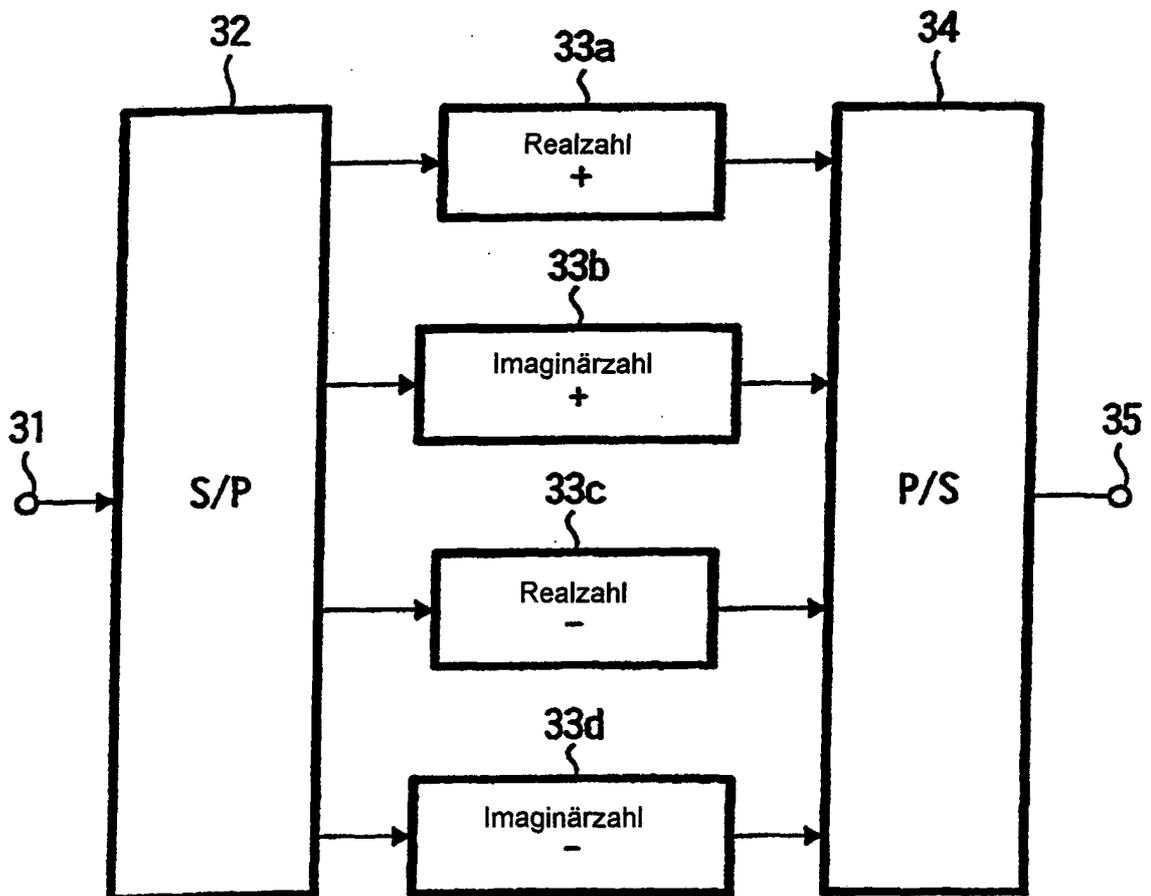
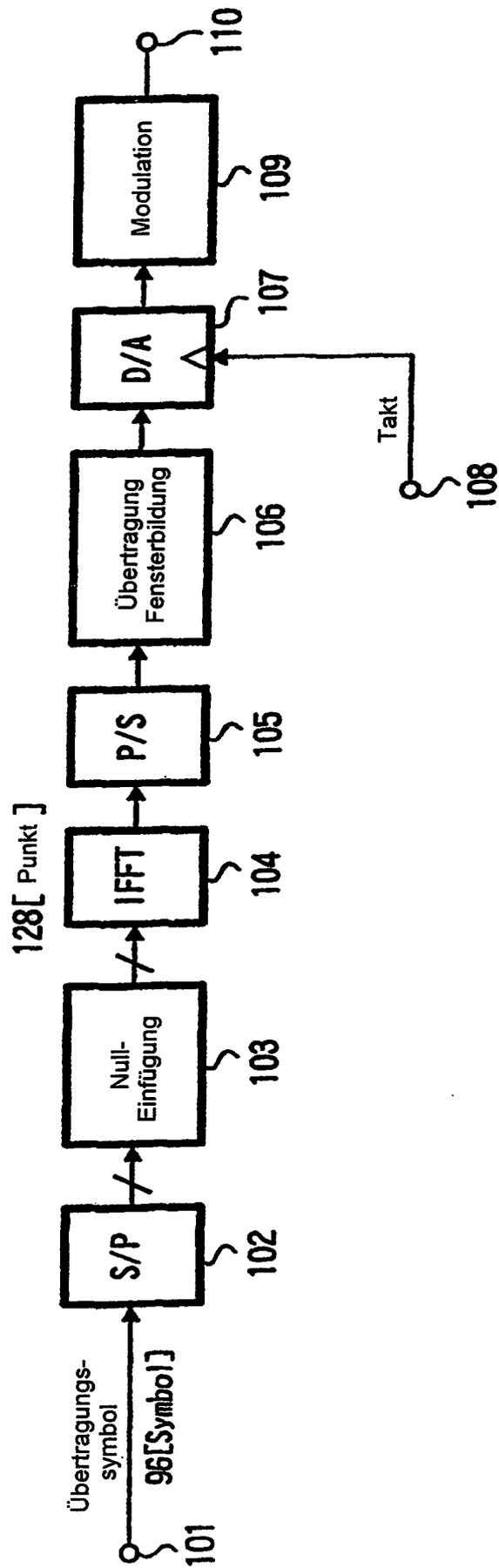


FIG. 9



**FIG. 10**

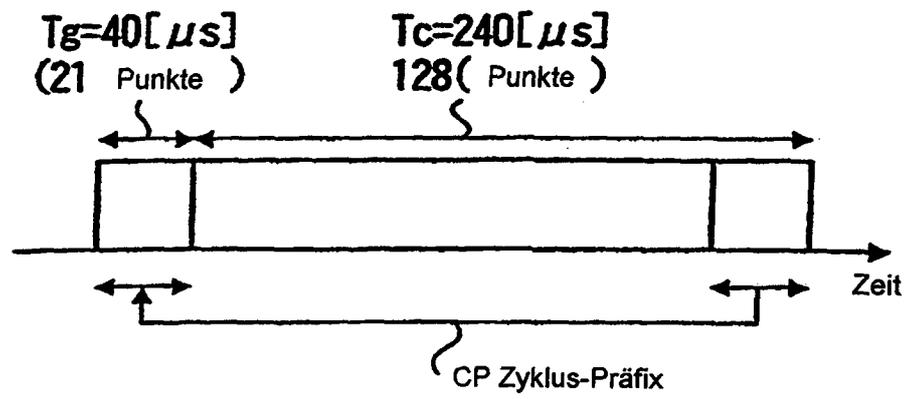
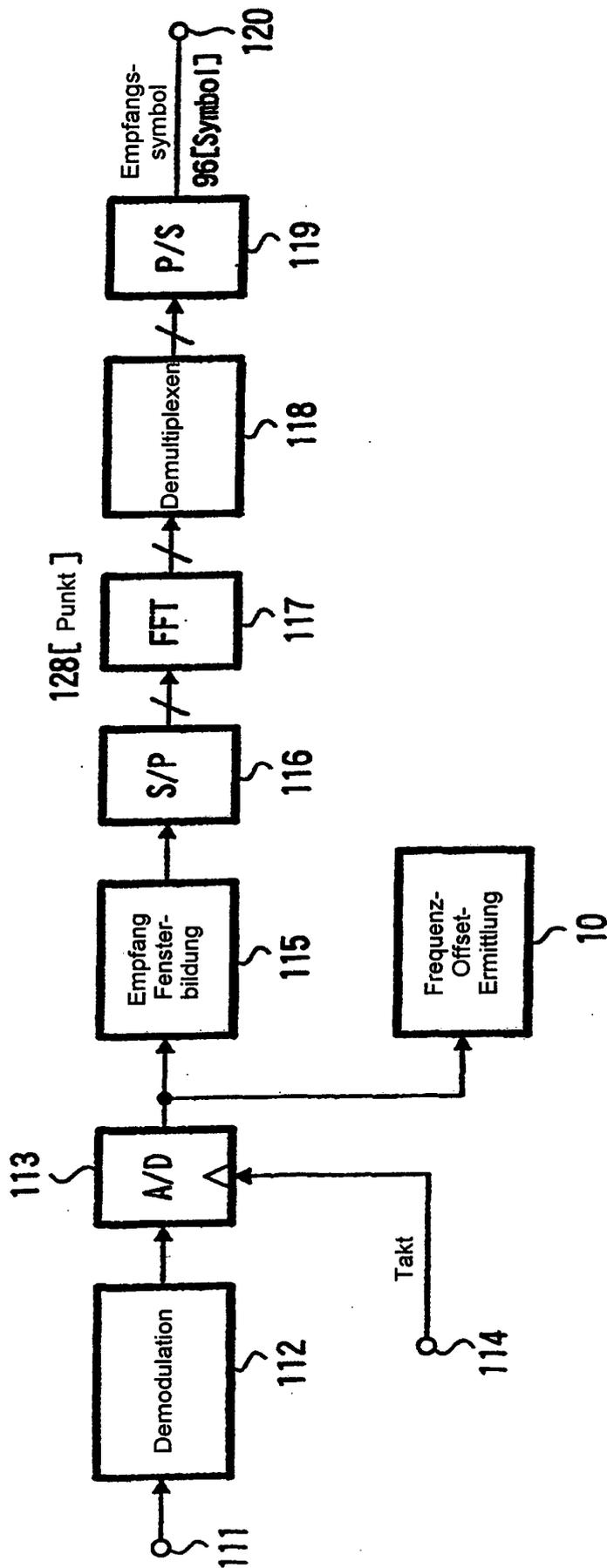
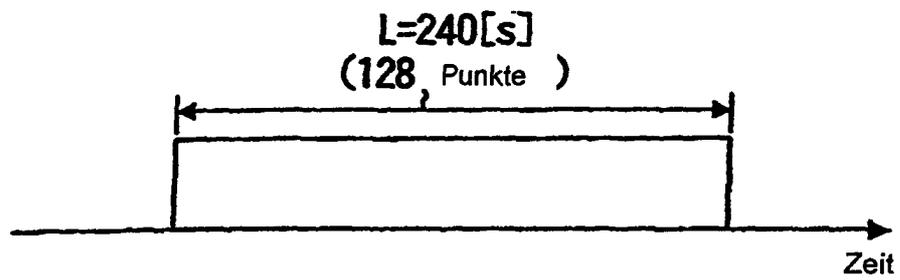


FIG. 11



**FIG. 12**



**FIG. 13**

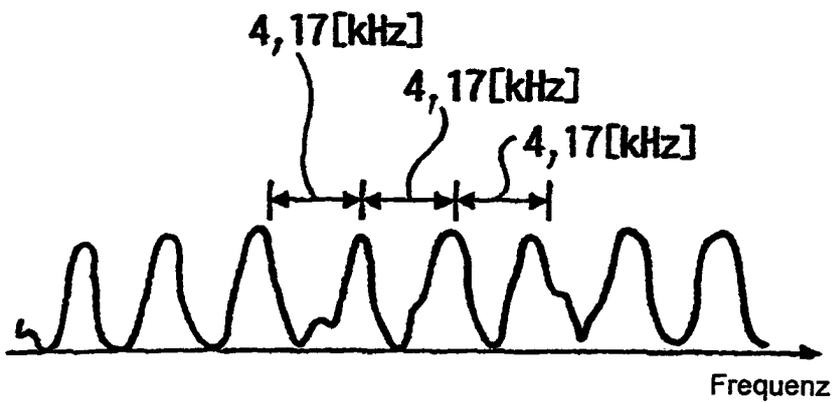
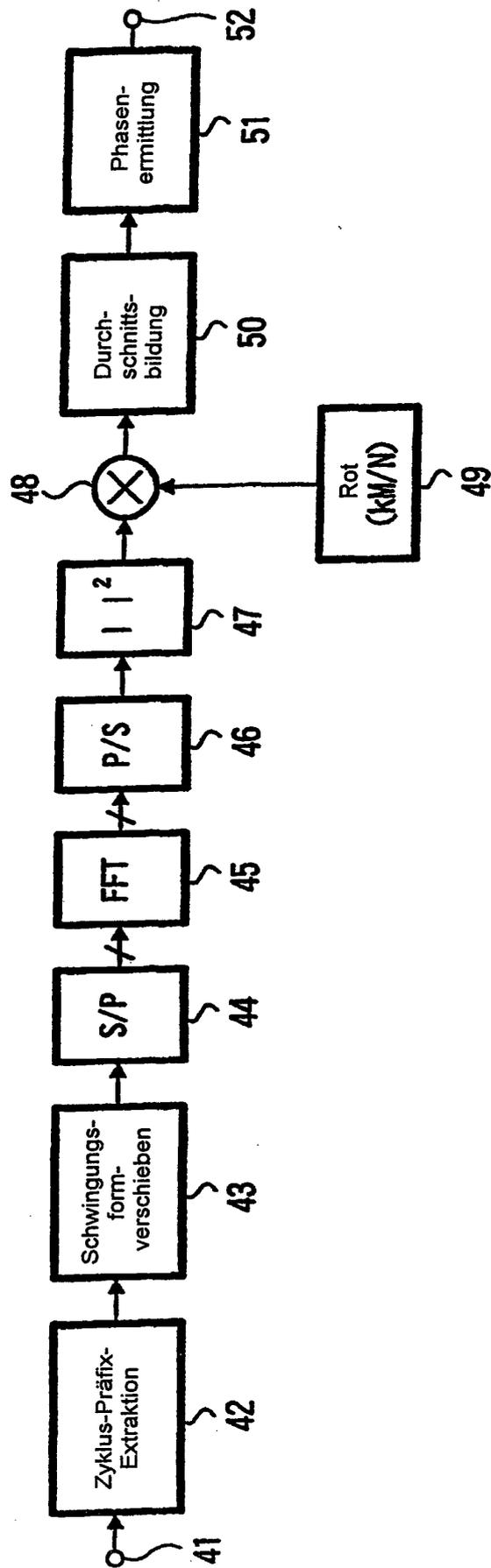
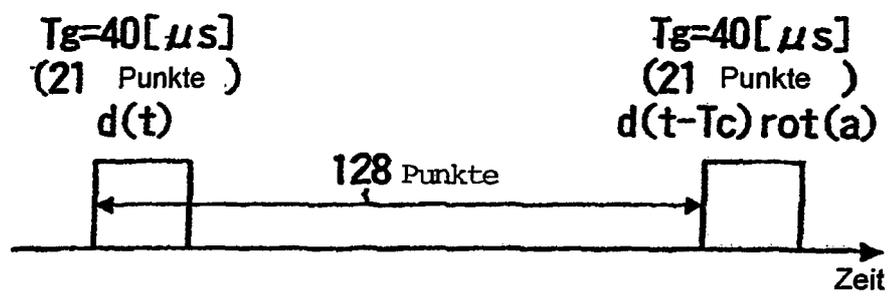


FIG. 14



**FIG. 15A**



**FIG. 15B**

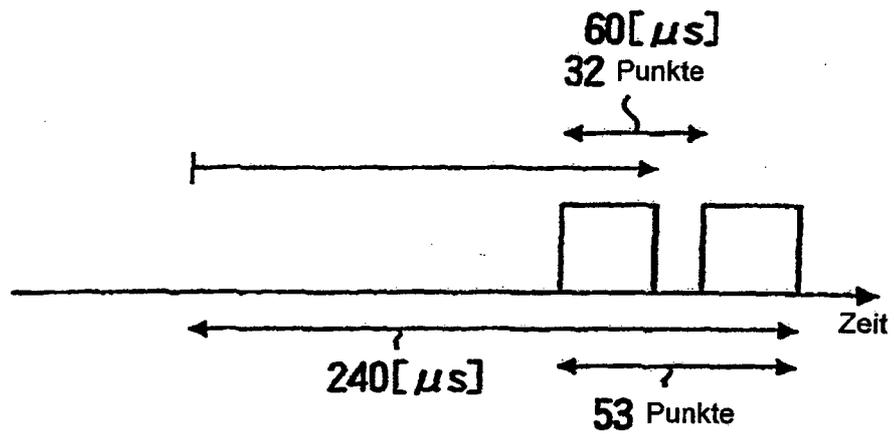


FIG. 16

