(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 696 35 567 T2** 2006.09.14

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 734 132 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **696 35 567.1**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **96 104 617.4**
(96) Europäischer Anmeldetag: **22.03.1996**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **25.09.1996**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **14.12.2005**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **14.09.2006**

(51) Int Cl.[8]: ***H04L 5/06*** (2006.01)
H04L 5/02 (2006.01)
H04L 27/26 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
6386995 23.03.1995 JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB, NL

(73) Patentinhaber:
Kabushiki Kaisha Toshiba, Kawasaki, Kanagawa, JP

(74) Vertreter:
Henkel, Feiler & Hänzel, 80333 München

(72) Erfinder:
Seki, Takashi, Tokyo 105, JP; Taga, Noboru, Tokyo 105, JP; Okita, Shigeru, Tokyo 105, JP; Ishikawa, Tatsuya, Tokyo 105, JP

(54) Bezeichnung: **Signalaufbau für Mehrträgermodulation, der den Bedarf an Zusatzkapazität zur Verwaltung vermindert**

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 Erfindung bezieht sich auf ein Funkkommunikationssystem, das eine OFDM-Technik (orthogonal frequency division multiplexing technique) benutzt, und genauer gesagt auf ein OFDM-Übertragungssystem (orthogonal frequency division multiplexing transmission system), das zur Verwendung mit einem mobilen Kommunikationssystem geeignet ist, und einen Sender und einen Empfänger dafür.

[0002] In den letzten Jahren wurden digitale Modulationssysteme auf dem Gebiet der Audio- und Videoübertragung aktiv entwickelt. Bei digitalem terrestrischen Rundsenden (digital terrestrial broadcasting) ist die Aufmerksamkeit unter anderem auf OFDM-Modulationssysteme gerichtet, die gegen Mehrweginterferenz widerstandsfähig sind und eine hohe Frequenznutzungsrate aufweisen. Bei dem OFDM-Modulationssystem werden jeweils eine große Anzahl von Trägern (mehrere Hundert bis mehrere Tausend), die orthogonal zueinander sind, jeweils mit zu übertragenden digitalen Daten moduliert.

[0003] Bei dem DAB (digital audio broadcasting) mit der OFDM-Modulation wird jeder Träger durch das differentielle QPSK-Verfahren moduliert. Bei dem differentiellen QPSK-Verfahren werden Daten zur Übertragung bereitgestellt, um einer Phasendifferenz zwischen Symbolen zu entsprechen. An dem Empfangsende können Daten durch die Differentialerfassung demoduliert werden. Somit ist es ein Vorteil, dass ein verwendeter Demodulator verglichen mit dem für das kohärente Erfassungssystem im Aufbau einfach ist.

[0004] Außerdem ist das differentielle QPSK-Verfahren für ein mobiles Kommunikationssystem geeignet. Bei einem mobilen Kommunikationsempfänger werden Variationen in der Hüllkurve und Phase des empfangenen Signals aufgrund von schwundbehafteten Kanälen auftreten. Bei dem differentiellen QPSK-System kann jedoch, da Daten aus einer Phasendifferenz zwischen Symbolen demoduliert werden, ein stabiler Datenempfang erreicht werden, ohne durch Variationen in dem empfangenen Signal aufgrund von Schwund beeinflusst zu werden.

[0005] Andererseits benötigt die Verwendung des OFDM-Modulationssystem für DTVB (digital television broadcasting) eine hohe Übertragungsrate. Um die Übertragungsrate zu erhöhen, ist es erforderlich, ein mehrwertiges Modulationsverfahren für jeden Träger zu verwenden. Mit dem DTVB mit dem OFDM-Modulationssystem wird ein mehrwertiges QAM-Verfahren als ein Modulationsverfahren für jeden Träger verwendet. Mit dem mehrwertigen QAM-System ist es jedoch im Gegensatz zu dem oben beschriebenen differentiellen QPSK-Verfahren unmöglich, Daten in der Form einer Phasendifferenz zwischen Symbolen zu übertragen und Daten an dem Empfangsende durch differentielle Erfassung zu demodulieren. Um mehrwertige QAM-demodulierte Signale zu demodulieren, ist es erforderlich, die Amplitude und Phase jedes Trägers an dem Empfangsende zu suchen.

[0006] Für das mehrwertige QAM-System wurde somit ein Verfahren vorgeschlagen, durch das an dem Übertragungsende Bezugssymbole, deren Amplitude und Phase bereits bekannt sind, periodisch übertragen werden, und an dem Empfangsende, die Bezugssymbole als die Bezugsamplitude und Phase beim Demodulieren von mehrwertigen QAM-Symbolen verwendet werden.

[0007] Das oben beschriebene herkömmliche QFDM-Übertragungssystem weist jedoch ein Problem auf, dass die

[0008] Übertragung von Bezugsdaten den Datenübertragungswirkungsgrad verringert.

[0009] Ein Dokument, das eine derartigen Stand der Technik offenbart, ist WO 95/07581.

[0010] Es ist demgemäß eine Aufgabe der Erfindung, ein OFDM-Übertragungssystem, das für mobile Kommunikationssysteme und dergleichen geeignet ist, das ermöglicht, mehrwertige modulierte Symbole erfolgreich an dem Empfangsende sogar in schwundbehafteten Umgebungen zu demodulieren, und ermöglicht, die Menge von übertragenen Bezugsdaten zum Erhöhen der Datenübertragungswirkungsgrads zu verringern, und einen Sender und einen Empfänger dafür bereitzustellen.

[0011] Um die Aufgabe zu erreichen, ist ein OFDM-Übertragungssystem der Erfindung dadurch gekennzeichnet, dass an dem Übertragungsende ein Übertragungsrahmen (transmission frame) konfiguriert ist, sodass eine Mehrzahl von Schlitzen zweidimensional entlang der Zeit- und Frequenzachsen angeordnet sind, Bezugssymbole in vorbestimmte beschränkte Schlitze in dem Übertragungsrahmen eingefügt werden und mindestens einer PSK-Modulation unterzogene PSK-Informationssymbole und Informationssymbole, die einer digitalen Modulation mit einem höheren mehrwertigen Pegel als die PSK-Modulation unterzogen werden, in den anderen Schlitzen in einer ausgewählten Positionsbeziehung mit Bezug zueinander eingefügt werden, und an dem Empfangsende Variationen in Amplitude und Phase eines empfangenen Signals aus den PSK-Informationssymbolen in dem Übertragungsrahmen erfasst werden, die Bezugssymbole in dem Übertragungsrahmen gemäß den erfassten Variationen in der Amplitude und Phase des empfangenen Signals korrigiert werden, und die empfangenen Informationssymbole gemäß den korrigierten Bezugssymbolen demoduliert werden.

[0012] Das OFDM-Übertragungssystem der Erfindung ist ferner durch die Verwendung der folgenden Systeme zum Übertragen der PSK-Informationssymbole gekennzeichnet.

[0013] Gemäß einem ersten Übertragungssystem werden die PSK-Informationssymbole in vorbestimmte Schlitze des Übertragungsrahmens eingefügt, die in Zeit und Frequenz gleichmäßig beabstandet sind.

[0014] Bei einem zweiten Übertragungssystem werden die PSK-Informationssymbole in Schlitze eingefügt, die gleichmäßig entlang der Zeitachse beabstandet sind, jedoch entlang der Frequenzachse über die Zeit variieren.

[0015] Bei einem dritten Übertragungssystem werden die PSK-Informationssymbole in Schlitze eingefügt, die gleichmäßig entlang der Frequenzachse beabstandet sind, jedoch entlang der Zeitachse mit der Frequenz variieren.

[0016] Bei einem vierten Übertragungssystem werden die PSK-Informationssymbole kontinuierlich in der Zeit bei vorbestimmten Frequenzen übertragen.

[0017] Bei einem fünften Übertragungssystem werden die PSK-Informationssymbole einer Differentialcodierung mit den Bezugssymbolen als die Basis für die Differentialcodierung unterzogen.

[0018] Bei einem Sender der Erfindung konfiguriert ein Multiplexmittel einen Übertragungsrahmen, bei dem eine Mehrzahl von Schlitzen zweidimensional entlang Zeit- und Frequenzachsen angeordnet sind. Bezugssymbole werden in beschränkte Schlitze in dem Übertragungsrahmen eingefügt. PSK-Modulation unterzogene PSK-Informationssymbole und digitaler Modulation unterzogene Informationssymbole mit einem höheren mehrwertigen Pegel als die PSK-Modulation werden in die anderen Schlitze in einer vorbestimmten Positionsbeziehung mit Bezug zueinander eingefügt. Die Bezugssymbole, die PSK-Informationssymbole und die Informationssymbole werden zusammen auf diese Art und Weise multiplext, wodurch der Übertragungsrahmen gebildet wird. Der Übertragungsrahmen wird einer OFDM-Modulation durch ein OFDM-Modulationsmittel und dann einer Quadraturmodulation für die Übertragung unterzogen.

[0019] Der Sender umfasst ferner ein Differentialcodiermittel zwischen dem Multiplexmittel und dem OFDM-Modulationsmittel, das die PSK-Informationssymbole in dem Übertragungsrahmen differentiell codiert.

[0020] Ein Empfänger der Erfindung umfasst ein Fehlererfassungsmittel zum Erfassen von Amplituden- und Phasenfehler der Träger von den Bezugssymbolen in einem OFDM-demodulierten Signal, ein Variationserfassungsmittel zum Erfassen von Variationen in Amplitude und Phase eines empfangenen Signals von den PSK-Symbolen in dem demodulierten Signal, ein Korrekturinformationsmittel, das auf das Fehlererfassungsmittel und das Variationserfassungsmittel zum Erzeugen von Korrekturinformation anspricht, und ein Entzerrungsmittel zum Entzerren der Amplitude und Phase der Informationssymbole in dem demodulierten Signal gemäß der Korrekturinformation.

[0021] Bei dem Empfänger der Erfindung umfasst das Variationserfassungsmittel ferner ein Mittel zum Erfassen der Amplituden- und Phasenvariationen des empfangenen Signals von dem PSK-Informationssymbolen in dem demodulierten Signal und ein Interpolationsmittel, das auf das Erfassungsmittel anspricht, zum Interpolieren von Amplituden- und Phasenvariationen in der Region, in die lediglich die von PSK-Informationssymbolen verschiedene Informationssymbole eingefügt sind.

[0022] Der Empfänger der Erfindung umfasst ferner ein Frequenzsteuermittel zum Steuern der Frequenz eines zur Quadraturdemodulation verwendeten regenerativen Trägers. Bei diesem Frequenzsteuermittel werden die durch das Variationserfassungsmittel erfasste Phasenvariationen gemittelt, um ein Frequenzsteuersignal zu erzeugen, das an das Quadraturdemodulationsmittel angelegt wird, um die Frequenz des regenerativen Trägers zu steuern.

[0023] Außerdem umfasst ein Empfänger der Erfindung zur Verwendung mit einem Übertragungssystem zum Übertragen eines Übertragungsrahmens, bei dem eine Mehrzahl von PSK-Informationssymbolen intermittierend in ein Informationssymboleinfügungsregion eingefügt und die PSK-Informationssymbole einer Differentialcodierung von einem Sender zu dem Empfänger in der Form eines OFDM-modulierten Signals unterzogen werden, ein Empfangsmittel zum Empfangen und Quadratur-Demodulieren des OFDM-modulierten Signals, ein OFDM-Demodulationsmittel zum OFDM-Demodulieren eines von dem Empfangsmittel ausgegebenen quadraturdemodulierten Signals und ein Differentialerfassungsmittel zum Demodulieren der PSK-Informationssymbole in dem von dem OFDM-Demodulationsmittel ausgegebenen demodulierten Signal mittels Differentialerfassung.

[0024] Der Empfänger umfasst ferner ein Frequenzvariationserfassungsmittel zum Erfassen von Variationen in der Frequenz eines empfangenen Signals von den durch das differentiale Erfassungsmittel demodulierten PSK-Informationssymbolen und ein Frequenzsteuermittel zum Mitteln von durch das Frequenzvariationserfassungsmittel erfassten Fre-

quenzvariationen, um ein Frequenzsteuersignal zu erzeugen, das an das Quadraturdemodulationsmittel des Empfangsmittel angelegt wird, um die Frequenz eines regenerativen Trägers zu steuern.

[0025] Gemäß dem oben beschriebenen OFDM-Übertragungssystem der Erfindung werden an dem Empfangsende Variationen in der Amplitude und Phase eines empfangenen Signals von den PSK-Informationssymbolen, von den Bezugssymbolen erfasste Amplituden- und Phasenfehler von Trägern werden demgemäß korrigiert und demodulierte Symboldaten werden gemäß den korrigierten Amplituden- und Phasenfehlern entzerrt. Daher können Amplituden- und Phasenvariationen der demodulierten Symbole aufgrund von Schwund sicher entzerrt werden, um die Informationssymbole korrekt ohne Einfügen irgendwelcher Bezugssymbole in die Informationssymbolregion des Übertragungsrahmens zu reproduzieren. Dies ermöglicht, dass die gesamte Informationssymbolregion des Übertragungsrahmens zur Informationsübertragung verwendet werden kann, wodurch der Informationsübertragungswirkungsgrad erhöht wird.

[0026] Die Verwendung des Systems der Erfindung ermöglicht, eine Informationsübertragung mit hoher Qualität und hohem Wirkungsgrad sogar im Fall des Verwendens von schwundbehafteten Kanälen, wie bei mobilen Kommunikationssystemen, zu implementieren.

[0027] Wenn beim Übertragen der PSK-Informationssymbole und der Informationssymbole die PSK-Informationssymbole in vorbestimmte Schlitze eingefügt werden, die gleichmäßig in Zeit und Raum beabstandet sind, dann wird die Multiplexsteuerung der PSK-Informationssysteme ohne weiteres durchgeführt werden.

[0028] Wenn die PSK-Informationssymbole in Schlitze eingefügt werden, die gleichmäßig entlang der Zeitachse beabstandet sind, jedoch über die Zeit entlang der der Frequenzachse variiert werden, dann werden die PSK-Informationssymbole in allen Trägern übertragen, obwohl die Anzahl von PSK-Informationssymbolen je Träger verringert wird. Somit können Variationen in einem Kanal wirksam in dem Fall erfasst werden, in dem die Variationen in der Zeit klein jedoch in der Frequenz groß sind.

[0029] Im Gegensatz dazu, wenn die PSK-Informationssymbole in Schlitze eingefügt übertragen werden, die gleichmäßig entlang der Frequenzachse beabstandet sind, jedoch mit der Frequenz entlang der Zeitachse variiert werden, dann werden die PSK-Informationssymbole in allen Zeitschlitzen übertragen, obwohl die Anzahl von PSK-Informationssymbolen je Zeitschlitz abnimmt. Somit können Variationen in einem Kanal in dem Fall wirksam sein, indem die Variationen in der Zeit klein, jedoch in der Frequenz groß sind.

[0030] Wenn die PSK-Informationssymbole kontinuierlich in der Zeit in einem vorbestimmten Zeitschlitz übertragen werden, dann können Änderungen der PSK-Informationssymbole über die Zeit an dem Empfangsende bei einem vorbestimmten Träger kontinuierlich erfasst werden. Aus diesem Grund können Variationen in einem Kanal verglichen mit Fall, wenn die PSK-Informationssymbole intermittierend bei allen Trägern übertragen werden, korrekt erfasst werden. Wenn es einen Phasenfehler eines regenerativen Trägers an dem Empfangsende gibt, wird eine Phasenrotation in der demodulierten Ausgabe auftreten, wenn es bei einem festen Trägern entlang der Zeitachse betrachtet wird. Somit kann durch kontinuierliches Übertragen der PSK-Informationssymbole durch einen vorbestimmten Träger der Frequenzfehler des regenerativen Trägers korrekter erfasst werden.

[0031] Durch Übertragen der PSK-Informationssymbole in differentiell codierter Form mit den Bezugssymbolen als der Bezug für die Differentialcodierung kann ein Differentialdetektor an dem Empfangsende verwendet werden, um die PSK-Informationssymbole zu demodulieren. Dies ermöglicht, dass der Empfänger im Aufbau einfach ist. Das Differential-System ist gegen Schwund widerstandsfähig, wobei eine stabilere Datendemodulation an dem Empfangsende ermöglicht wird.

[0032] Gemäß dem oben beschriebenen Sender der Erfindung kann das Multiplexmittel verwendet werden, um einen OFDM-Rahmen zu bilden und zu übertragen, bei dem Bezugssymbole und Informationssymbole, einschließlich mindestens PSK-Symbole ordnungsgemäß in den Schlitzen angeordnet sind.

[0033] Außerdem ermöglicht die Differentialcodierung der PSK-Symbole, dass die Symbole mittels Differentialerfassung demoduliert werden können. Somit kann der Empfänger im Aufbau einfach gemacht werden.

[0034] Außerdem werden gemäß dem oben beschriebenen Empfänger der Erfindung Variationen in Amplitude und Phase eines empfangenen Signals von den in die Informationssymbolregion des empfangenen Übertragungsrahmen eingefügten PSK-Symbole erfasst, Amplituden- und Phasenfehler jedes Trägers, die von den Bezugssymbolen erfasst werden, werden gemäß den erfassten Variationen in Amplitude und Phase korrigiert und dann werden die demodulierten Symbole entzerrt. Aus diesem Grund können Amplituden- und Phasenvariationen aufgrund von Schwund genau korrigiert werden, sogar wenn eine große Anzahl von Bezugssymbolen nicht in den Übertragungsrahmen eingefügt werden.

[0035] Ferner werden gemäß dem Empfänger der Erfindung Variationen in Amplitude und Phase eines empfangenen Signals von den PSK-Symbolen erfasst, die intermittierend in ein demoduliertes Signal eingefügt wurden, und Variationen in Amplitude und Phase in den Regionen in dem demodulierten Signal, in das Informationssymbole verschieden von dem PSK-Symbolen eingefügt wurden, werden gemäß den erfassten Variationen in Amplitude und Phase interpoliert. Die Informationssymbole werden gemäß den interpolierten Variationen in Amplitude und Phase entzerrt. Somit wird eine optimale Entzerrung für jedes der Informationssymbole ermöglicht.

[0036] Außerdem werden gemäß dem Empfänger der Erfindung Variationen in Phase oder Frequenz von den demodulierten PSK-Symbolen erfasst, und die erfassten Werte werden gemittelt, um die Frequenz eines in dem Quadraturdemodulationsmittel verwendeten regenerativen Trägers zu steuern. Dies ermöglicht, dass eine genaue Frequenzsynchronisation des regenerativen Trägers erreicht werden kann.

[0037] Diese Erfindung kann vollständiger aus der folgenden ausführlichen Beschreibung in Verbindung mit dem begleitenden Zeichnungen verstanden werden, in denen zeigen:

[0038] Fig. 1 ein Diagramm zur Verwendung bei der Erläuterung eines herkömmlichen OFDM-Systems;

[0039] Fig. 2 ein Übertragungsrahmenformat, das ein OFDM-Übertragungssystem gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung veranschaulicht;

[0040] Fig. 3 ein Blockdiagramm eines Senders, der für das OFDM-Übertragungssystem gemäß der ersten Ausführungsform der Erfindung angepasst ist;

[0041] Fig. 4 ein Blockdiagramm eines Empfängers, der für das OFDM-Übertragungssystem gemäß der ersten Ausführungsform der Erfindung angepasst ist;

[0042] Fig. 5 in Blockdiagrammform die gesamte Konfiguration des Übertragungs- und Empfangssystems basierend auf dem OFDM-Übertragungssystem der Erfindung;

[0043] Fig. 6 ein Übertragungsrahmenformat, das ein OFDM-Übertragungssystem gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung veranschaulicht;

[0044] Fig. 7 ein Übertragungsrahmenformat, das das OFDM-Übertragungssystem gemäß der zweiten Ausführungsform der Erfindung veranschaulicht;

[0045] Fig. 8 ein Blockdiagramm eines Senders, der für ein OFDM-Übertragungssystem gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung angepasst ist;

[0046] Fig. 9 ein Blockdiagramm eines Empfängers, der für das OFDM-Übertragungssystem gemäß der dritten Ausführungsform der Erfindung angepasst ist;

[0047] Fig. 10 ein Blockdiagramm eines Empfängers, der für ein OFDM-Übertragungssystem gemäß einer vierten Ausführungsform der Erfindung angepasst ist;

[0048] Fig. 11 ein Blockdiagramm eines Empfängers, der für ein OFDM-Übertragungssystem gemäß einer fünften Ausführungsform der Erfindung angepasst ist;

[0049] Fig. 12 ein Übertragungsrahmenformat, das ein OFDM-Übertragungssystem gemäß noch einer weiteren Ausführungsform der Erfindung veranschaulicht;

[0050] Fig. 13 ein Übertragungsrahmenformat, das ein OFDM-Übertragungssystem gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung veranschaulicht;

[0051] Fig. 14 ein Übertragungsrahmenformat, das ein OFDM-Übertragungssystem gemäß noch einer weiteren Ausführungsform der Erfindung veranschaulicht;

[0052] Fig. 15 ein Übertragungsrahmenformat, das ein OFDM-Übertragungssystem gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung veranschaulicht; und

[0053] Fig. 16 ein Übertragungsrahmenformat, das ein OFDM-Übertragungssystem gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung veranschaulicht.

[0054] Mit Bezug nun auf Fig. 1 wird ein Beispiel eines herkömmlichen OFDM-Übertragungssystem gezeigt, das in „Study of Modulation Method for Terrestrial Digital Broadcasting Using Multi-Valued OFDM" (The Journal of the Institute of Television Engineering, Japan, Band 47, Nr. 10, Seiten 1374–1382, 1993) beschrieben ist. Bei diesem Beispiel ist die Anzahl von Trägern in einem OFDM-Symbol gleich 448, und für jedes OFDM-Symbol sind ein Achtel von 448 Datenstücken Bezugsdaten, deren Amplitude und Phase bereits bekannt sind.

[0055] Effektive Daten verschieden von den Bezugsdaten werden als 16QAM-Symbole übertragen. Da die Position von Trägern, um Bezugsdaten zu übertragen, für jedes OFDM-Symbol verschoben wird, wird ein Träger die Bezugsdaten aller 8 Symbole übertragen.

[0056] Somit wird ein Übertragungsrahmen aus einer Mehrzahl von OFDM-Symbolen aufgebaut, und Bezugsdaten werden in vorbestimmten Positionen in

dem Übertragungsrahmen zur Übertragung angeordnet. An dem Empfangsende wird eine Rahmensynchronisation erneut aufgebaut, um die Bezugsdaten zu empfangen, und dann werden die Bezugsamplitude und die Phase von den Bezugsdaten erhalten, um die 16QAM-Symbole zu demodulieren.

[0057] Das Intervall, bei dem die Bezugsdaten übertragen werden, wird unter Berücksichtigung von Variationen in dem empfangenen Signal aufgrund von Schwund bestimmt. Im Fall des mobilen Empfangs in Stadtbereichen interferieren eine große Anzahl von Funkwellen miteinander, die aus verschiedenen Richtungen kommen, und so wird die Hüllkurve und die Phase einer empfangenen Welle zufällig variieren. Die Hüllkurve und die Phase variieren in Übereinstimmung mit der Rayleigh-Verteilung bzw. der gleichmäßigen Verteilung. Auf einem derartigen Rayleigh-Kanal variieren empfangene Wellen in Zeit und Frequenz, wobei sie jedoch innerhalb eines bestimmten Zeitintervalls und eines bestimmten Frequenzbereiches, die als eine Kohärenzzeit bzw. eine Kohärenzbandbreite bezeichnet werden, als fast konstant betrachtet werden.

[0058] In Fig. 1 ist erforderlich, dass das Intervall, bei dem Bezugsdaten übertragen werden, viel kleiner als die Kohärenzzeit eines Kanals ist.

[0059] Mit dem wie oben beschriebenen OFDM-Übertragungssystem, verringert die Übertragung von Bezugsdaten den Datenübertragungswirkungsgrad. Bei dem Beispiel von Fig. 1 überträgt jeder Träger Bezugsdaten alle acht Symbole. Somit wird der Übertragungswirkungsgrad auf 7/8 verringert.

[0060] Bei der Erfindung ist ein Übertragungsrahmen an dem Übertragungsende aufgebaut, sodass eine Mehrzahl von Schlitzen zweidimensional entlang Zeit- und Frequenzachsen angeordnet sind. Bezugssymbole werden in vorbestimmte Schlitze in diesem Übertragungsrahmen angeordnet. In die anderen Schlitze in dem Übertragungsrahmen wird eine Mehrzahl von Informationssymbolen angeordnet, die durch mehrfache digitale Modulationsverfahren, einschließlich mindestens der PSK-Modulation, moduliert werden. Genauer gesagt werden PSK-Informationssymbole, die durch mindestens das PSK-Modulationsverfahren moduliert werden, und Informationssymbole, die durch ein anderes Modulationsverfahren (beispielsweise QAM-Modulation) moduliert werden, in die anderen Schlitze angeordnet.

[0061] An dem Empfangsende werden Variationen in der Amplitude und Phase eines empfangenen Signals von dem PSK-Informationssymbol in dem empfangenen Übertragungsrahmen erfasst. Die Ergebnisse dieser Erfassungsverarbeitung werden verwendet, um die Bezugssymbole in dem Übertragungsrahmen zu korrigieren. Ferner werden die korrigierten Bezugssymbole verwendet, um die Informationssymbole zu demodulieren.

[0062] Hier werden nachstehend die bevorzugten Ausführungsformen genauer beschrieben.

[Erste Ausführungsform]

[0063] In Fig. 2, die ein Diagramm zur Verwendung bei der Erläuterung eines OFDM-Systems gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung ist, wird ein Übertragungsrahmenformat gezeigt, bei dem die Anzahl von Trägern eines OFDM-Symbols gleich N (die Anzahl von wirksamen Trägern ist n) und die Anzahl von OFDM-Symbolen in einem Rahmen gleich M ist. Bei dieser Ausführungsform ist ein Rahmen aus N × M Symboldatenpositionen (Schlitzen) zusammengesetzt, wobei N Frequenzschlitze entlang der Frequenzachse und M Zeitschlitze entlang der Zeitachse angeordnet sind. An beiden Enden des Übertragungsrahmens werden entlang der Frequenzachse unbenutzte Regionen angeordnet, in denen die Trägeramplitude auf Null gesetzt ist.

[0064] In Fig. 2 wird in dem ersten Zeitschlitz des Übertragungsrahmens ein OFDM-Symbol übertragen, bei dem alle Träger in der Amplitude Null sind. Dieses OFDM-Symbol wird ein Nullsymbol genannt und bei dem Empfänger als ein Bezugssymbol zur Timing-Synchronisation verwendet. Im zweiten Zeitschlitz wird ein Bezugs-OFDM-Symbol übertragen, bei dem die Phase und Amplitude jedes Trägers bereits bekannt sind. Diese Bezugssignale werden in dem Empfänger als ein Synchronisationsbezugssymbol, das angepasst ist, um den Rahmen zu erkennen, und als Demodulationsbezugssignale zum Demodulieren der Phase und Amplitude jedes Trägers verwendet. In den verbleibenden Zeitschlitzen einschließlich des dritten Zeitschlitzes werden Informationssymbole, die hauptsächlich aus mehrwertigen QAM-Informationssymboldaten zusammengesetzt sind, übertragen.

[0065] In und nach den dritten OFDM-Symbolregionen werden zwischen den mehrwertigen QAM-Informationssymbolen QPSK-Informationssymbole angeordnet, die in Frequenz und Zeit regelmäßig beabstandet sind, wie in Fig. 2 gezeigt ist. Die Zeitbeabstandung und die Frequenzbeabstandung der QPSK-Symbole wird unter Berücksichtigung der Kohärenzzeit und der Kohärenzbandbreite eines Kanals bestimmt.

[0066] Andererseits werden an dem Empfangsende, um dieses OFDM-modulierte Signal in dem oben beschriebenen Übertragungsformat zu empfangen, die Amplitude und Phase jedes Trägers gesucht, wenn die Bezugssymbole empfangen werden, und als die Grundlage zum Demodulieren der Informationssymbole verwendet. Auf einem schwundbehafte-

ten Kanal variieren jedoch die Amplitude und Phase eines empfangenen Signals über die Zeit und Frequenz. Somit werden die Variationen in der Amplitude und Phase des empfangenen Signals durch die QPSK-Informationssymbole erfasst, die periodisch in den Informationssymbolen enthalten sind.

[0067] Die QPSK-Informationssymbole sind in der Amplitude konstant und stellen vier Phasen bei Intervallen von 90° dar. Wenn somit eine Variation in der Phase eines empfangenen Signals innerhalb ±45° in dem Intervall ist, bei dem die QPSK-Informationssymbole übertragen werden, wird es möglich sein, Variationen in Amplitude und Phase zu erfassen. Für Zeitschlitze und Frequenzschlitze, in denen kein QPSK-Informationssymbol übertragen wird, werden die erfassten Variationen in Amplitude und Phase von QPSK-Informationssymbolen mit Bezug auf Zeit und Frequenz interpoliert. Die resultierende interpolierte Information wird als Variationen für Informationssymbole in Teilen verwendet, in denen kein QPSK-Informationssymbol in Fig. 2 übertragen wird.

[0068] Am Empfangsende werden Variationen in der Amplitude und Phase eines empfangenen Signals, die auf die obige Art und Weise erhalten werden, verwendet, um das erfasste Bezugssymbol zu korrigieren. Und Informationssymbole in Zeit-Frequenzschlitzen werden mittels der korrigierten Bezugssymbole demoduliert.

[0069] Als nächstes wird ein OFDM-Sender und ein OFDM-Empfänger, auf die das oben beschriebene OFDM-Übertragungssystem angewendet werden, beschrieben.

[0070] In Fig. 3 wird in Blockdiagrammform der Hauptabschnitt des OFDM-Senders gezeigt.

[0071] In dieser Figur bezeichnet **11** einen Multiplexer (MUX), der mehrwertige QAM-Informationssymbole und QPSK-Informationssymbole als Informationssymboldaten empfängt.

[0072] Hier können das mehrwertige QAM-Informationssymbol und das zu übertragende QPSK-Informationssymbol High-Level-Daten bzw. Low-Level-Daten bei hierarchisch strukturierten Daten sein. Beispielsweise werden die Hochfrequenzkomponente und Niederfrequenzkomponente eines Bildsignals als High-Level-Daten bzw. Low-Level-Daten bei hierarchisch strukturierten Daten verarbeitet. Außerdem können das QAM-Informationssymbol und das QPSK-Informationssymbol Daten von unabhängigen Arten sein.

[0073] Ein Nullsymbolgenerator **12** erzeugt Nullsymboldaten, bei denen jeder Träger in der Amplitude Null ist, die an den Multiplexer **11** angelegt werden. Ein Bezugssymbolgenerator **13** erzeugt Bezugssymboldaten, die als ein Bezug für die Amplitude und Phase jedes Trägers verwendet werden, die an den Multiplexer angelegt werden. Der Multiplexer multiplext die mehrwertigen QAM-Informationssymbole, die QPSK-Informationssymbole als Informationssymboldaten, die Nullsymboldaten und die Bezugssymboldaten, wodurch ein Übertragungsrahmen gebildet wird, wie in Fig. 2 gezeigt ist. Die Amplitude und Phasen der Bezugssymboldaten sind bereits bekannt. Es gibt ein Sinuswobbelsignal als ein Beispiel der Bezugssignaldaten. In der Empfangsseite wird es zur Demodulation und feinen Timing-Synchronisation verwendet.

[0074] Wenn ein weiteres Bezugssymbol für die Timing-Synchronisation übertragen wird, werden QPSK-Symbole, deren Phasen bekannt sind und zueinander zufällig sind, für die Bezugssymboldaten verwendet.

[0075] Die von dem Multiplexer **11** ausgegebenen multiplexten Symboldaten werden an einen inversen schnellen diskreten Fouriertransformer (IFFT) **14** angelegt, der eine schnelle IFFT-Operation an N Elementen von Symboldaten durchführt, um ein Basisband OFDM-moduliertes Signal zu erzeugen. Das modulierte Signal wird dann an eine Schutzzeitaddierschaltung **15** angelegt, durch die ein letzter Abschnitt eines OFDM-Symbols in einen ersteren Abschnitt dieses Symbols als eine Schutzzeit kopiert wird, um die Wirkung von Mehrweginterferenz zu verringern. Es sei hier bemerkt, dass ein OFDM-Symbol aus N Trägern besteht.

[0076] Das OFDM-modulierte Signal von der Schutzzeitaddierschaltung **15** wird an einen Quadraturmodulator **16** angelegt, um Träger mit einer 90° Phasendifferenz zu modulieren. Ein Ausgangssignal des Quadraturmodulators wird durch einen D/A-Wandler **17** in ein Analogsignal umgewandelt, das dann durch einen Frequenzwandler **18** in eine gegebene Trägerfrequenz zur Übertragung umgewandelt wird.

[0077] Die Bezugsziffer **19** bezeichnet eine Timing-Schaltung, die auf ein Taktsignal von einem nicht gezeigten Taktgenerator reagiert, um Takt- und Timing-Signale zu erzeugen, die für die oben beschriebene Schaltungen notwendig sind, um ordnungsgemäß zu arbeiten.

[0078] Bei einer derartigen Konfiguration wird ein Übertragungsrahmen durch den Multiplexer **11** auf eine derartige Art und Weise erzeugt, dass QPSK-Informationssymbole periodisch zwischen mehrwertigen QAM-Informationssymbolen in der Informationssymbolregion angeordnet werden. Dieser Übertragungsrahmen ist OFDM-moduliert und wird dann auf eine Übertragungsträgerfrequenz zur Übertragung aufwärts umgesetzt.

[0079] In Fig. 4 werden in Blockdiagrammform die Hauptteile eines OFDM-Empfängers gezeigt.

[0080] In dieser Figur wird ein Funk-moduliertes Signal, das von dem Sender über einen Funkkanal übertragen wird, durch einen Frequenzwandler **21** in eine gegebene Zwischenfrequenz Frequenz-gewandelt und dann durch einen A/D-Wandler **22** in ein digitales Signal umgewandelt, das seinerseits an einen Quadraturdetektor **23** angelegt wird. Der Quadraturdetektor **23**. erfasst das OFDM-modulierte Signal der Zwischenfrequenz mit einem regenerativen Träger, um dadurch das OFDM-modulierte Basisbandsignal auszugeben.

[0081] Eine automatische Frequenzsteuerschaltung (AFC-Schaltung) **25** erfasst einen Frequenzfehler des regenerativen Trägers auf der Grundlage der Frequenz des OFDM-modulierten Signals von dem Quadraturdetektor **23** und erzeugt ein Signal, das verwendet wird, um die Frequenz des regenerativen Trägers zu steuern. Das Frequenzsteuersignal wird an den Quadraturdetektor **23** zurückgespeist, um die Frequenz des Regenerationsträgers zu steuern, der in dem Quadraturdetektor erzeugt wird, um dadurch Trägersynchronisation zu erreichen.

[0082] Das von dem Quadraturdetektor **23** ausgegebene OFDM-modulierte Signal wird ebenfalls an eine Timing-Regenerationsschaltung **26** angelegt, die Timing-Signale, wie beispielsweise ein Symbolsyncsignal, ein Framesyncsignal und dergleichen, und einen Takt auf der Grundlage des in dem OFDM-modulierten Signal enthaltenen Bezugssymbols regeneriert und sie an jede Schaltung in dem Empfänger liefert. Die Timing-Regenerationsschaltung **26** erzeugt ein FFT-Fenster, das den wirksamen Symbolanteil des OFDM-Symbols angibt, und liefert es dann an einen schnellen diskreten Fouriertransformer (FFT) **24**.

[0083] Der FFT **24** spricht auf das FFT-Fenster von der Timing-Schaltung **26** an, um einen FFT-Vorgang an dem wirksamen Symbolanteil des OFDM-Symbols in dem von dem Quadraturdetektor **23** ausgegebenen OFDM-modulierten Signal durchzuführen. Durch diesen FFT-Vorgang werden komplexe Daten erhalten, die die Amplitude und Phase jedes Trägers darstellen.

[0084] Die komplexen Daten werden in einen Speicher **27** eingegeben, der gegebene Regionen hält, die QPSK-Informationssymbole in der Informationssymbolregion des Übertragungsrahmens enthalten. D.h., wie später beschrieben wird, dass Variationen in Amplitude und Phase eines Kanals auf der Grundlage der QPSK-Informationssymbole erfasst und die Ergebnisse dieser Erfassung verwendet werden, um zweidimensional interpolierte Variationen für Teile zu erhalten, in denen kein QPSK-Informationssymbol übertragen wird. Aufgrund der Existenz einer Zeit, um die interpolierten Variationen zu erhalten, ist es notwendig, den Speicher **27** zum Halten von Daten zu verwenden. Aus dem Speicher **27** gelesene Informationssymbole werden in einen Entzerrer **31** zur Entzerrung eingegeben. Da der Entzerrungsprozess viel Zeit benötigt, wird die Taktrate bis zu der Datenverarbeitungsgeschwindigkeit in dem Entzerrer **31** erhöht. Somit ist die Datenauslesegeschwindigkeit des Speichers **27** schnell, d.h., eine Datenratenumwandlung wird ausgeführt. Die Taktrate der von dem Entzerrer **31** ausgegebenen Daten ist eine hohe Rate, und dann liest ein Speicher **34** die Daten mit hoher Geschwindigkeit. Die von dem Speicher **34** ausgegebenen Daten werden die Taktrate in die ursprüngliche Taktrate umwandeln, die der Eingangszustand des Speicher **27** ist.

[0085] Die von dem FFT **24** ausgegebenen komplexen Daten werden ebenfalls in einen Bezugssymbolfehlerdetektor **28** eingegeben. In diesem Detektor wird ein Vergleich zwischen einem empfangenen Bezugssymbol und einem durch einen Bezugssymbolgenerator **29** erzeugten Vergleichsbezugssymbol durchgeführt, um einen Amplitudenfehler und einen Phasenfehler jedes Trägers zu erfassen. Der Amplitudenfehler und der Phasenfehler werden an eine Korrekturschaltung **30** angelegt und durch Variationen korrigiert, die später zu beschreiben sind. Die korrigierten Amplituden- und Phasenfehler werden an Steueranschlüsse des Entzerrers **31** angelegt. Es sei bemerkt, dass der Bezugssymbolgenerator **29** Vergleichsbezugssymbole erzeugt, die n Bezugssymbolen entsprechen, die in dem zweiten Zeitschlitz eines Übertragungsrahmens übertragen werden.

[0086] Der Empfänger der vorliegenden Ausführungsform ist mit einem QPSK-Symbolfehlerdetektor **32**, einer Interpolationsschaltung **33** und der Korrekturschaltung **30** ausgestattet. Der QPSK-Symbolfehlerdetektor **32** erfasst Offsets jedes QPSK-Informationssymbols, die in den von dem Entzerrer **31** ausgegebenen Symboldaten enthalten sind, aus seinen dazugehörigen Amplituden- und Phasenwerte. Die erfassten Werte stellen Variationen in Amplitude und Phase eines empfangenen Signals aufgrund von Schwund dar.

[0087] Die Interpolationsschaltung **33** erhält interpolierte Variationen zum Entzerren von Informationssymbolen in Schlitze, in denen kein QPSK-Symbol übertragen wird, innerhalb der in dem Speicher **27** gehaltenen Informationssymbolregionen durch die Verwendung der erfassten Variationen von dem QPSK-Symbolfehlerdetektor **32**. Somit werden Variationen in Amplitude und Phase von der Zeit des Empfangs von Bezugssymbolen für jeden der Zeit-Frequenzschlitze erfasst, die in dem Speicher **27** gehalten werden.

[0088] Die Korrekturschaltung **30** korrigiert das Amplitudenfehlersignal und das Phasenfehlersignal, die durch den Bezugssymbolfehlerdetektor **28** erfasst wurden, mit den interpolierten Variationen von der Interpolationsschaltung **33**. Die korrigierten Amplituden- und Phasenfehlersignale werden an den Entzerrer **31** angelegt, um die Informationssymbole zu entzerren, die in dem Speicher **27** gehalten wurden.

[0089] Die von dem Entzerrer **31** ausgegebenen Symboldaten werden vorübergehend in einem Speicher **34** gehalten, die von dem Speicher **34** ausgegebenen Daten werden umgewandelt, um ihre Geschwindigkeit abzusenken, und dann an einen Demultiplexer **35** angelegt. Der Demultiplexer entfernt die Nullsymbole und die Bezugssymbole und gibt mehrwertige QAM-Informationssymbole und die QPSK-Informationssymbole getrennt aus.

[0090] Im Betrieb sei hier angenommen, dass Symboldaten des ersten Rahmens von dem Quadraturdetektor **23** und dem FFT **24** ausgegeben werden. Dann wird die erste Datenregion der Symboldaten des ersten Rahmens in dem Speicher **27** gehalten. An diesem Punkt führt der Bezugssymbolfehlerdetektor **28** einen Vergleich zwischen den empfangenen Bezugssymbolen in den demodulierten Symboldaten und den Vergleichsbezugssymbolen durch, um einen Amplitudenfehler und einen Phasenfehler jedes Trägers zu erfassen. Die resultierenden Amplituden- und Phasenfehlersignale werden an den Entzerrer **31** über die Korrekturschaltung **30** angelegt. In dem Entzerrer werden dadurch die Symboldaten in der in dem Speicher **27** gehaltenen ersten Datenregion einer Entzerrung basierend auf den Amplituden- und Phasenfehlersignalen unterzogen.

[0091] Wenn die entzerrten Symboldaten von dem Entzerrer **31** ausgegeben werden, erfasst der QPSK-Informationssymbolfehlerdetektor **32** Offsets der QPSK-Symbole in den Symboldaten aus ihren dazugehörigen Amplituden- und Phasenwerten. D.h., dass Variationen in Amplitude und Phase der empfangenen Wellen aufgrund von Schwund erfasst werden. Durch Verwenden der erfassten Variationen erhält die Interpolationsschaltung **33** interpolierte Variationen für Schlitze, in denen kein QPSK-Informationssymbol übertragen wird. Dadurch werden Variationen in Amplitude und Phase von Symbolen von der Zeit des Empfangs der Bezugssymbole für jeden der Zeit- und Frequenzschlitze in der in dem Speicher **27** gehaltenen Datenregion erfasst.

[0092] Wenn Amplituden- und Phasenvariationen in jedem Schlitz erfasst sind, korrigiert die Korrekturschaltung **30** den Amplitudenfehler und den Phasenfehler jedes Trägers, die durch den Bezugssymbolfehlerdetektor **28** erfasst wurden, durch die Amplituden- und Phasenvariationen. Die korrigierten Amplituden- und Phasenfehlersignale werden an den Entzerrer **31** angelegt. Dann werden in dem Entzerrer **31** alle Schlitze in der in dem Speicher **27** gehaltenen ersten Datenregion einer Entzerrung basierend auf den korrigierten Amplituden- und Fehlersignalen unterzogen.

[0093] Die entzerrten Symboldaten in der ersten Datenregion werden über den Speicher **34** in den Demultiplexer **35** eingegeben, wobei die Symboldaten in die mehrwertigen QAM-Informationssymbole und die QPSK-Informationssymbole für anschließende Anwendung auf eine nachfolgende Signalverarbeitungsschaltung getrennt werden, nachdem die Nullsymbole und die Bezugssymbole entfernt wurden.

[0094] Danach wird der oben beschriebenen Entzerrungsprozess wiederholt jedes Mal durchgeführt, wenn die nächste Datenregion von demodulierten Symboldaten in dem Speicher **27** gehalten wird. Bei jedem der anschließenden Entzerrungsprozesse werden Ausgaben der Korrekturschaltung **30**, die in dem letzten Zeitschlitz bei dem Entzerrungsprozess für die vorhergehende Datenregion erhalten wurden, als ihre Anfangswerte verwendet.

[0095] Daher werden in dem somit angeordneten Empfänger Variationen in Amplitude und Phase einer empfangenen Welle von mehreren QPSK-Informationssymbolen erfasst, die periodisch in die Informationssymboldatenregion eines Übertragungsrahmens eingefügt wurden, Amplituden- und Phasenfehler jedes Trägers, die von Bezugssymbolen erfasst wurden, werden durch die erfassten Amplituden und Phasenvariationen korrigiert, und eine Signalverlaufentzerrung wird an demodulierten Symboldaten durch die korrigierten Amplituden- und Phasenfehler durchgeführt. Dies ermöglicht, dass Amplitude- und Phasenvariationen aufgrund von Schwund ohne Einfügen einer großen Anzahl von Bezugssymbolen in einen Übertragungsrahmen korrigiert werden.

[0096] D.h., dass bei der vorliegenden Ausführungsform ein OFDM-Übertragungsrahmen erzeugt und übertragen wird, sodass Nullsymbole und Bezugssymbole lediglich am Anfang dieses Rahmens und QPSK-Informationssymbole in die Informationssymboldatenregion bei regelmäßigen Intervallen in sowohl Zeit als auch Frequenz angeordnet werden. In den Empfängern werden andererseits Amplituden- und Phasenfehler jedes Trägers von den aus den am Anfang dieses Übertragungsrahmens angeordneten Bezugssymbolen erfasst, Variationen in Amplitude und Phase einer empfangenen Welle werden von dem QPSK-Informationssymbolen erfasst, die Amplituden- und Phasenfehler jedes von dem Bezugssymbolen erfassten Trägers werden durch die erfassten Amplituden- und Phasenvariationen korrigiert, um korrigierte Amplituden- und Phasenfehlersignale zu erzeugen, und demodulierte Symboldaten werden durch die korrigierten Amplituden- und Phasenfehler-

signale entzerrt.

[0097] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform können daher ohne Einfügen irgendeines Bezugssymbols in die Informationssymboldatenregion eines Übertragungsrahmens Variationen in Amplitude und Phase von demodulierten Symboldaten aufgrund von Schwund sicher entzerrt werden, um Informationssymboldaten korrekt zu reproduzieren. D.h., dass sowohl mehrwertige QAM-Informationssymbole als auch QPSK-Informationssymbole zur Informationsübertragung benutzt werden können.

[0098] Das mehrwertige QAM-Informationssymbol und das QPSK-Symbol können als High-Level-Daten bzw. Low-Level-Daten von hierarchisch strukturierten Daten übertragen werden. Außerdem können das QAM-Informationssymbol und das QPSK-Informationssymbol Daten von unabhängigen Arten sein.

[0099] Somit wird es möglich, die gesamte Informationssymboldatenregion zur Informationsübertragung zu verwenden, was zu erhöhtem Informationsübertragungswirkungsgrad führen wird. D.h., dass eine Informationsübertragung von hoher Qualität und hohem Wirkungsgrad verwirklicht werden kann, sogar wenn schwundbehaftete Übertragungskanäle, wie bei mobilen Kommunikationssystemen, verwendet werden.

[0100] In den Sender werden die QPSK-Informationssymbole in regelmäßigen Intervallen zur Übertragung eingefügt, und in dem Empfänger werden durch die QPSK-Informationssymbole erfassten Amplituden- und Phasenvariationen verwendet, um Amplituden- und Phasenvariationen der mehrwertigen QAM-Informationssymbole zu interpolieren. Aus diesem Grund wird es möglich, eine optimale Entzerrung an jedem der Informationssymbole durchzuführen. Außerdem kann eine Übertragungsverlauf mit hoher Rate basierend auf dem mehrwertigen QAM-System beibehalten werden.

[0101] Fig. 5 zeigt zusammen die Hauptteile des oben beschriebenen Empfängers und Senders.

[0102] Ein Multiplexerabschnitt **101** bildet einen Übertragungsrahmen, bei dem eine Mehrzahl von Schlitzen zweidimensional entlang der Zeit- und Frequenzachsen angeordnet sind, fügt Bezugssymbole in beschränkte Schlitze in dem Übertragungsrahmen ein, und fügt PSK-Informationssymbole, die PSK-Modulation unterzogen werden, und Informationssymbole, die einer anderen digitalen Modulation als der PSK-Modulation unterzogen werden, in die anderen Schlitze in dem Übertragungsrahmen in einer vorbestimmten Positionsbeziehung mit Bezug zueinander ein, wodurch die Bezugssymbole, die PSK-Informationssymbole und die Informationssymbole multiplext werden. Ein Modulationsabschnitt **102** unterzieht den Übertragungsrahmen einer OFDM-Modulation. Ein Übertragungsabschnitt **103** unterzieht Ausgangssignalen des Modulationsabschnitts einer orthogonalen Modulation zur Übertragung. In dem Empfänger empfängt andererseits ein Empfangsabschnitt **111** das OFDM-modulierte Signal und demoduliert es, um orthogonale demodulierte Signale zu erhalten. Ein Demodulationsabschnitt **112** unterzieht die demodulierten Signale von dem Empfangsabschnitt der OFDM-Demodulation, um demodulierte Signale zu erhalten. Die Amplitude und Phase jedes Symbols in den demodulierten Signalen werden in einen Entzerrungsabschnitt **113** entzerrt.

[0103] Ein Fehlererfassungsabschnitt **114** erfasst Amplituden- und Phasenfehler von Trägern auf der Grundlage der Bezugssymbole in den von dem Demodulationsabschnitt **112** ausgegebenen demodulierten Signalen. Andererseits erfasst ein Variationserfassungsabschnitt **115** Amplituden- und Phasenvariationen des empfangenen Signals auf der Grundlage der PSK-Informationssignale in den von dem Entzerrungsabschnitt **113** ausgegebenen demodulierten Signalen. Ein Korrekturinformationserzeugungsabschnitt **116** erzeugt Korrekturinformation auf der Grundlage der Amplituden- und Phasenfehler der Träger und der Amplituden- und Phasenvariationen des empfangenen Signals und liefert sie an den Entzerrungsabschnitt **113**. Gute PSK-Informationssymbole und Informationssymbole, die der Entzerrung in dem Entzerrungsabschnitt **113** unterzogen wurden, werden durch einen Trennungsabschnitt **117** getrennt.

[Zweite Ausführungsform]

[0104] Die zweite Ausführungsform ist eine Verbesserung gegenüber der ersten Ausführungsform und unterzieht QPSK-Informationssymbole, die in der Informationssymboldatenregion mit gleichen Beabstandungen in Zeit und Frequenz angeordnet sind, einer Differentialcodierung zur Übertragung.

[0105] Fig. 6 und Fig. 7 zeigen Übertragungsrahmenformate, die das OFDM-Übertragungssystem gemäß der zweiten Ausführungsform verwenden. Es sei bemerkt, dass lediglich die wirksame Symbolregion in diesen Figuren gezeigt ist.

[0106] Bei dem OFDM-Übertragungssystem von Fig. 6 werden Bezugssymbole in dem zweiten Zeitschlitz des Rahmens als die Grundlage der Differentialcodierung benutzt. Jedes QPSK-Informationssymbol in der Informationssymbodatenregion wird sequentiell einer Differentialcodierung in der durch Pfeile angegebenen Richtung, d.h. entlang der Zeitachse, unterzogen. Dieses Übertragungssystem ist vorteilhaft, wenn Variationen in einem Kanal über die Zeit klein sind.

[0107] Andererseits wird bei dem OFDM-Übertragungssystem von Fig. 7 ein Bezugssymbol, das durch einen Träger der niedrigsten Frequenz übertragen wird, als die Grundlage der Differentialcodierung benutzt. Jedes QPSK-Informationssymbol in der Informationssymboldatenregion wird sequentiell einer Differentialcodierung entlang der Frequenzachse unterzogen, wie durch Pfeile angegeben ist. Dieses Übertragungssystem ist vorteilhaft, wenn Variationen in einem Kanal mit der Frequenz klein sind.

[0108] Andere Differentialcodierverfahren sind möglich. D.h., dass die Anordnung von QPSK-Informationssymbolen und die Richtung der Differentialcodierung gemäß den Eigenschaften der Übertragungskanäle variieren kann.

[0109] Fig. 8 ist ein Blockdiagramm eines OFDM-Senders, der auf ein derartiges System zum Übertragen von QPSK-Informationssymbole durch Differentialcodierung angepasst ist. In dieser Figur werden gleiche Bezugsziffern verwendet, um Teile zu bezeichnen, die denen in dem Sender von Fig. 3 entsprechen, und eine ausführliche Beschreibung derselben wird weggelassen.

[0110] Zwischen dem Multiplexer **11** und dem IFFT **14** ist ein Differentialcodierer **42** angeordnet, dem ein Speicher **41** vorausgeht. Der Speicher **41** speichert vorübergehend multiplexte Symboldaten, die von dem Multiplexer **1** ausgegeben wurden, zur anschließenden Differentialcodierung. Der Differentialcodierer **42** codiert differentiell QPSK-Informationssymbole in den aus dem Speicher **41** gelesenen multiplexten Symboldaten entlang der Zeitachse oder Frequenzachse, wobei ein Bezugssymbol oder -symbole als die Grundlage der Differentialcodierung verwendet wird/werden.

[0111] Durch Verwenden eines derartigen Senders wird jedes in den Informationssymboldaten angeordnete QPSK-Informationssymbol eines Rahmens sequentiell in differentiell codierter Form übertragen. Bei einem Empfänger zum Empfangen eines derartigen Übertragungsrahmens kann daher ein Differentialdetektor verwendet werden, um die QPSK-Informationssymbole zu demodulieren. Dies wird ebenfalls ermöglichen, dass eine einfache Art eines Empfängers implementiert werden kann, der ausgestaltet ist, um lediglich die QPSK-Informationssymbole zu empfangen.

[Dritte Ausführungsform]

[0112] Die dritte Ausführungsform ist bestimmt, eine einfache Art von Empfänger zum Empfangen lediglich von QPSK-Information durch differentielle Codierung der QPSK-Informationssymbole beim Übertragen hierarchisch bezogener Daten oder unabhängiger Daten durch mehrwertige QAM-Informationssymbole und den QPSK-Informationssymbolen zu implementieren.

[0113] Fig. 9 ist ein Blockdiagramm eines Empfängers, der für ein OFDM-Übertragungssystem gemäß der dritten Ausführungsform angepasst ist. In dieser Figur werden gleiche Bezugsziffern verwendet, um Teile zu bezeichnen, die denen in dem Empfänger von Fig. 4 entsprechen, und eine ausführliche Beschreibung derselben wird weggelassen.

[0114] Bei diesem Empfänger werden Symboldaten, d.h. komplexe Daten, die von dem FFT **24** ausgegeben werden, vorübergehend in einem Speicher **51** gespeichert und dann in einen Differentialdetektor **52** eingegeben. Bei diesem Detektor wird eine Differentialerfassung an den QPSK-Informationssymbolen in dem in dem Speicher **51** gespeicherten Symboldaten durch Verwenden des aktuellen Symbols und des vorhergehenden Symbols in der Reihenfolge der Differentialcodierung durchgeführt. Die von dem Differentialdetektor **52** ausgegebenen Symboldaten werden an den Demultiplexer **37** angelegt, wobei lediglich die demodulierten QPSK-Informationssymbole selektiv ausgegeben werden.

[0115] Durch Veranlassen, dass die mehrwertigen QAM-Informationssymbole und die QPSK-Informationssymbole unabhängige Daten führen und die QPSK-Informationssymbole differentiell auf diese Art und Weise codieren, kann eine einfachere Art von Empfänger aufgebaut werden, der lediglich die differentiell codierten QPSK-Informationssymbole durch Differentialerfassung demoduliert. Diese Art von Empfänger würde beispielsweise ein Funkrufempfänger (pager) sein.

[Vierte Ausführungsform]

[0116] Gemäß der vierten Ausführungsform wird bei einem OFDM-Empfänger ein regeneratives Trägerfrequenzsteuersignal auf der Grundlage des Ergebnisses der Erfassung von Variationen in der Phase von QPSK-Informationssymbolen erzeugt, und das Frequenzsteuersignal wird an einen Quadraturdetektor zurückgespeist, um dadurch eine variable Steuerung der regenerativen Trägerfrequenz zu ermöglichen.

[0117] Fig. 10 ist ein Blockdiagramm eines OFDM-Empfängers gemäß der vierten Ausführungsform. In dieser Figur werden gleiche Bezugsziffern verwendet, um Teile zu bezeichnen, die denen in dem Empfänger von Fig. 4 entsprechen, und eine ausführliche Beschreibung derselben wird weggelassen.

[0118] In Fig. 10 werden durch einen QPSK-Symbolfehlerdetektor **61** erfasste Variationen in eine Mittelwertbildungsschaltung **62** eingegeben, bei der Mit-

telwerte genommen werden. Ein Ausgangssignal der Mittelwertbildungsschaltung **62** wird in einem Addierer **63** zu einem Frequenzfehlersignal von der AFC-Schaltung **25** hinzuaddiert, um dadurch ein Frequenzsteuersignal zu erzeugen. Das Frequenzsignal wird an den Steueranschluss eines Lokaloszillators des Quadraturdetektors **23** angelegt. Somit wird die regenerative Trägerfrequenz nicht nur durch die von der AFC-Schaltung **25** erzeugte Frequenzfehlerinformation sondern ebenfalls durch Variationen in der Phase von QPSK-Informationssymbolen gesteuert.

[0119] Hier werden Phasenvariationen von QPSK-Informationssymbolen nicht nur durch Variationen in den Übertragungskanälen sondern ebenfalls durch einen Frequenzfehler des regenerativen Trägers erzeugt. Eine Änderung in der Phase aufgrund von Schwund ist zufällig, wobei jedoch eine Änderung in der Phase aufgrund eines Trägerfrequenzfehlers für alle Träger konstant ist. Somit kann durch Mittelwertbildung der durch den QPSK-Symbolfehlerdetektor **61** erhaltenen Fehlersignale ein Fehler der regenerativen Trägerfrequenz erfasst werden. Durch Addieren eines Signals, das den Frequenzfehler darstellt, zu einem Ausgangssignal der AFC-Schaltung **25** und anschließendes Anlegen an den Steuerabschnitt des Lokaloszillators des Quadraturdetektors **23**, kann eine genauere Frequenzsynchronisation des regenerativen Trägers erzielt werden.

[Fünfte Ausführungsform]

[0120] Gemäß der fünften Ausführungsform wird bei der einfachen Art von Empfänger, der zuvor als die dritte Ausführungsform beschrieben wurde, der lediglich QPSK-Informationssymbole empfängt, ein regeneratives Trägerfrequenzsteuersignal auf der Grundlage von Variationen in der Phase von demodulierten QPSK-Informationssymbolen erzeugt und dann zu dem Quadraturdetektor zurückgeführt, wodurch eine variable Steuerung der regenerativen Trägerfrequenz durchgeführt wird.

[0121] Fig. 11 ist ein Blockdiagramm eines OFDM-Empfängers gemäß der fünften Ausführungsform. In dieser Figur werden gleiche Bezugsziffern verwendet, um Teile zu bezeichnen, die denen in dem Empfänger von Fig. 9 entsprechen, und eine Beschreibung derselben wird weggelassen.

[0122] In Fig. 11 verzweigt der Ausgang des Differentialdetektors zu einem Frequenzfehlerdetektor **71**, der eine Änderung in der Phase über die Zeit mit durch Differentialerfassung demodulierten QPSK-Informationssymbolen erfasst. Die Ausgaben des Frequenzfehlerdetektors **71** werden durch eine Mittelwertbildungsschaltung **72** gemittelt. Ein Ausgangssignal der Mittelwertbildungsschaltung **72** wird zu der Ausgabe der ARC-Schaltung **25** in einem Addierer **73** addiert, dessen Ausgabe mit dem Quadraturdetektor **23** gekoppelt ist.

[0123] In dem somit angeordneten Empfänger werden Variationen in der Frequenz des regenerativen Trägers durch Variationen in der Phase von der QPSK-Informationssymbol erfasst, und dann wird die Frequenz des regenerativen Trägers demgemäß korrigiert. Somit kann eine genaue Frequenzsynchronisation des regenerativen Trägers erzielt werden.

[Weitere Ausführungsformen]

[0124] Das OFDM-Übertragungssystem der Erfindung kann auf die folgenden Weisen verkörpert sein.

[0125] Fig. 12 bis Fig. 16 zeigen Übertragungsrahmenformate der jeweiligen Ausführungsformen.

[0126] Zuerst ist ein in Fig. 12 gezeigtes System mit der in Fig. 2 gezeigten ersten Ausführungsform in der Trägerfrequenzzuordnung für QPSK-Informationssymbole identisch, wobei jedoch die QPSK-Informationssymbole entlang der Zeitachse gestaffelt sind. Gemäß diesem System werden, obwohl die Anzahl von QPSK-Informationssystemen je Zeitschlitz verringert ist, sie in allen Zeitschlitzen übertragen. Somit können Variationen in den Übertragungskanälen wirksam erfasst werden, wenn sie in der Frequenzrelation klein, jedoch in der Zeitrelation groß sind.

[0127] Als nächstes ist das System von Fig. 13 mit der ersten Ausführungsform von Fig. 2 in der Zeitschlitzordnung für QPSK-Informationssymbole identisch, wobei jedoch die QPSK-Informationssymbole in der Frequenz gestaffelt sind. Gemäß diesem System werden, obwohl die Anzahl von QPSK-Symbolen je Frequenzschlitz verringert ist, die Symbole in allen Frequenzschlitzen übertragen. Somit können Variationen in Übertragungskanälen wirksam erfasst werden, wenn sie in der Zeit klein, jedoch in der Frequenz groß sind.

[0128] Abhängig von den Übertragungswegeigenschaften kann eine kombinierte Verwendung des in Fig. 12 gezeigtes System, bei dem QPSK-Informationssymbole in allen Zeitschlitzen übertragen werden, und des in Fig. 13 gezeigten Systems, bei dem QPSK-Informationssymbole in allen Frequenzschlitzen übertragen werden, durchgeführt werden.

[0129] Das in Fig. 14 gezeigte System ist im Wesentlichen das gleiche wie das der ersten Ausführungsform, weil die QPSK-Informationssymbole gleichmäßig in Zeit und Frequenz beabstandet sind, wobei es sich jedoch dadurch unterscheidet, dass QPSK-Informationssysteme von gegebenen Frequenzen kontinuierlich in der Zeit übertragen werden.

[0130] Die Verwendung dieses Systems, um einen Rahmen zu übertragen, ermöglicht dem Empfänger,

Änderungen in den QPSK-Informationssymbolen über die Zeit bei gegebenen Trägern kontinuierlich und korrekt zu erfassen. Somit wird es möglich, Variationen in Übertragungskanaleigenschaften korrekter als bei der ersten Ausführungsform zu erfassen. Wenn es einen regenerativen Trägerfrequenzfehler in dem Empfänger gibt, dann wird eine Phasenrotation in demodulierten Ausgaben auftreten, wenn Variationen eines gegebenen Trägers mit Bezug auf die Zeit beobachtet werden. Somit ermöglicht die kontinuierliche Übertragung von QPSK-Informationssymbolen in gegebenen Frequenzschlitzen, wie in Fig. 14 gezeigt ist, dass der regenerative Trägerfrequenzfehler genauer als bei der ersten Ausführungsform erfasst werden kann.

[0131] Das in Fig. 15 gezeigte System unterscheidet sich von dem System von Fig. 13 dadurch, dass PQSK-Symbole bei gegebenen Trägern kontinuierlich in der Zeit übertragen werden. Wie bei dem in Verbindung mit Fig. 14 beschriebenen System ermöglicht dieses System ebenfalls, dass der regenerative Trägerfrequenzfehler genauer erfasst werden kann.

[0132] Schließlich unterscheidet sich das in Fig. 16 gezeigte System von dem System von Fig. 12 dadurch, dass PQSK-Informationssymbole bei gegebenen Trägern kontinuierlich in der Zeit übertragen werden. Wie bei dem in Verbindung mit Fig. 13 beschriebenen System ermöglicht dieses System ebenfalls, dass der regenerative Trägerfrequenzfehler genauer erfasst werden kann.

[0133] Die Erfindung ist nicht auf die oben beschriebenen Ausführungsformen begrenzt. Beispielsweise können, obwohl die Ausführungsformen mit QPSK-Informationssymbolen und mehrwertigen QAM-Informationssymbolen als Informationssymbole beschrieben wurden, die QPSK-Symbole mit anderen PSK-Symbolen, wie beispielsweise 8PSK-Symbole, 16PSK-Symbole oder dergleichen, abhängig von Übertragungskanalbedingungen ersetzt werden. Außerdem können die mehrwertigen QAM-Informationssysteme mit Informationssymbolen basierend auf einem anderen Modulationsverfahren oder mehreren Modulationsverfahren ersetzt werden.

[0134] Die Anzahl von Zeitschlitzen und Frequenzschlitzen in einem Übertragungsrahmen und die Anordnung des Senders und Empfängers kann auf noch andere Arten und Weisen ohne Abweichen von dem Schutzumfang der Erfindung modifiziert werden.

[0135] Wie oben beschrieben ist, ist bei dem OFDM-Übertragungssystem der Erfindung an dem Übertragungsende ein Übertragungsrahmen aufgebaut, der übertragen wird, sodass eine Mehrzahl von Schlitzen zweidimensional in Zeit und Frequenz angeordnet sind, Bezugssymbole in vorbestimmte Schlitze in den Übertragungsrahmen eingefügt werden, und eine Mehrzahl von Informationssymbolen, die durch mehrere digitale Modulationsverfahren, einschließlich mindestens des PSK-Modulationsverfahrens, moduliert werden, in die anderen Schlitze in einer vorbestimmten Positionsbeziehung abhängig von den digitalen Modulationsverfahren eingefügt werden, und an dem Empfangsende Variationen in Amplitude und Phase eines empfangenen Signals auf der Grundlage der PSK-Symbole in dem empfangenen Übertragungsrahmen erfasst werden, um die Bezugssymbole in dem Übertragungsrahmen zu korrigieren, und die Informationssymbole auf der Grundlage der korrigierten Bezugssymbole demoduliert werden.

[0136] Erfindungsgemäß werden daher OFDM-Übertragungssysteme, die für mobile Kommunikationssysteme geeignet sind, und Sender und Empfänger zur Verwendung mit den Systemen bereitgestellt, die ermöglichen, dass mehrwertige modulierte Symbole sogar in schwundbehafteten Umgebungen sicher demoduliert werden können, und dass die Menge von übertragenen Bezugsdaten verringert werden kann, um dadurch den Datenübertragungswirkungsgrad zu verbessern.

Patentansprüche

1. OFDM-Übertragungssystem zur Funkübertragung von Information von einem Sender zu einem Empfänger mit OFDM-Modulation, **dadurch gekennzeichnet**, dass
der Sender (**101**–**103**) zum Übertragen von Information angeordnet ist, sodass ein Übertragungsframe konfiguriert ist, bei dem eine Mehrzahl von Schlitzen zweidimensional entlang Zeit- und Frequenzachsen angeordnet ist, wobei Bezugssymbole in vorbestimmte beschränkte Schlitze in dem Übertragungsframe eingefügt sind, und PSK-Informationssymbole, die mindestens einer PSK-Modulation unterzogen wurden, und Informationssymbole, die einer von der PSK-Modulation unterschiedlichen digitalen Modulation unterzogen wurden, in die anderen Schlitze in einer ausgewählten Positionsbeziehung mit Bezug zueinander eingefügt sind, und
der Empfänger (**111**–**116**) zum Empfangen der Information angeordnet ist, sodass Variationen in der Amplitude und Phase eines empfangenen Signals von den PSK-Informationssymbolen in dem Übertragungsframe erfasst werden, wobei die Bezugzsymbole in dem Übertragungsframe auf der Grundlage von erfassten Variationen in der Amplitude und Phase des empfangenen Signals korrigiert und die empfangenen Informationssymbole auf der Grundlage der korrigierten Bezugssymbole demoduliert werden.

2. System gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Sender angepasst ist, um die

PSK-Informationssymbole in Schlitze des Übertragungsframes einzufügen, die in Zeit und Frequenz gleichmäßig beabstandet sind.

3. System gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Sender angepasst ist, um die PSK-Informationssymbole in Schlitze des Übertragungsframes einzufügen, die gleichmäßig entlang der Zeitachse beabstandet sind, jedoch über die Zeit entlang der Frequenzachse variiert werden.

4. System gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Sender angepasst ist, um die PSK-Informationssymbole in Schlitze des Übertragungsframes einzufügen, die gleichmäßig in der Frequenz beabstandet sind, jedoch über die Frequenz entlang der Zeitachse variiert werden.

5. System gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Sender angepasst ist, um die PSK-Informationssymbole in einem vorbestimmten Frequenzsschlitz in dem Übertragungsframe kontinuierlich in der Zeit zu übertragen.

6. System gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Sender angepasst ist, um die PSK-Informationssymbole differentiell zu codieren, wobei die Bezugssymbole als Grundlage der Differentialcodierung verwendet werden.

7. Sender für ein OFDM-Übertragungssystem zur Funkübertragung von Information von einem Sender zu einem Empfänger mit OFDM-Modulation, umfassend:
ein Multiplexmittel (**11**) zum Multiplexen von Bezugssymbolen, PSK-Informationssymbolen, die mindestens einer PSK-Modulation unterzogen wurden, und Informationssymbolen, die einer von der PSK-Modulation unterschiedlichen digitalen Modulation unterzogen wurden, durch Konfigurieren eines Übertragungsframes, sodass eine Mehrzahl von Schlitzen zweidimensional entlang Zeit- und Frequenzachsen angeordnet ist, wobei die Bezugssymbole in vorbestimmte beschränkte Schlitze in dem Übertragungsframe eingefügt sind, und die PSK-Informationssymbole und die Informationssymbole in die anderen Schlitzen des Übertragungsframes in einer vorbestimmten Positionsbeziehung mit Bezug zueinander eingefügt sind;
ein OFDM-Modulationsmittel (**14**) zum OFDM-Modulieren des durch das Multiplexmittel konfigurierten Übertragungsframes; und
ein Übertragungsmittel (**15-18**) zum orthogonalen Modulieren von Ausgangssignalen des OFDM-Modulationsmittels zur Übertragung.

8. Sender gemäß Anspruch 7, gekennzeichnet ferner durch ein Differentialcodiermittel (**41**, **42**) zwischen dem Multiplexmittel (**11**) und dem OFDM-Modulationsmittel (**14**) zum differentiellen Codieren der PSK-Informationssymbole in dem durch das Multiplexmittel konfigurierten Übertragungsframe.

9. Empfänger für ein OFDM-Übertragungssystem zur Funkübertragung von Informationen von einem Sender zu einem Empfänger durch OFDM-Modulation mittels mehrerer Träger, umfassend:
ein Empfangsmittel (**21**, **22**, **23**) zum Empfangen und orthogonalen Demodulieren eines OFDM-modulierten Signals, um ein orthogonales demoduliertes Signal wiederherzustellen,
wobei das OFDM-modulierte Signal ein Übertragungsframe aufweist, bei dem eine Mehrzahl von Schlitzen zweidimensional entlang Zeit- und Frequenzachsen angeordnet ist, Bezugssymbole in vorbestimmte beschränkte Schlitze eingefügt sind und PSK-Informationssymbole, die mindestens einer PSK-Modulation unterzogen wurden, und Informationssymbole, die einer anderen digitalen Modulation als der PSK-Modulation unterzogen wurden, in die anderen Schlitze in einer vorbestimmten Positionsbeziehung mit Bezug zueinander eingefügt sind;
ein OFDM-Demodulationsmittel (**24**) zum OFDM-Demodulieren des orthogonalen demodulierten Signals von dem Empfangsmittel, um ein demoduliertes Signal zu erhalten;
ein Entzerrungsmittel (**27**, **31**) zum Entzerren der Amplitude und Phase jedes Symbols in dem demodulierten Signal von dem OFDM-Demodulationsmittel;
ein Fehlererfassungsmittel (**28**, **29**) zum Erfassen von Amplitudenfehlern und Phasenfehlern der mehreren Träger aus den Bezugssymbolen in dem demodulierten Signal, das von dem OFDM-Demodulationsmittel ausgegeben wird;
ein Variationserfassungsmittel (**32**, **33**) zum Erfassen von Variationen in Amplitude und Phase eines empfangenen Signals aus den PSK-Informationssymbolen in dem durch das von dem Entzerrungsmittel entzerrten demodulierten Signal; und
ein Korrekturinformationserzeugungsmittel (**30**) zum Erzeugen von Korrekturinformation aus den Amplitudenfehlern und Phasenfehlern der mehreren Träger, die durch das Fehlererfassungsmittel erfasst werden, und den Variationen in der Amplitude und Phasen des empfangenen Signals, die durch das Variationserfassungsmittel erfasst werden,
wobei das Entzerrungsmittel (**31**) von der Korrekturinformation von dem Korrektur-Informationserzeugungsmittel abhängt, um die Amplitude und Phase der Symbole in dem demodulierten Signal zu korrigieren, das von dem OFDM-Demodulationsmittel ausgegeben wird.

10. Empfänger gemäß Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Variationserfassungsmittel (**32**, **33**) ein Amplituden- und Phasenvariationserfassungsmittel (**32**) zum Erfassen von Variationen in der Amplitude und Phase eines empfangenen Signals aus dem PSK-Informationssymbolen in dem demodulierten Signal, das von dem Entzerrungsmittel (**31**)

ausgegeben wird, und ein Interpolationsmittel (**33**) zum Suchen von Variationen in der Amplitude und Phase für von den PSK-Informationssymbolen unterschiedlichen Informationssymbole durch Interpolation auf der Grundlage der Ausgabe des Amplituden- und Phasenvariationserfassungsmittels (**32**) aufweist.

11. Empfänger gemäß einem der Ansprüche 9 und 10, ferner gekennzeichnet durch ein Frequenzssteuermittel (**62**) zur Mittelwertbildung von Phasenvariationen, die durch das Variationserfassungsmittel erfasst werden, um ein Frequenzssteuersignal zu erzeugen und es an das Empfangsmittel zu liefern, und dadurch die Frequenz eines regenerativen Trägers zu steuern.

12. Empfänger für ein Übertragungssystem zur OFDM-Modulation eines Übertragungsframes, bei dem eine Mehrzahl von PSK-Informationssymbolen abwechselnd in eine Informationssymboleingefügte Region eingefügt sind und die PSK-Informationssymbole einer Differentialcodierung zur Funkübertragung von einem Sender zu einem Empfänger unterzogen werden, gekennzeichnet durch:
ein Empfangsmittel (**21**, **22**, **23**) zum Empfangen und orthogonalen Demodulieren eines OFDM-modulierten Signals;
ein OFDM-Demodulationsmittel (**24**) zum OFDM-Demodulieren eines orthogonalen demodulierten Signals aus dem Empfangsmittel; und
ein verzögertes Erfassungsmittel (**51**, **52**) zum Demodulieren von PSK-Symbolen in einem demodulierten Signal aus den OFDM-Demodulationsmittel durch verzögerte Erfassung.

13. Empfänger gemäß Anspruch 12, ferner gekennzeichnet durch ein Frequenzvariationserfassungsmittel (**71**) zur Erfassung von Variationen in der Frequenz eines empfangenen Signals aus den PSK-Informationssymbolen, die durch das verzögerte Erfassungsmittel demoduliert werden, und ein Frequenzsteuermittel (**72**, **73**) zur Mittelwertbildung von Frequenzvariationen, die durch das Frequenzvariationserfassungsmittel erfasst werden, um ein Frequenzsteuersignal zu erzeugen und es an das Empfangsmittel zu liefern, um die Frequenz eines regenerativen Trägers zu steuern.

Es folgen 16 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

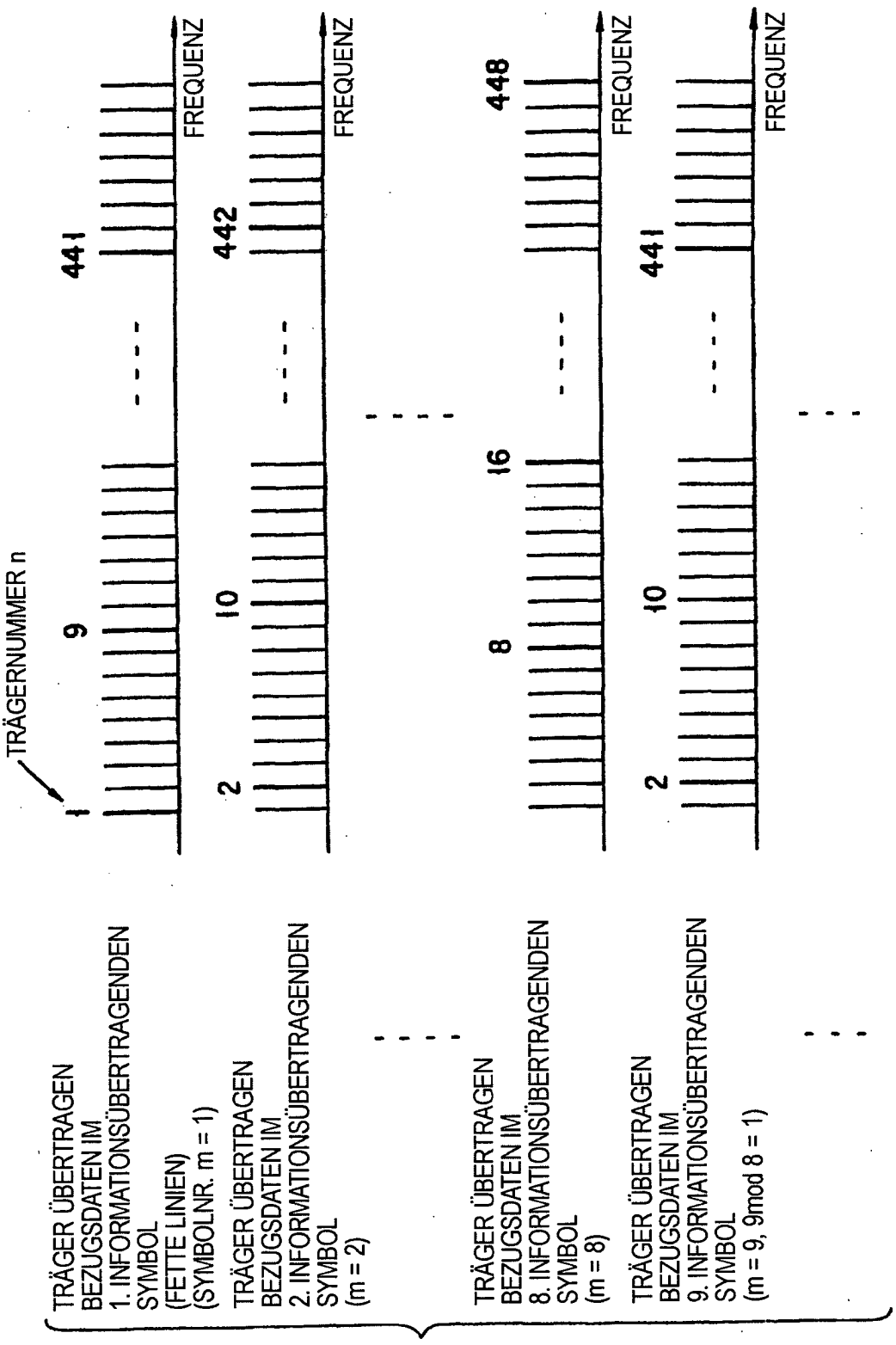


FIG. 1

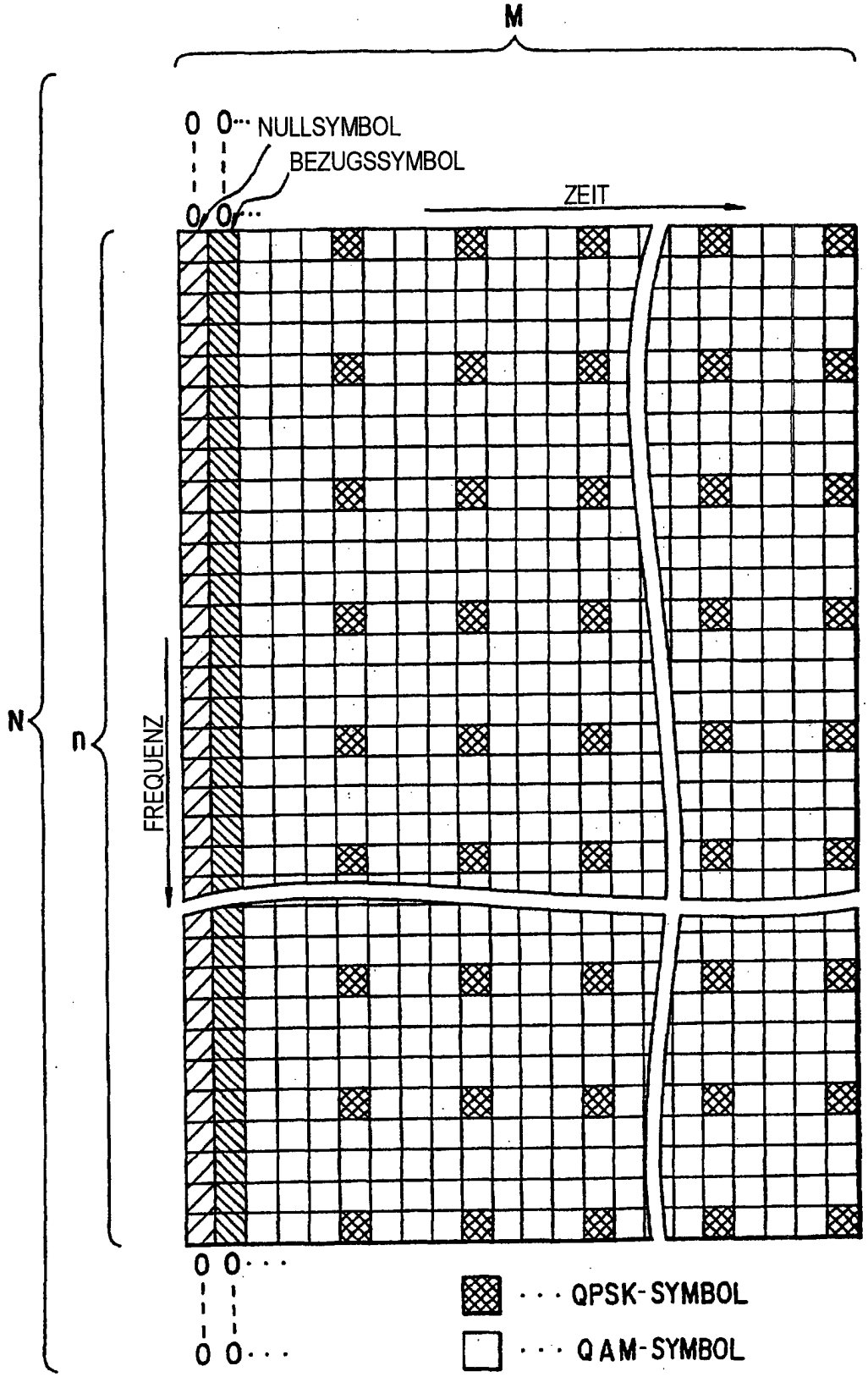

M
N
n
0 0··· NULLSYMBOL
BEZUGSSYMBOL
0 0···
ZEIT
FREQUENZ
0 0···
0 0···
··· QPSK-SYMBOL
··· QAM-SYMBOL

FIG. 2

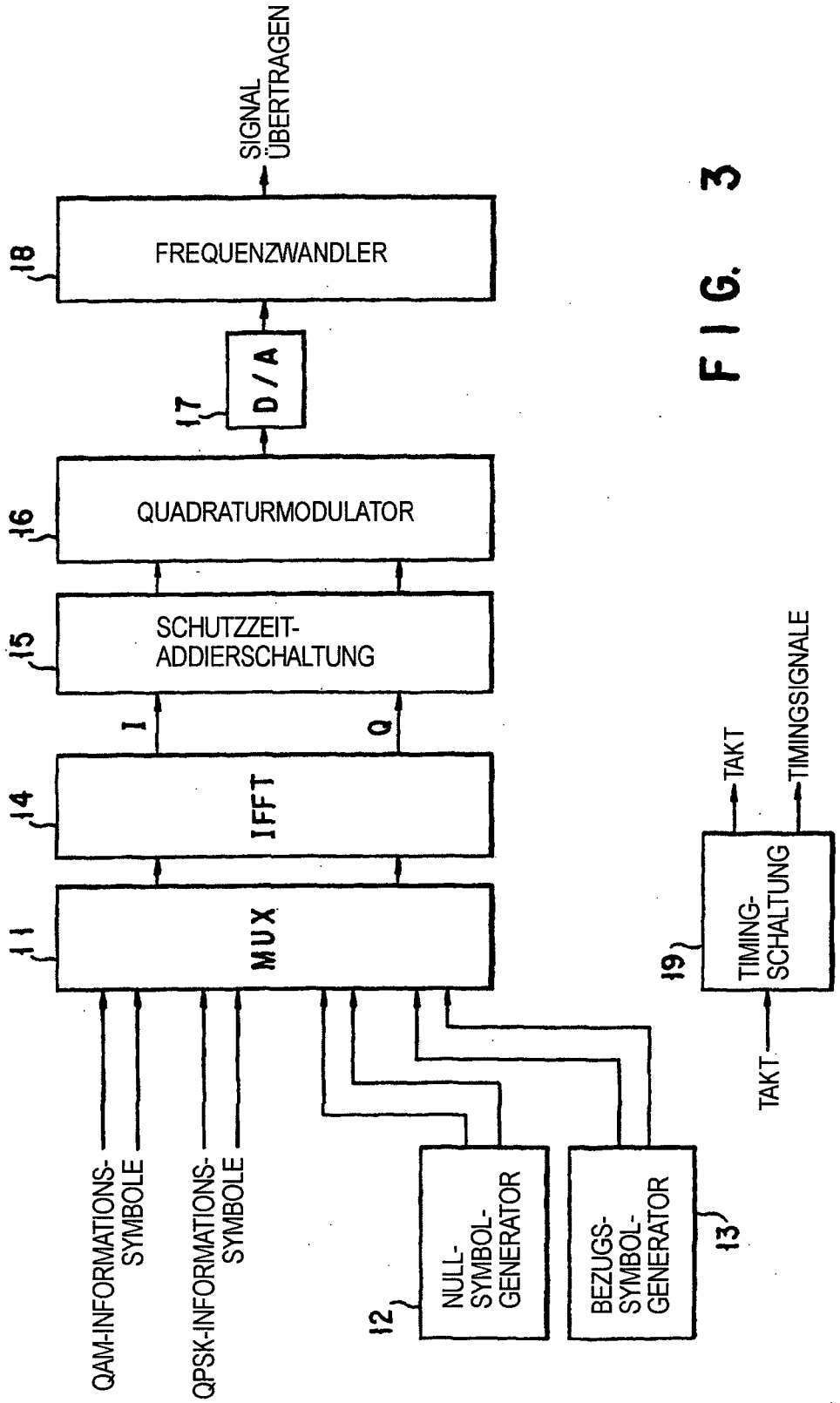
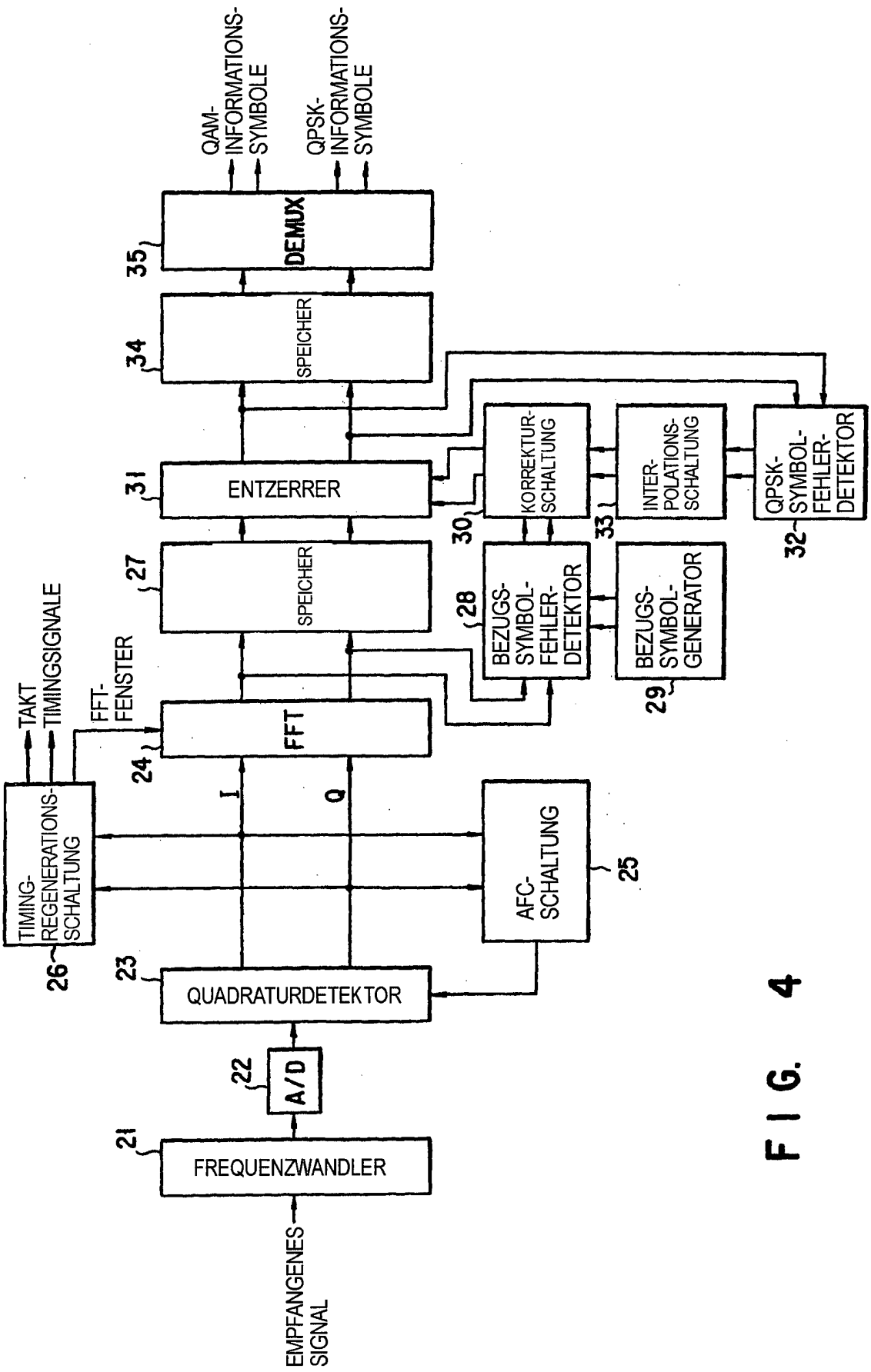

SIGNAL ÜBERTRAGEN
FREQUENZWANDLER
18
D/A
17
QUADRATURMODULATOR
16
SCHUTZZEIT-ADDIERSCHALTUNG
15
I
Q
IFFT
14
MUX
11
QAM-INFORMATIONS-SYMBOLE
QPSK-INFORMATIONS-SYMBOLE
NULL-SYMBOL-GENERATOR
12
BEZUGS-SYMBOL-GENERATOR
13
TIMING-SCHALTUNG
19
TAKT
TIMINGSIGNALE
TAKT

FIG. 3


QAM-INFORMATIONS-SYMBOLE
QPSK-INFORMATIONS-SYMBOLE
DEMUX
35
SPEICHER
34
ENTZERRER
31
KORREKTUR-SCHALTUNG
30
INTER-POLATIONS-SCHALTUNG
33
QPSK-SYMBOL-FEHLER-DETEKTOR
32
SPEICHER
27
BEZUGS-SYMBOL-FEHLER-DETEKTOR
28
BEZUGS-SYMBOL-GENERATOR
29
TAKT
TIMINGSIGNALE
FFT-FENSTER
FFT
24
I
Q
TIMING-REGENERATIONS-SCHALTUNG
26
AFC-SCHALTUNG
25
QUADRATURDETEKTOR
23
A/D
22
FREQUENZWANDLER
21
EMPFANGENES SIGNAL

F I G. 4

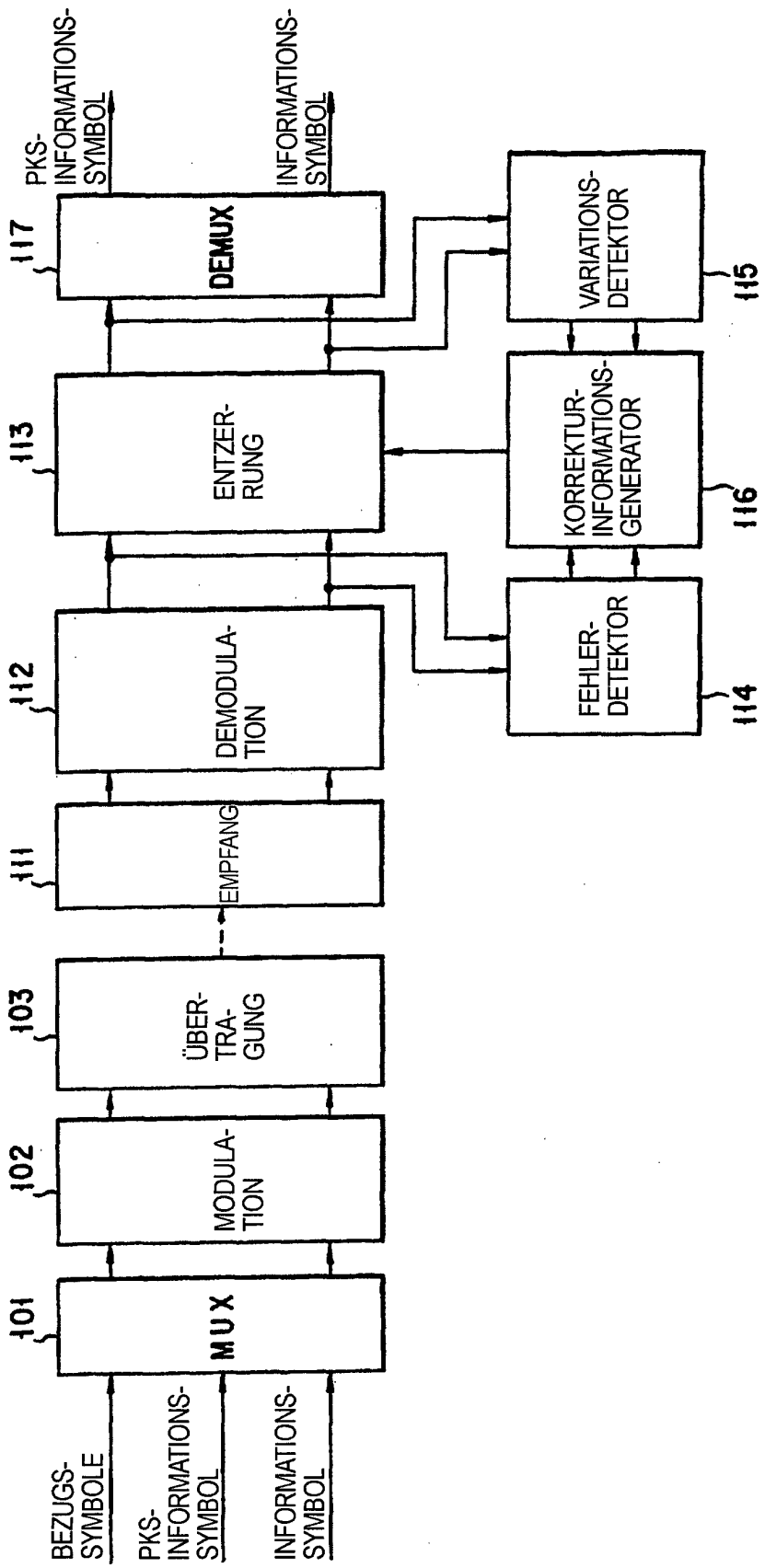

BEZUGS-SYMBOLE
PKS-INFORMATIONS-SYMBOL
INFORMATIONS-SYMBOL
101
MUX
102
MODULA-TION
103
ÜBER-TRA-GUNG
111
EMPFANG
112
DEMODULA-TION
113
ENTZER-RUNG
117
DEMUX
PKS-INFORMATIONS-SYMBOL
INFORMATIONS-SYMBOL
114
FEHLER-DETEKTOR
116
KORREKTUR-INFORMATIONS-GENERATOR
115
VARIATIONS-DETEKTOR

FIG. 5

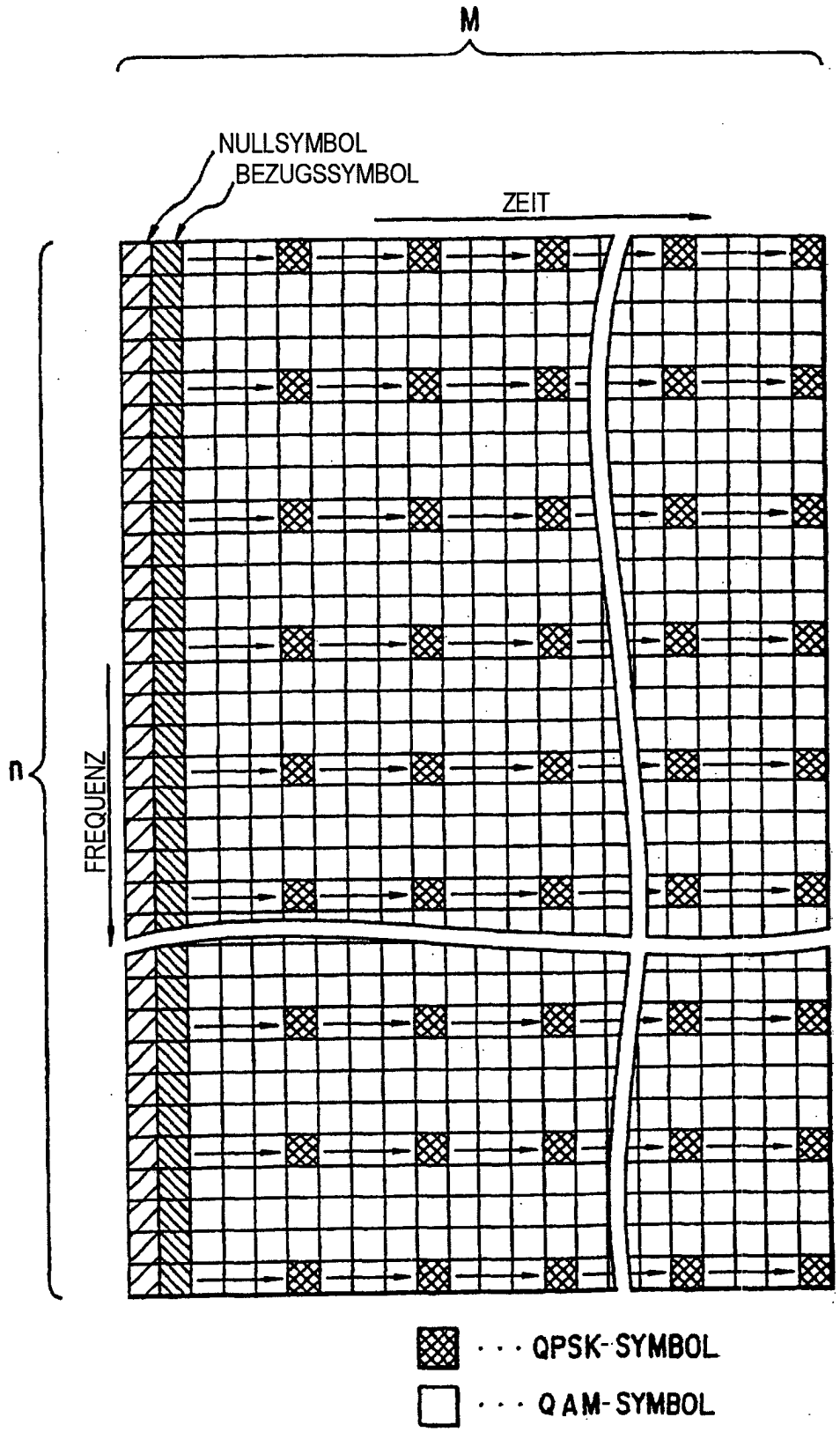

M
NULLSYMBOL
BEZUGSSYMBOL
ZEIT
n
FREQUENZ
· · · QPSK-SYMBOL
· · · QAM-SYMBOL

FIG. 6

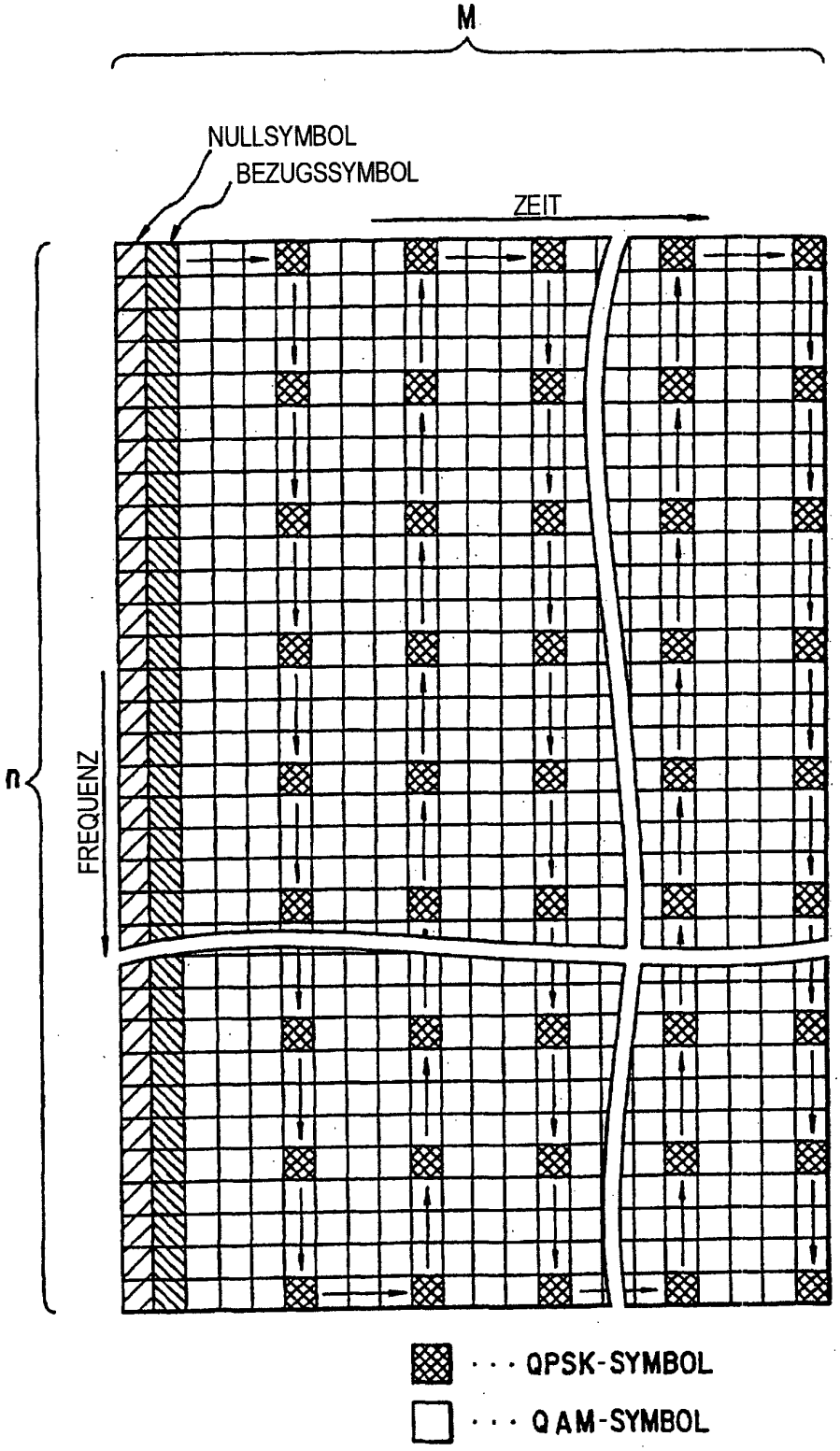

M
NULLSYMBOL
BEZUGSSYMBOL
ZEIT
n
FREQUENZ
· · · QPSK-SYMBOL
· · · QAM-SYMBOL

FIG. 7

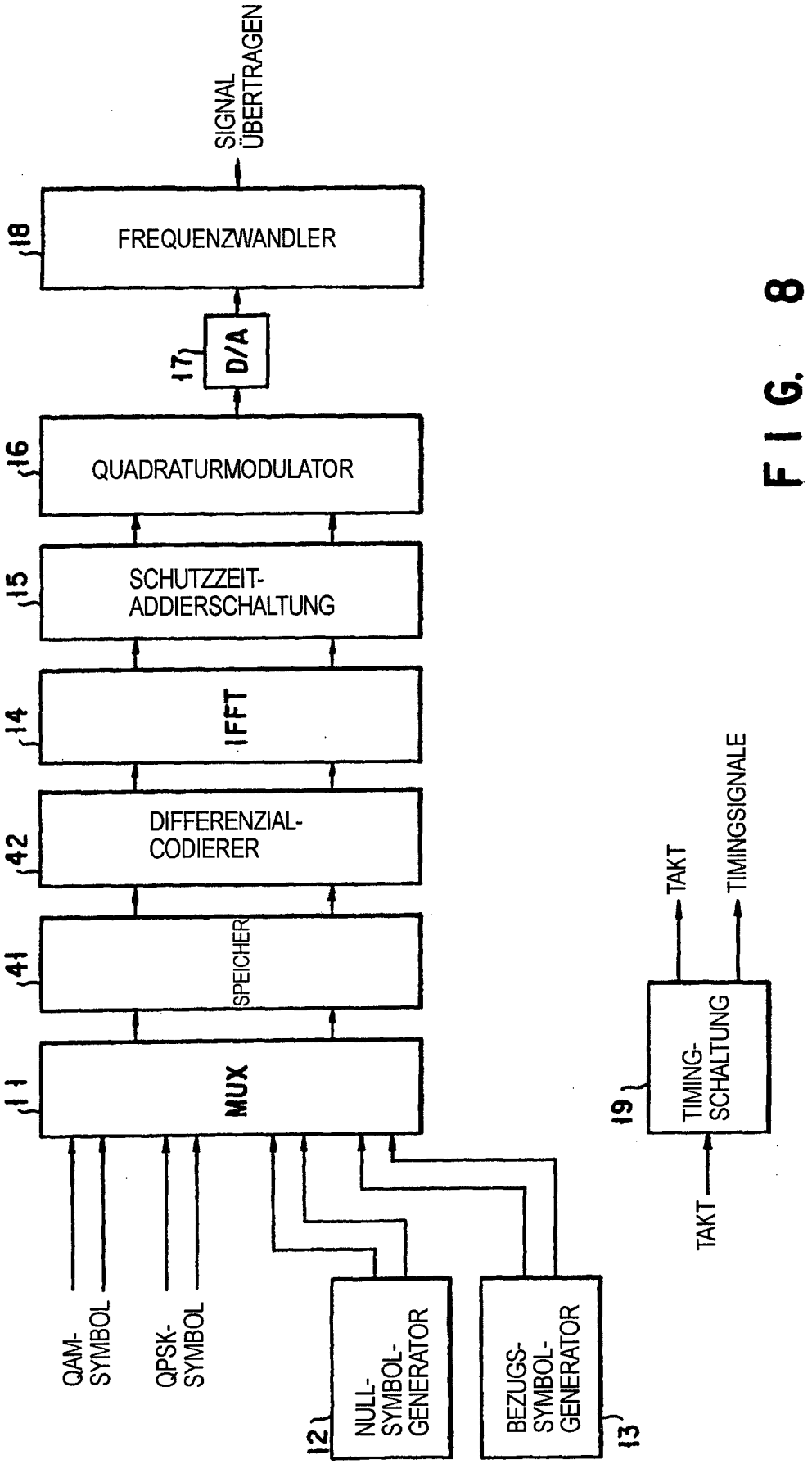

SIGNAL ÜBERTRAGEN
18
FREQUENZWANDLER
17
D/A
16
QUADRATURMODULATOR
15
SCHUTZZEIT-ADDIERSCHALTUNG
14
IFFT
42
DIFFERENZIAL-CODIERER
41
SPEICHER
11
MUX
QAM-SYMBOL
QPSK-SYMBOL
12
NULL-SYMBOL-GENERATOR
13
BEZUGS-SYMBOL-GENERATOR
19
TIMING-SCHALTUNG
TAKT
TAKT
TIMINGSIGNALE

FIG. 8

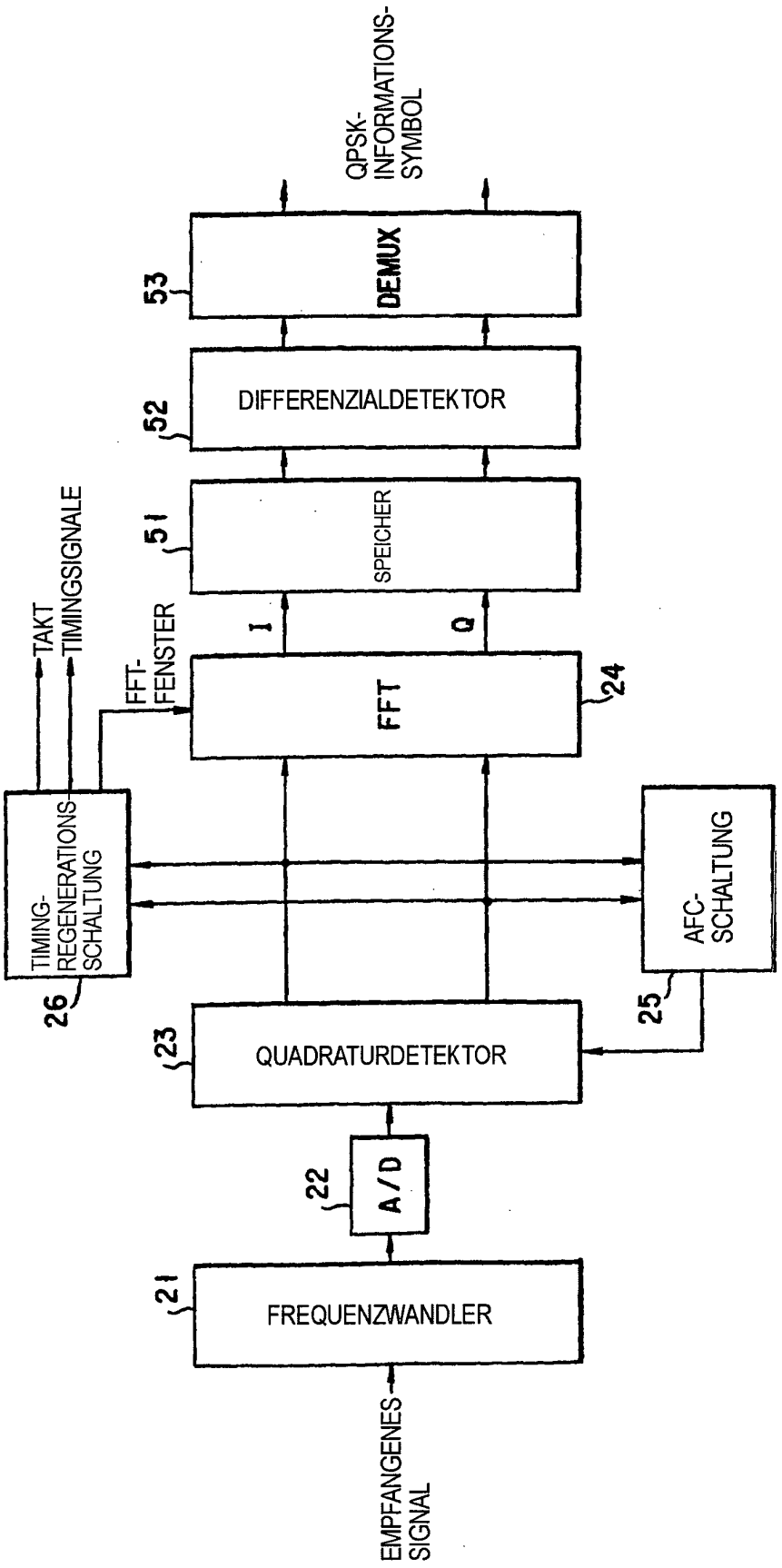

QPSK-INFORMATIONS-SYMBOL
53
DEMUX
52
DIFFERENZIALDETEKTOR
51
SPEICHER
I
Q
24
FFT
FFT-FENSTER
TAKT
TIMINGSIGNALE
TIMING-REGENERATIONS-SCHALTUNG
26
AFC-SCHALTUNG
25
23
QUADRATURDETEKTOR
22
A/D
21
FREQUENZWANDLER
EMPFANGENES SIGNAL

FIG. 9

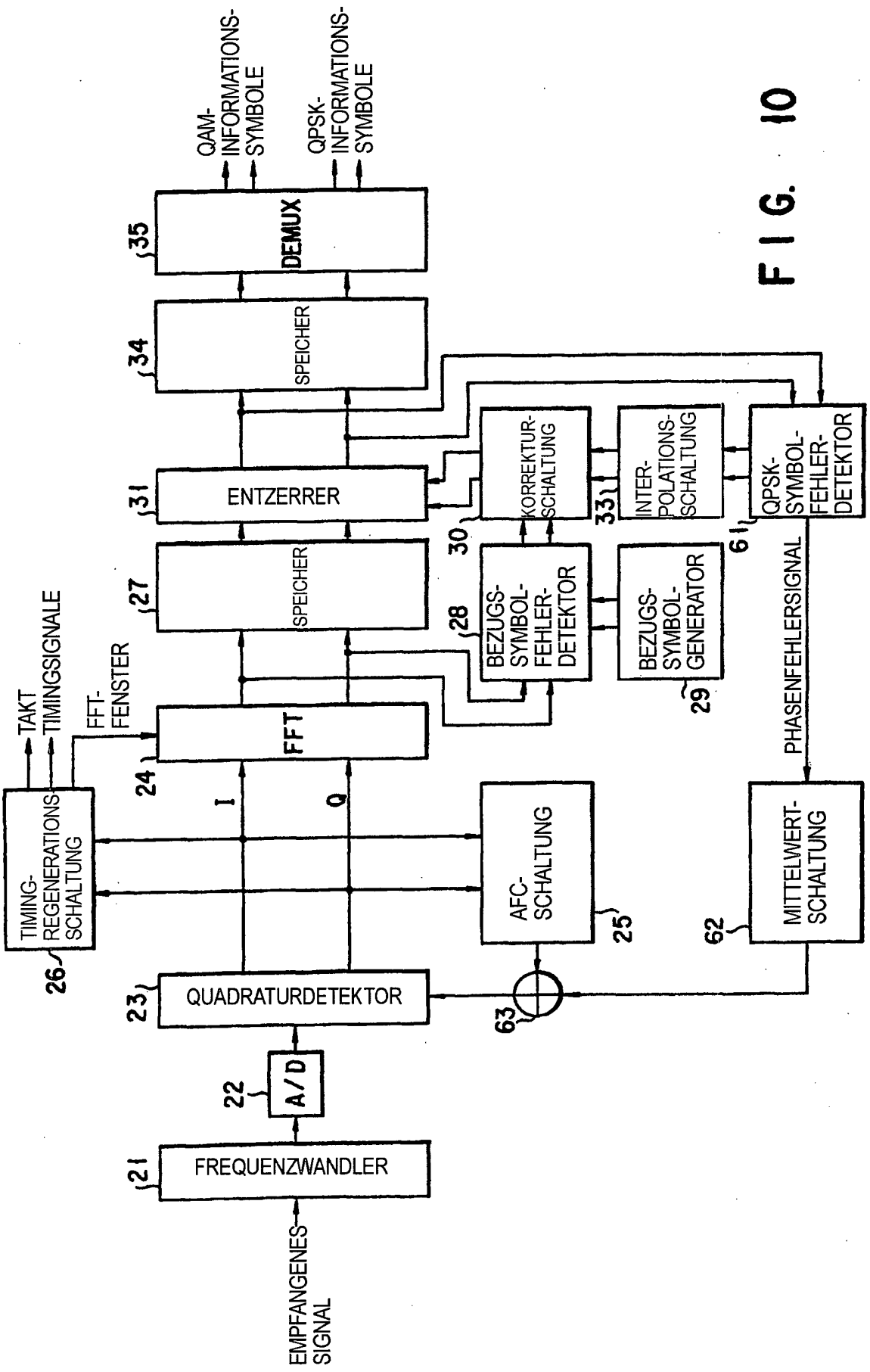
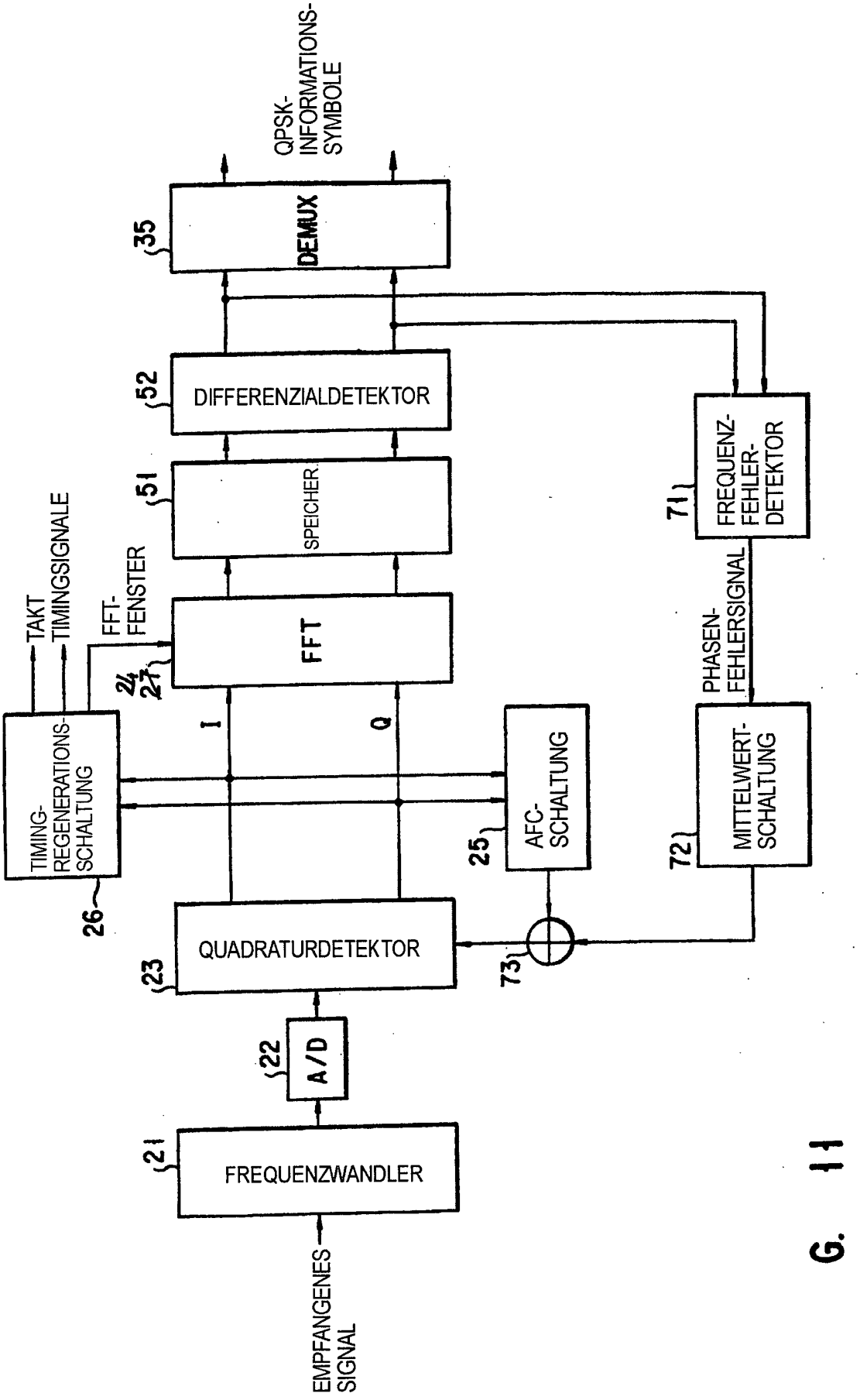

QAM-INFORMATIONS-SYMBOLE
QPSK-INFORMATIONS-SYMBOLE
35
DEMUX
34
SPEICHER
31
ENTZERRER
27
SPEICHER
24
FFT
I
Q
TAKT
TIMINGSIGNALE
FFT-FENSTER
TIMING-REGENERATIONS-SCHALTUNG
26
23
QUADRATURDETEKTOR
22
A/D
21
FREQUENZWANDLER
EMPFANGENES SIGNAL
KORREKTUR-SCHALTUNG
30
INTER-POLATIONS-SCHALTUNG
33
QPSK-SYMBOL-FEHLER-DETEKTOR
61
BEZUGS-SYMBOL-FEHLER-DETEKTOR
28
BEZUGS-SYMBOL-GENERATOR
29
AFC-SCHALTUNG
25
63
PHASENFEHLERSIGNAL
MITTELWERT-SCHALTUNG
62

FIG. 10


QPSK-INFORMATIONS-SYMBOLE
35
DEMUX
52
DIFFERENZIALDETEKTOR
51
SPEICHER
FFT-FENSTER
24
27
FFT
TAKT
TIMINGSIGNALE
TIMING-REGENERATIONS-SCHALTUNG
26
I
Q
AFC-SCHALTUNG
25
71
FREQUENZ-FEHLER-DETEKTOR
PHASEN-FEHLERSIGNAL
72
MITTELWERT-SCHALTUNG
73
QUADRATURDETEKTOR
23
22
A/D
21
FREQUENZWANDLER
EMPFANGENES SIGNAL

G. 11

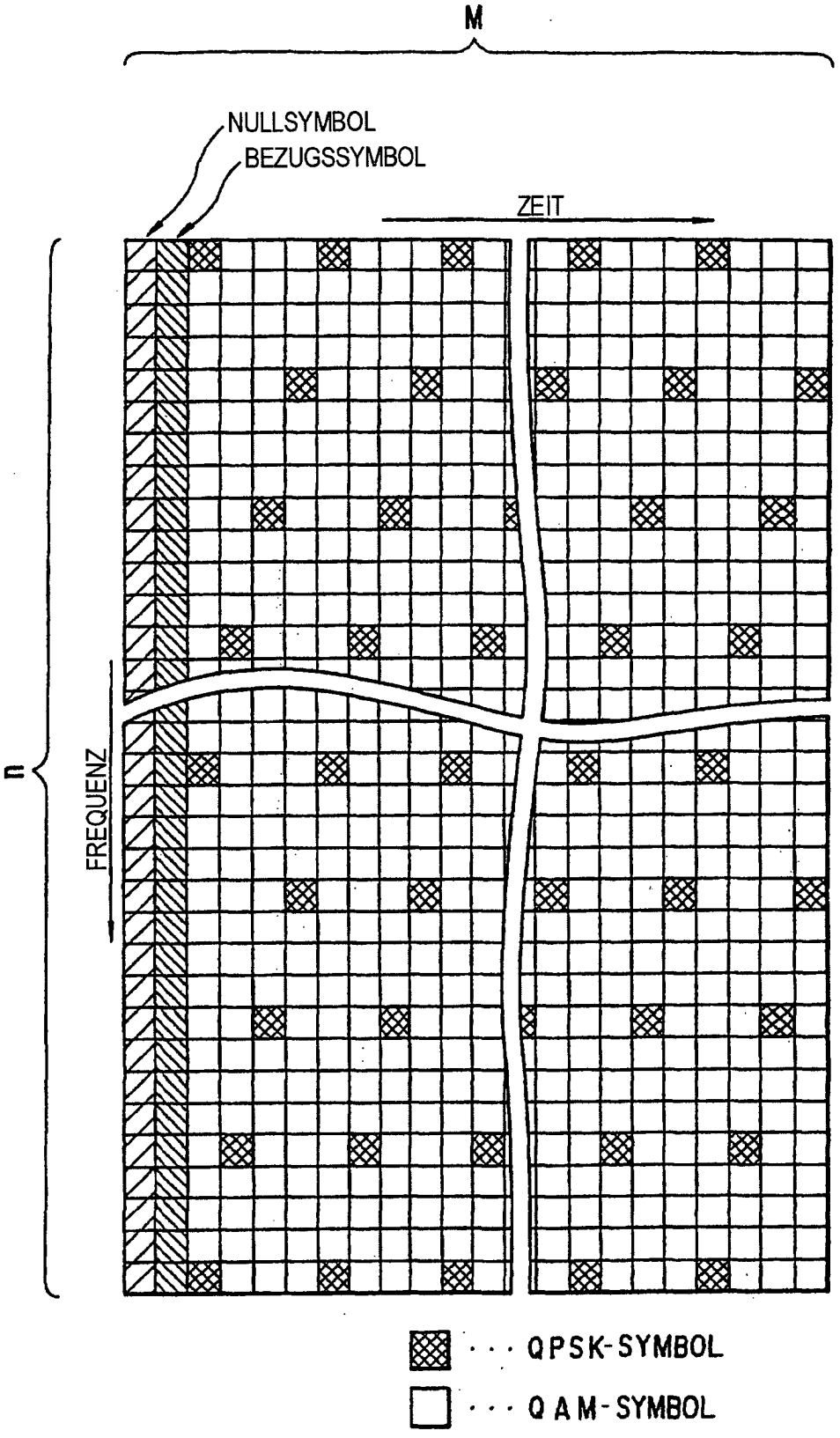

M
NULLSYMBOL
BEZUGSSYMBOL
ZEIT
n
FREQUENZ
· · · QPSK-SYMBOL
· · · QAM-SYMBOL

FIG. 12

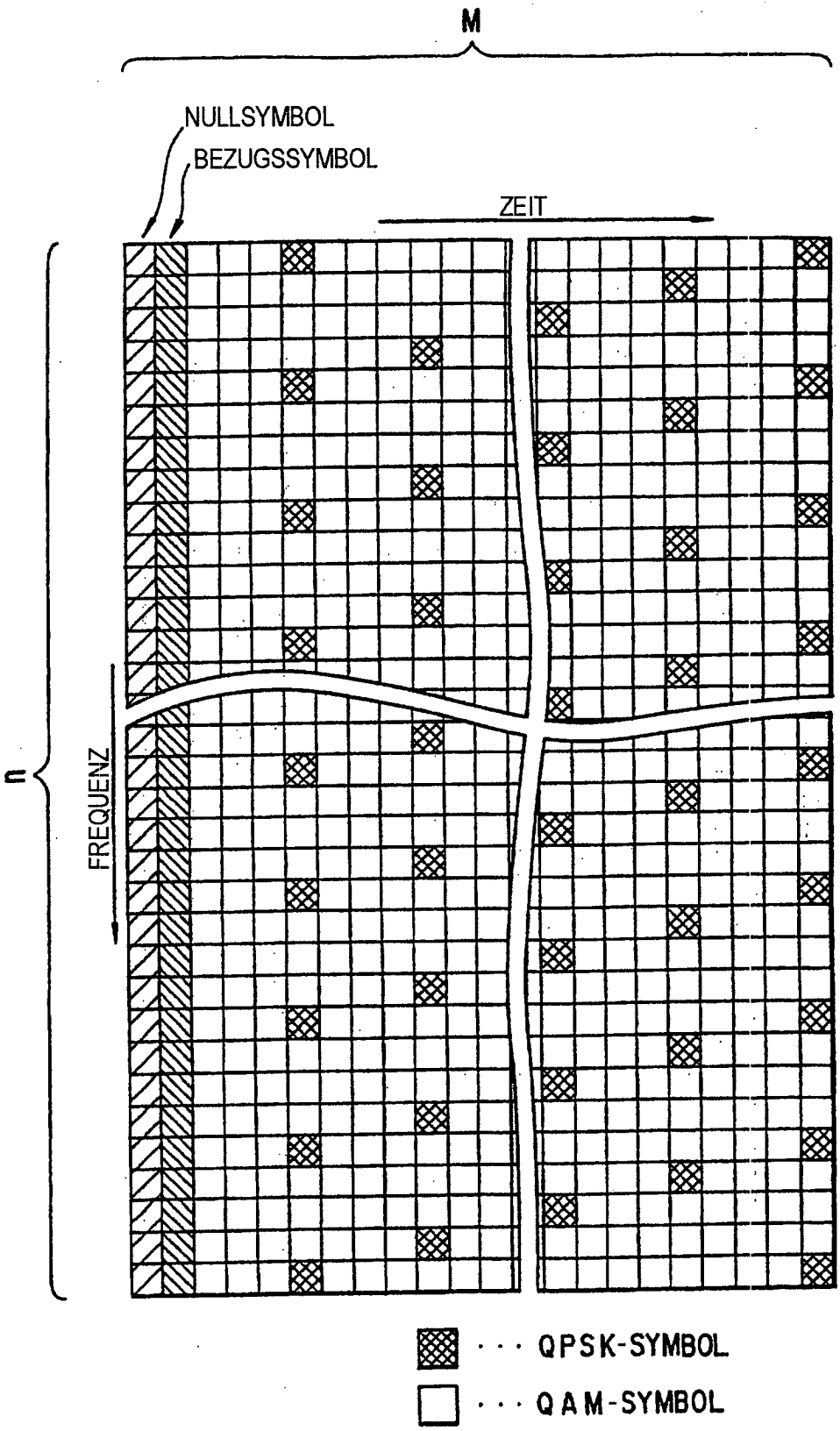

M
NULLSYMBOL
BEZUGSSYMBOL
ZEIT
n
FREQUENZ
· · · QPSK-SYMBOL
· · · QAM-SYMBOL

FIG. 13

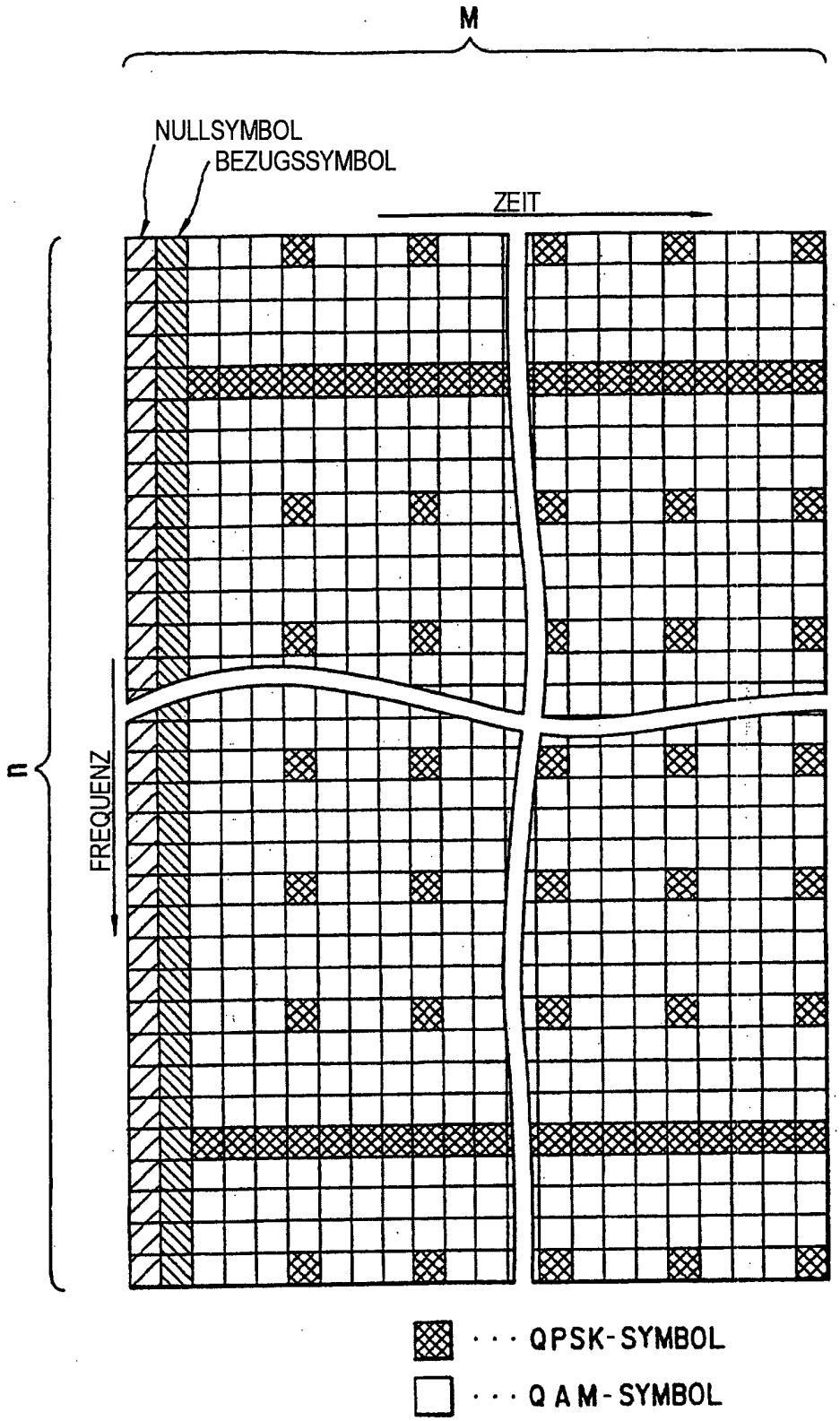

M
NULLSYMBOL
BEZUGSSYMBOL
ZEIT
n
FREQUENZ
· · · QPSK-SYMBOL
· · · QAM-SYMBOL

FIG. 14

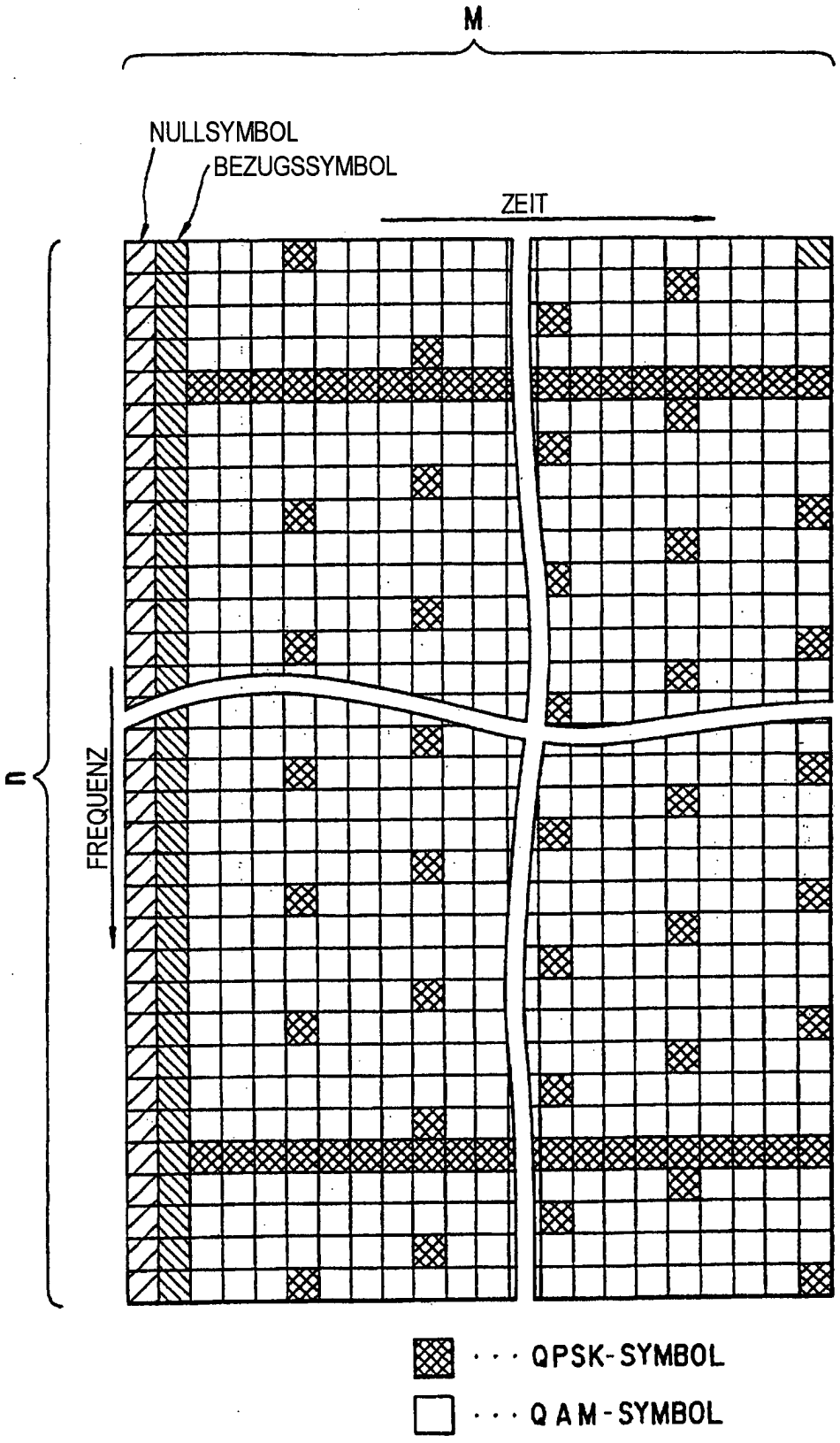

M
NULLSYMBOL
BEZUGSSYMBOL
ZEIT
N
FREQUENZ
· · · QPSK-SYMBOL
· · · QAM-SYMBOL

FIG. 15

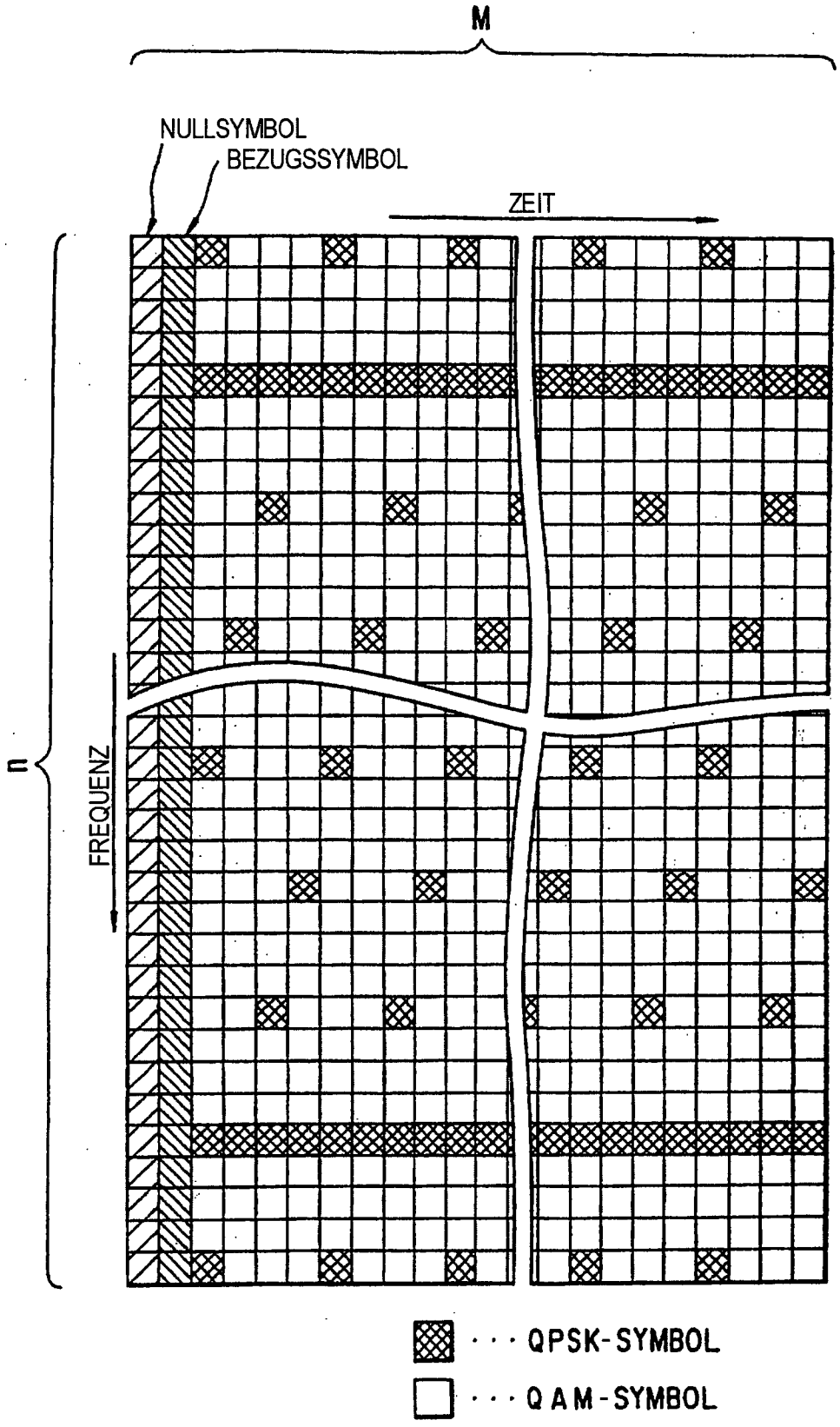

M
NULLSYMBOL
BEZUGSSYMBOL
ZEIT
n
FREQUENZ
· · · QPSK-SYMBOL
· · · QAM-SYMBOL

FIG. 16