



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 698 26 387 T2 2005.03.24

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 0 895 388 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 698 26 387.1

(96) Europäisches Aktenzeichen: 98 113 172.5

(96) Europäischer Anmeldetag: 15.07.1998

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 03.02.1999

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 22.09.2004

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 24.03.2005

(51) Int Cl.⁷: H04L 27/00

H01Q 3/46, H04L 27/26

(30) Unionspriorität:
97112929 28.07.1997 EP

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

(73) Patentinhaber:
**Deutsche Thomson-Brandt GmbH, 78048
Villingen-Schwenningen, DE**

(72) Erfinder:
**Klank, Otto, 31275 Lehrte, DE; Laabs, Jürgen,
30982 Pattensen, DE; Klausberger, Wolfgang,
30880 Laatzen, DE**

(74) Vertreter:
Hartnack, W., Dipl.-Ing., Pat.-Ass., 31303 Burgdorf

(54) Bezeichnung: **Symboltaktsynchronisierung und Moduserfassung für Mehrträgersignale**

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 eingelebt, 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 Verfahren und einen Empfänger zum Empfang von digitalen Mehrträgersignalen.

Stand der Technik

[0002] Modulationsarten wie OFDM, QPSK und QAM können für die terrestrische Übertragung von digitalen Fernseh- und Rundfunk-Radiosignalen (im folgenden Text allgemein als Rundfunk-Radiosignale bezeichnet) verwendet werden. Beispiele solcher Rundfunk-Radiosignale sind DVB (digitaler Video-Rundfunk), HDTV-T (hierarchische digitale Fernsehübertragung) und DAB (digitaler Audio-Rundfunk). Die fundamentalen Prinzipien des DVB-Systems sind in IST 300 744 spezifiziert.

[0003] Die Daten in digitalen Rundfunk-Radiosignalen werden in zweidimensionalen (Zeit und Frequenz, im folgenden Text als „zeitlich-spektoral“ bezeichnet) Rahmen angeordnet, die eine Zeitdauer von T_F haben und im Fall von ETS 300 744, 68 OFDM-Symbole umfassen. Vier Rahmen bilden einen Superraum. Mehrere Übertragungs-Betriebsarten können bei den Übertragungssystemen für die oben erwähnten digitalen Audio- oder Videosignale verwendet werden. Im Fall von ETS 300 744 werden Symbole mit der Dauer T_S in jedem Fall aus 1705 Trägern (2K-Betriebsart) oder aus in jedem Fall 6817 Trägern (8K-Betriebsart) mit verschiedenen Frequenzen gebildet. Die 2K-Betriebsart ist insbesondere für individuelle Sender und kleine SFN-Netzwerke (single frequency networks) mit begrenzten Abständen zwischen den Sendern geeignet.

[0004] Die 8K-Betriebsart kann für individuelle Sender und für kleine und große SFN-Netzwerke verwendet werden.

[0005] Die Symbole haben eine Zeitdauer von T_S mit einem gewünschten Teil der Dauer T_u und ein Schutzintervall mit der Dauer Δ . Das Schutzintervall wird durch zyklische Fortsetzung des gewünschten Teils gebildet und ist zeitlich vor dem letzteren angeordnet. Alle Symbole enthalten Daten und Referenz-Informationen. Jedes Symbol kann als Gruppe von Zellen betrachtet werden, wobei jedem Träger eine Zelle entspricht.

[0006] Abgesehen von den aktuellen Video-, Audio- oder anderen Daten, enthalten die Rahmen verstreute Pilotzellen (scattered pilots), kontinuierliche Pilotsignale und TPS-Träger oder Pilotsignale (die Übertragungs-Parameter signalisieren). Diese werden zum Beispiel in den Abschnitten 4.4 bis 4.6 von ETS 300 744, März 1997, beschrieben.

[0007] Die Pilotzellen oder Träger enthalten Referenz-Informationen, deren übertragener Wert dem Empfänger bekannt ist. Die kontinuierlichen Pilotsignale können mit einer verstreuten Pilotzelle zum Beispiel in jedem vierten Symbol zusammenfallen. Der Wert oder die Inhalte der verstreuten und kontinuierlichen Pilotsignale wird beispielsweise von einer pseudo-willkürlichen binären Sequenz W_k für jeden der übertragenen Träger k abgeleitet. Die Sequenz W_k kann auch die Startphase der TPS-Träger-Informationen definieren. Die Pilotzellen oder Träger können an der Empfängerseite für die Rahmen-Synchronisation, die Frequenz-Synchronisation, die Zeit-Synchronisation, die Kanalbewertung und die Identifizierung der Übertragungs-Betriebsart verwendet werden. Der Empfänger-Hersteller kann frei wählen, ob und wie diese Optionen an der Empfängerseite verwendet werden. EP-A-0 786 889 beschreibt ein entsprechendes System für die Verwendung bei DAB.

[0008] OKADA M. et al.: „Optimum Synchronization of Orthogonal Multi-Carrier Modulated Signals, PERSONAL, INDOOR AND MOBILE RADIO COMMUNICATIONS, 1996, PIMRC '96, SIEBENTES IEEE INTERNATIONALES SYMPOSIUM IN TAIPEI, TAIWAN 15. bis 18. Oktober 1996, NEW YORK, NY, USA, IEEE, US, 15. Oktober 1996, Seiten 863–867, XP01 0209086, ISBN: 0-7803-3692-5, zeigt einen Empfänger für ein digitales Mehrträger-OFDM-Signal, das in zeitlich-spektoralen Rahmen angeordnet ist und Datensymbole mit einem gegebenen Schutzintervall und einer gegebenen Symbollänge enthält. Dieser Empfänger enthält eine grobe Zeitkorrektur, eine Symbollängen-Bewertung und eine AFC-Korrektur, wobei ein Bewerter für eine maximale Wahrscheinlichkeit verwendet wird, der auf das empfangene und korrigierte Eingangssignal einwirkt und eine Gleichung bewertet, die die Bestimmung erlaubt, ob ein systemkonformes Signal empfangen wird. Die Operationen dieses Empfängers beruhen auf einer abgeschätzten Symbollänge und Schutzintervall-Länge.

[0009] GB-A-2307155 offenbart eine grobe RFC-Korrektur eines empfangenen OFDM-Signals unter Verwendung von FFT-Ausgangs-Pilotsignalen, die in dem empfangenen OFDM-Signal enthalten sind.

[0010] SPETH M. et al.: "Frame synchronization of OFDM systems in frequency selective fading channels",

VEHICULAR TECHNOLOGY CONFERENCE, 1997, IEEE 47. PHOENIX, AZ, USA, 4.-7. Mai 1997, NEY YORK, NY, USA, IEEE, US, 4. Mai 1997, Seiten 1807–1811, XP010229079, ISBN: 0-7803-3659-3, behandelt Rahmensynchronisation für empfangene OFDM-Signale und offenbart die Interpolation von Piloten-Signalen in der Zeit- und Frequenzrichtung zwecks Bewertung der Rahmen-Startposition.

Erfundung

[0011] Eine wichtige Betrachtung im Zusammenhang mit solchen Systemen ist das Finden eines systemkonformen Signals in der Situation, bei der ein Empfänger eingeschaltet oder auf einen anderen Kanal abgestimmt wird. Um dies zu tun, muss der Empfänger in der Lage sein, zwischen verschiedenen Diensten zu unterscheiden, z. B. digitale Signale von analogen Signalen zu unterscheiden oder digitale DVB-Signale von digitalen DAB-Signalen. Sowohl digitale Signale als auch analoge Signale (z. B. PAL-Fernsehsignale) können in bestimmten Frequenzbändern auftreten, und in diesem Fall können die Mittenfrequenzen von den spezifizierten Kanal-Mittenfrequenzen abweichen.

[0012] Der Erfundung liegt die Aufgabe zugrunde, die Zuverlässigkeit bei der Bewertung, ob ein empfangenes digitales Mehrträgersignal systemkonform oder vorhanden ist, oder nicht zu verbessern. Diese Aufgabe wird durch die in den Ansprüchen 1 und 4 angegebenen Verfahren gelöst. Der Erfundung liegt weiterhin die Aufgabe zugrunde, einen Empfänger zur Verwendung des erfundungsgemäßen Verfahrens aufzuzeigen. Diese Aufgabe wird durch die in den Ansprüchen 11 und 12 angegebenen Empfänger gelöst.

[0013] Auf der Empfängerseite wird eine grobe Zeit-Synchronisation, die mit Betriebsarts-Feststellung verknüpft ist und gegebenenfalls zusätzlich eine grobe AFC (automatische Frequenzkorrektur) zunächst sowohl für das Suchen nach und das Identifizieren von empfangenen Signalen als auch für ihre kontinuierliche Überwachung durchgeführt.

[0014] Bei der groben Zeit-Synchronisation wird das Zeitsignal mit dem Zeitsignal korreliert, das um eine gewünschte Symbollänge T_u verschoben ist. Diese Korrelation kann mehr als einmal ausgeführt werden, zum Beispiel fünfmal pro Daten-Rahmen. Bei dieser Korrelation werden Signalabtastungen mit unterschiedlicher Länge T_u je nach der entsprechenden Betriebsart verwendet, und die daraus gewonnenen Maxima des Korrelationsergebnisses dienen dann zur Ableitung der gegenwärtigen Betriebsart (z. B. 2K-, oder 8K-Betriebsart). Wenn kein brauchbares Maximum des Korrelationsergebnisses gewonnen wird, können die Korrelationsschritte wiederholt werden. Das verwendete Schutzintervall wird bestimmt, und dann wird ein Abtastfenster auf der Basis des Intervalls zwischen den Maxima und/oder ihrer Amplituden positioniert, wobei die Betriebsart berücksichtigt wird. Dies kann durch Einmal-Ausstellen eines Zählers erfolgen, der mit der Symbolsequenz ($T_u + \Delta$) synchronisiert ist und ein Zeitfenster mit der Dauer T_u ausgibt. Im folgenden Text wird dieses Zeitfenster auch als Abtastfenster oder FFT-Fenster bezeichnet. Ein in diesem Fall verwendeter Basis-Oszillator – und somit auch die Position des Fensters – wird in nachfolgenden Schritten über feine Zeit-Synchronisation korrigiert.

[0015] Nachdem die Betriebsart richtig identifiziert worden ist und das Abtastfenster etwa richtig positioniert worden ist, kann eine FFT ausgeführt werden, wobei die Länge der Betriebsart entspricht. Anstelle einer FFT erlaubt die Erfundung in völlig allgemeiner Form die Verwendung einer Fourier-Transformation oder irgendeiner anderen Transformation, die eine Frequenz-spektrale Darstellung des Zeitbereichs in dem Frequenzbereich erlaubt. Nachdem das Signal auf diese Weise umgewandelt worden ist, werden von ihm Pilotzellen gemäß dem beabsichtigten Anordnungs-Layout genommen und mit den Werten korreliert, die gemäß der Spezifikation geliefert werden. Gemäß der Spezifikation werden zum Beispiel im Fall der 2K-Betriebsart 45 Spektrum-Positionen und im Fall der 8K-Betriebsart 177 Spektrum-Positionen durch kontinuierliche Piloten-Signale besetzt. Zum Beispiel werden ± 16 solcher Gruppen (über ± 16 Trägerintervallen) für die Korrelation in der 2K-Betriebsart und ± 64 solcher Gruppen (über ± 64 Trägerintervallen) in der 8K-Betriebsart verwendet. Die ausgeführten Korrelationsschritte erzeugen ein Korrelations-Maximum und gegebenenfalls eine Anzahl von sekundären Maxima von niedrigerer Amplitude in der unmittelbaren Nachbarschaft. Der Frequenz-Offset des Basisbandsignals kann aus der Position des Maximums bestimmt werden. Dieses Ergebnis wird für die grobe Korrektur der Frequenz verwendet, z. B. mittels eines Multiplizierers M , der stromaufwärts des FFT-Abschnitts angeordnet ist, so dass der Frequenzfehler für weitere Schritte kleiner als $\pm 1/2$ Trägerintervall ist. Es ist jedoch eine Voraussetzung, dass die Position des Maximums in voraus mit ausreichender Zuverlässigkeit und einer Genauigkeit von weniger als $\pm 1/2$ Trägerintervall bekannt war. Die folgende Berechnung kann ausgeführt werden, um die Position $I_{real,s}$ des Maximums genauer abzuschätzen:

$$I_{real,s} = I_{max,s} + W_{max,s,I} / (W_{max,s,I} + W_{max,s,I}) * \text{sgn}(I_{max,s,I} - I_{max,s}),$$

worin "sgn" das mathematische Vorzeichen der Positions-Differenz ist, das größte Maximum den Wert $W_{l_{max,s}}$ hat und sich an der Position $l_{max,s}$ befindet, und der nächst kleinere Maximum-Wert (mit derselben Polarität) wird $W_{l_{max,s},l}$ bezeichnet und befindet sich an der Position $l_{max,s} + 1$ oder $l_{max,s} - 1$, bezeichnet $l_{max,s,l}$.

[0016] Diese Berechnungen können durch Verwendung der zwei Werte – dem Maximum und dem nächst kleineren Maximum – in der Frequenz der 1-Werte verwendet werden. Die möglichen Positionen werden dann mit $l_{1,s}$ (die erste Position) und $l_{2,s}$, bezeichnet, in welchem Fall das Maximum entweder bei $l_{1,s}$ oder bei $l_{2,s}$ auftreten kann. Die mathematische Vorzeichenfunktion verschwindet dann:

$$L_{real,s} = l_{1,s} + W_{l_{2,s}}/(W_{l_{1,s}} + W_{l_{2,s}})$$

[0017] Eine Mehrzahl solcher Ergebnisse (die nacheinander in der Zeit erreicht werden), vorzugsweise drei, können kombiniert, gefiltert oder zusammen verarbeitet werden, um die AFC zu verbessern. Die nächste Frequenz-Bewertung kann bei einem größeren Intervall ausgeführt werden, z. B. können insgesamt drei bis sechs Bewertungen pro Rahmen für die Synchronisations-Überwachung durchgeführt werden, um die Kompliziertheit der Berechnung in vernünftigen Größenordnungen zu halten.

[0018] Der Zwischenwert oder ein genauerer Wert des Fehlers, der in dieser Weise bestimmt wird, ist bereits bei der oben beschriebenen Frequenzkorrektur in Betracht gezogen worden. Eine grobe Frequenzfestigung mit einer besseren Genauigkeit als $\pm 1/2$ Trägerintervall ($-F_s/2 < \Delta f < F_s/2$) ist die Vorbedingung für die folgende Akzeptanz der AFC-Funktion durch das sogenannte feine Steuersystem.

[0019] Die erzielte Genauigkeit nach Ausführung der groben Festlegung kann noch einmal durch Prüfen der Frequenz bestimmt werden. In diesem Fall sollte das Ergebnis $-F_s/3 < \Delta f < F_s/3$ sein. Wenn dies nicht erreicht wird, oder wenn die nachfolgende feine Korrektur zu einer Situation führt, bei der eine weitere Signalverarbeitung (Dekodierung) unmöglich ist, dann müssen die oben beschriebenen Prozesse unter Verwendung eines Positions-Offsets durch ein Trägerintervall (in der Richtung der Seite mit dem nächst niedrigeren Korrelationsergebnis, oder gegebenenfalls eines Korrelationsergebnisses mit gleicher Größe) wiederholt werden.

[0020] Spezifische Bewertungen werden nach der groben Zeit-Synchronisation und/oder der groben AFC ausgeführt. Beide Werte von der Zeit-Korrelation und jene von der Korrelation über der Frequenz werden (in jedem Fall) dazu benutzt, um ein Verhältnis von dem bestimmten Wert des Maximums (oder dem Mittelwert für die Zeit-Korrelation) und dem Mittelwert der anderen Korrelations-Teilergebnisse zu bilden, die nicht dem Maximum oder dem mittleren Bereich zugeordnet sind.

[0021] Die Ergebnisse der Zeit-Korrelation können beispielsweise benutzt werden, um einen Bereich mit der Dauer T_u herauszuziehen, obwohl das Maximum nicht notwendigerweise in der Mitte dieses Bereiches liegen muss. Ein Bereich mit einer Dauer von $\pm 1/2$ Schutzintervall-Dauer muss aus der Berechnung des Durchschnittswertes herausgetrennt werden. Die Mitte des mittleren Bereiches kann beispielsweise durch Bestimmung des -6 dB-Punktes und durch Berechnung einer Mittenposition bestimmt werden. Dies vermindert vorteilhafterweise den Einfluss von Rauschen und Mehrweg-Effekten.

[0022] Der gesamte Bereich von ± 16 individuellen Schritten (für die 2K-Betriebsart) oder ± 64 individuellen Schritten (für die 8K-Betriebsart) wird beispielsweise zur Bewertung der Korrelations-Teilergebnisse verwendet, die über der Frequenz bestimmt werden. Wiederum kann das Haupt-Maximum abseits von der Mitte lokalisiert werden, und ein sekundäres Maximum kann in einer größeren Entfernung vorhanden sein. Sekundäre Linien können in gleicher Weise in der Region $\pm F_s$ rund um das Haupt-Maximum vorhanden sein, aber diese sollten als Teil des Haupt-Maximums betrachtet werden und treten als Ergebnis eines Fehlers in der Signalposition von dem Gitter F_s in der Reihenfolge $-F_s/2 \leq \Delta f \leq F_s/2$ auf. Für die Bewertung wird somit empfohlen, dass der maximale Wert des Haupt-Maximums und der benachbarte nächst kleinere Wert kombiniert werden.

[0023] Der Durchschnittswert C_{av} wird beispielsweise als quadratischer Mittelwert aller Korrelations-Teilergebnisse berechnet, die nicht dem Haupt-Maximum oder dem mittleren Bereich zugeordnet werden:

$$C_{av} = \sqrt{\left(\sum_0^{l_1} |W_1|^2 + \sum_{l_2}^{l_{max}} |W_1|^2 \right) / (l_1 + l_{max} - l_2 + 2)},$$

worin der Bereich $l_1 + 1$ bis $l_2 - 1$ sich auf den beseitigten Teil bezieht. Im Fall von komplexen Teilergebnissen (W_1), kann die Summe der Quadrate der reellen und imaginären Teile auch anstelle der Bildung der Größe gebildet werden. Aus praktischen Gründen sind weitere Vereinfachungen möglich, z. B. durch Neuanordnung der

Formel und mit entsprechend geänderten Minimum-Werten, wobei Multiplikationen anstelle der Division und der Berechnung der Quadratwurzel ausgeführt werden können, d. h. Quadrierung der Maximum-Werte und Multiplikation durch den in der Formel verwendeten Divisor. Bei guten Signalbedingungen, und wenn die Erfordernisse für die Qualität der Feststellung weniger streng sind, kann es ausreichen, nur den einfachen Mittelwert zu berechnen. Es ist ferner möglich, die Korrelations-Teilergebnisse individuell mit einem Grenzwert zu vergleichen, der von dem maximalen Wert (oder von der Summe des maximalen Wertes und des benachbarten nächst kleineren Wertes) abgeleitet wird, und um diesen zur Ableitung von Statements zu verwenden, die sich insgesamt auf das Korrelationsergebnis beziehen. Dies ist möglich, wenn es im allgemeinen möglich ist, ein angemessenes Intervall zwischen dem maximalen und den anderen Teilergebnissen sicherzustellen, was der Fall für die Korrelation über der Frequenz ist.

[0024] Es wird dann eine Prüfung ausgeführt, um zu bestimmen, ob das (erste) Verhältnis, das von der Zeit-Korrelation abgeleitet wird, einen zuvor spezifizierten ersten minimalen Wert überschreitet, und ob das (zweite) Verhältnis, das von der über der Frequenz ausgeführten Korrelation abgeleitet wird, einen zuvor spezifizierten zweiten minimalen Wert überschreitet. Wenn wenigstens das erste Verhältnis den minimalen Wert überschreitet oder wahlweise, wenn beide Verhältnisse die für sie spezifizierten minimalen Werte überschreiten, dann wird das empfangene Signal als systemkonform betrachtet. Wenn wenigstens einer dieser Zustände nicht erfüllt wird, dann wird das Signal als nicht systemkonform angesehen.

[0025] In Abhängigkeit von dem Ergebnis wird ein empfangenes Signal als „systemkonform“ und/oder „vorhanden“ oder „nicht systemkonform“ und/oder „nicht vorhanden“ während der Suche oder während eines Versuchs zum Empfang eines spezifischen Signals, oder während ein Empfang stattfindet, bezeichnet.

[0026] Die ausgeführten Prüfungen führen zu einem hohen Maß an Vertrauen in das Ergebnis, und die Wahrscheinlichkeit eines falschen Ergebnisses ist extrem niedrig. Dies bedeutet, dass die nächsten Schritte selektiv ausgeführt werden können. Wenn das Ergebnis negativ ist (d. h. keine Systemkonformität), ist es zum Beispiel nicht länger notwendig, die Dekodierung des Signals zu beginnen, um die Konformität noch einmal zu prüfen. Dies erlaubt eine große Zeitsparnis bei Signal-Suchprozessen, und somit wird eine unnötige Wartezeit für den Benutzer des Empfängers vermieden.

[0027] Somit wird je nach dem gegenwärtigen Bezeichnungs-Zustand während des Suchprozesses oder im Fall einer empfangenen Abtastung entweder die weitere Dekodierung des Signals gestartet, der Suchprozess fortgesetzt oder die „nicht vorhandene“ Information für die empfangene Abtastung ausgegeben. Wenn beabsichtigt ist, den Abstimmprozess auf der Basis der oben beschriebenen Ergebnisse fortzusetzen, kann nun die AFC ausgeführt werden. Insoweit werden zum Beispiel die Phasenänderungen zwischen in jedem Fall zwei aufeinanderfolgenden Symbolen in den kontinuierlichen Piloten signalen kontinuierlich und individuell bestimmt, wobei von den Ergebnissen der Durchschnitt gebildet wird, und das auf diese Weise bestimmte endgültige Ergebnis wird dazu verwendet, einen Frequenzfehler zu berechnen, und dieser Frequenzfehler wird verwendet, um eine Frequenzkorrektur des Signals vor der FFT durchzuführen. Die endgültigen Ergebnisse oder Frequenzfehler, die nacheinander Symbol für Symbol bestimmt werden, können vorteilhafterweise auch kombiniert und über einer Anzahl von Symbolen gefiltert werden.

[0028] Dann kann die Rahmen-Synchronisation, die feine Zeit-Synchronisation und die Abtasttakt-Einstellung ausgeführt werden. Dies erfolgt zum Beispiel durch Zeitbewertung (Impulsansprechen) der „verstreuten Pilotzellen“ und entsprechende Korrektur des Abtasttake-Referenz-Oszillators, wobei eine Mehrzahl von einander in der Zeit folgenden Werten (noch einmal) zweckentsprechend kombiniert und gefiltert werden.

[0029] Selbst während des normalen Empfangs ist es zweckmäßig, die Prüfung der groben Zeit- und Frequenz-Synchronisation (wie oben beschrieben) in bestimmten Intervallen auszuführen. Dies erlaubt eine schnelle Feststellung eines Signalausfalls, einer Verschlechterung in den Empfangsbedingungen oder eines Verlustes der Synchronisation in dem Empfänger. Die Bedingungen hierfür sind, dass Δt und Δf die Grenzwerte überschreiten oder die berechneten Verhältnisse kleiner als die minimalen Werte sind. Der Ausdruck Δt bedeutet in diesem Fall den Fehler zwischen der Mitte des Impulsansprechens und der nominalen Position. Alle notwendigen Gegenmaßnahmen können schnell ausgelöst werden. Wenn jemand wünscht, die Identifikation eines solchen Zustands aus den Dekodiererprozessen abzuleiten (z. B. aus einem starken Anstieg in der Fehlerrate), dann würde dies unter gewissen Umständen zu einem Verlust einer sehr großen Zeitmenge führen.

[0030] Im Fall einer Synchronisations-Überwachung oder kontinuierlichen Überwachung des Signals oder des Empfangs würde in der Situation, bei der der Bezeichnungs-Zustand sich auf „nicht systemkonform“ ändert, ein Überwachungs- oder Warnsignal zu den anderen Teilen des Empfängers ausgesendet, so dass unter

bestimmten Bedingungen – zum Beispiel Ausfall einer Zahl von Symbolen – geeignete Maßnahmen ausgelöst werden können, z. B. „Einfrieren“ des letzten akzeptablen Bildes und/oder Stummschalten des Audiokanals.

[0031] Weitere Zustandsnachrichtungen, z. B. ein kontinuierlich gesetztes Fehlerkennzeichen in dem Viterbi-Dekodierer können auch vorteilhafterweise zur Identifikation und/oder zur Bezeichnung des Signalzustands während einer kontinuierlichen Operation bewertet werden.

[0032] Ein Vorteil der Erfindung besteht darin, dass die Zuverlässigkeit der Signal-Identifizierung beträchtlich verbessert werden kann und die Identifikation bei dem frühest möglichen Punkt innerhalb der Signal-Dekodierung an der Empfangsseite und somit auch zur frühest möglichen Zeit stattfindet, so dass es nicht notwendig ist, irgendwelche Unterbrechungen in der Wiedergabe auszulösen. Andererseits findet jedoch eine Unterbrechung, die absolut wesentlich ist, schnell statt. Dies erlaubt, dass nicht akzeptable Störungen, wie der Ausfall oder die falsche Dekodierung einer Zahl von Pixelblöcken oder sogar aller Pixelblöcke in einem Rahmen wie auch lautes oder abruptes Interferenzgeräusch in den Audiosignalen weitgehend vermieden werden.

[0033] Im Prinzip besteht das Verfahren gemäß der Erfindung darin, dass zum Empfang von digitalen Mehrträgersignalen, die in zeitlich-spektoralen Rahmen angeordnet sind, die Datensymbole enthalten, die ein Schutzintervall, eine gewünschte Symbollänge T_u sind Bezugs-Informationen enthalten, und die in verschiedenen Betriebsarten übertragen werden können, die folgenden Schritte zur Abstimmung während des Empfangs oder zur Prüfung der Systemkonformität der empfangenen Signale ausgeführt werden:

- grobe Zeit-Synchronisation, in der das digitale Signal im Zeitbereich mit dem in der Zeit um mehrere Werte von T_u , die den möglichen Betriebsarten entsprechen, verschobenen digitalen Signal korreliert wird, wobei die gegenwärtige Betriebsart aus der Position und den Größen von Maxima der Korrelationswerte bestimmt wird und das gegenwärtige Schutzintervall aus Intervallen zwischen Maxima der Korrelationswerte bestimmt wird und ein Abtastfenster, das daraus resultiert und eine Länge hat, die T_u entspricht, dann für Transformationsmittel und anschließende Signalbewertung festgelegt wird;
- grobe AFC-Korrektur mit Hilfe von Multiplizierermitteln, die stromaufwärts der Transformationsmittel angeordnet sind, und mit der Hilfe von groben AFC-Mitteln, die stromabwärts von den Transformationsmitteln angeordnet sind, wobei Informationselemente (die dem Anordnungs-Layout der Referenz-Informations-Elemente entsprechen), die sich auf das gegenwärtige Symbol beziehen, von dem Ausgangssignal der Transformationsmittel entnommen und in den groben AFC-Mitteln mit einem definierten Daten-Layout korreliert werden, wobei die Eigenschaft dieser Korrelation gemäß der gegenwärtigen Betriebsart gewählt wird;
- qualitative Bewertung der Ergebnisse der groben Zeit-Synchronisation und der Korrelationsergebnisse, die der groben AFC-Korrektur zugeordnet sind, um die Systemkonformität und die Empfangsqualität der digitalen Signale zu bestimmen.

[0034] Vorteilhafte Weiterentwicklungen des erfindungsgemäßen Verfahrens ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0035] Im Prinzip ist der erfindungsgemäße Empfänger für digitale Mehrträgersignale, die in zeitlich-spektoralen Rahmen angeordnet sind, die Datensymbole mit einem Schutzintervall und einer gewünschten Symbollänge T_u und Bezugs-Informationen enthalten, und die in verschiedenen Betriebsarten übertragen werden können, versehen mit:

- Multiplizierermitteln und Transformationsmitteln für das digitale Signal;
- groben Zeit-Synchronisationsmitteln, in denen zur Abstimmung während des Empfangs oder zur Prüfung der Systemkonformität der empfangenen Signale das digitale Signal im Zeitbereich mit dem digitalen Signal korreliert wird, das in der Zeit um mehrere Werte von T_u verschoben ist, die den möglichen Betriebsarten entsprechen, wobei die gegenwärtige Betriebsart, die aus der Position und den Größen von Maxima der Korrelationswerte und einem Abtastfenster bestimmt wird, und das gegenwärtige Schutzintervall aus Intervallen zwischen Maxima und den Korrelationswerten bestimmt wird, und ein Absperrfenster, das hieraus resultiert und eine Länge entsprechend von T_u hat, dann für Transformationsmittel und die folgende Signalbewertung festgelegt wird;
- grobe AFC-Mittel für stromaufwärts der Transformationsmittel angeordnete Multiplizierermittel, in denen eine grobe AFC-Korrektur mit Hilfe von Informationselementen (die dem Anordnungs-Layout der Referenz-Informationselemente entsprechen) des gegenwärtigen Symbols ausgeführt wird, wobei die Informationselemente dem Ausgangssignal der Transformationsmittel entnommen und in den groben AFC-Mitteln mit einem definierten Daten-Layout korreliert werden, wobei die Natur dieser Korrelation gemäß der gegenwärtigen Be[text fehlt] Bewertung der Ergebnisse der groben Zeit-Synchronisationsmittel und der Korrelationsergebnisse, die in den groben AFC-Mitteln bestimmt werden und die Systemkonformität und die Empfangsqualität der digitalen Signale bestimmen.

[0036] Vorteilhafte Weiterentwicklungen des Empfängers ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Zeichnung

[0037] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert.

[0038] **Fig. 1** zeigt ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen Empfängers.

Ausführungsbeispiele

[0039] Bei dem Empfänger gemäß **Fig. 1** wird zunächst eine grobe Synchronisation für das digitale Eingangssignal INP in den groben Zeit-Synchronisationsmitteln CTS ausgeführt. In diesem Fall wird das Zeitsignal mit dem um die Dauer von einem gewünschten Symbol T_u verschobene Zeitsignal z. B. zwei bis fünf Mal pro Datenrahmen korreliert. Während dieser Korrelation werden Abtastungen mit unterschiedlicher Länge T_u je nach der entsprechenden Betriebsart verwendet, und die daraus erhaltenen gefilterten oder durchschnittlichen Maxima des Korrelationsergebnisses werden dann in Betriebsart-Detektormitteln MDET verwendet, um die gegenwärtige Betriebsart MO (zum Beispiel 2K- oder 8K-Betriebsart) abzuleiten, z. B. durch Vergleichen der Maxima mit einem gespeicherten Schwellwert. MDET gibt entsprechende Betriebsart-Informationen MO aus.

[0040] Wenn kein brauchbares Maximum des Korrelationsergebnisses gewonnen wird, können die entsprechenden Schritte in CTS wiederholt werden. Das Intervall zwischen den Korrelations-Maxima wird durch die CTS verwendet, um das verwendete Schutzintervall unter der Berücksichtigung der Betriebsart zu bestimmen und anschließend ein Abtastfenster, z. B. für ein einmaliges Rückstellen eines Zählers in den CTS zu positionieren, der mit der Symbolsequenz ($T_u + \Delta$) synchronisiert ist, die z. B. ein Zeitfenster mit der Dauer T_u mittels eines Startsignals ST, das den feinen Zeit-Synchronisationsmitteln FTS zugeführt wird, ausgibt. Die Position des Abtastfensters FFTWIN und des Abtastaktes wird in der FTC mittels eines Basis-Oszillators VCXO korrigiert, der für diesen Zweck verwendet wird.

[0041] Das Eingangssignal INP, das aus einem I-Element und einem Q-Element besteht, wird in einem Multiplizierer M mit einem Frequenz-Korrektursignal FCORR multipliziert, das von einem Oszillator NCO ausgeht. Das durch FFTWIN ausgewählte Ausgangssignal von M wird in schnellen Fourier-Transformationsmitteln FFT auf den Frequenzbereich umgewandelt und bildet schließlich das Ausgangssignal OU, das aus einem I-Element und einem Q-Element besteht.

[0042] Wenn die Betriebsart richtig identifiziert worden ist und das Abtastfenster annähernd richtig positioniert worden ist, kann die grobe AFC durch die groben AFC-Mittel CAFC ausgeführt werden. Insoweit werden die beabsichtigten kontinuierlichen Pilotsignale CPIL des gegenwärtigen Symbols in einem Datenrahmen dem Ausgangssignal aus der FFT entnommen und in der CAFC mit einem definierten Layout korreliert (45 Positionen für die 2K-Betriebsart, 177 Positionen für die 8K-Betriebsart), um präzise über ± 16 Verschiebungen für die 2K-Betriebsart und ± 64 Verschiebungen für die 8K-Betriebsart zu sein. Die Art der Korrelation wird in Abhängigkeit von der MO gewählt.

[0043] Um die grobe AFC zu verbessern, kann eine Mehrzahl von solchen Ergebnissen kombiniert oder zusammen über einer spezifischen Zahl von Symbolen, z. B. 3 bis 10, kombiniert oder verarbeitet werden, zum Beispiel durch Durchschnittsbildung, Majoritätsbildung oder Tiefpassfilterung. Das Maximum des Korrelationsprozesses oder der in einer entsprechenden Art von einer Mehrzahl solcher Maxima abgeleiteten Größe führt zu dem groben Frequenzfehler $\Delta f = p^*F_s$ und wird als Steuersignal für den Oszillator NCO verwendet. Die nächste Bewertung kann nach einem bestimmten Intervall ausgeführt werden, z. B. drei bis sechs Mal pro Rahmen. Wenn Δf kleiner als ein vorbestimmter Wert D_{max} ist (z. B. $D_{max} = F_s/3$), kann die entsprechende NCO-Abstimmung zunächst beibehalten werden, und es kann ein Wechsel auf eine feine AFC in feinen AFC-Mitteln FAFC erfolgen, denen die beabsichtigten kontinuierlichen Pilotsignale CPIL des gegenwärtigen Symbols ebenfalls zugeführt werden. Die Ausgangssignale von der CAFC und der FAFC werden in einer Kombinationsschaltung A kombiniert und als gemeinsames Steuersignal dem NCO zugeführt.

[0044] Die Korrelationsergebnisse aus der CTS und CAFC werden qualitativ in einer Bewertungsschaltung QREV bewertet. QREV empfängt in gleicher Weise die Betriebsart-Information MO für diesen Zweck. Das Ausgangssignal RC von QREV steuert dann entsprechende Teile des Empfängers.

[0045] Nach Positionierung des Abtastfensters und/oder Erzielen von $\Delta f < D_{max}$, werden die oben bezeichneten Bedingungen in spezifischen Zeitintervallen zwecks Synchronisations-Überwachung geprüft. Wenn bei-

spielsweise das Ergebnis zwei bis zehn Mal negativ ist, wird ein Neustart unter Verwendung der groben Zeit-Synchronisation in den CTS ausgeführt.

[0046] Je nach dem vorherigen Abstimmergebnis wird das empfangene Signal in dem Empfänger als „systemkonform“ und/oder „vorhanden“ oder „nicht systemkonform“ und/oder nicht vorhanden“ bezeichnet. In Abhängigkeit von diesem gegenwärtigen Bezeichnungs-Status wird während des Suchprozesses oder im Fall einer empfangenen Abtastung entweder die weitere Dekodierung des Signals ausgelöst, oder der Suchprozess wird fortgesetzt, oder die Information „nicht vorhanden“ wird für die empfangene Abtastung ausgegeben.

[0047] Wenn beabsichtigt ist, den Abstimmprozess fortzusetzen, kann nun die feine AFC ausgeführt werden. Insoweit wird die Phasenänderung in den kontinuierlichen Pilotsignalen CPIL von Symbol zu Symbol bestimmt, und es wird der Durchschnitt über alle Pilotsignale CPIL (45 für die 2K-Betriebsart, 177 für die 8K-Betriebsart) gebildet. Diese Mittelwerte können tiefpassgefiltert werden und, da sie proportional zu Δf sind, können sie ebenfalls dem Oszillator NCO beispielsweise mittels einer Kombination in A, aber mit einem verminderter Gradient zugeführt werden.

[0048] Es werden dann eine Rahmen-Synchronisation und eine feine Zeit-Synchronisation oder Abtasttakt-Einstellung ausgeführt. Dies erfolgt durch Bewertung der TPS-Pilotzellen TPS PIL, die dem Ausgangssignal in der FFT entnommen und dann in einem TPS-Dekodierer TPS DEC dekodiert werden. Das Ausgangssignal von dem letzteren wird in gleicher Weise den feinen Zeit-Synchronisationsmitteln FTS zugeführt und führt zu einer entsprechenden Korrektur des Basis-Oszillators VCXO, um den Abtasttakt CL sowie die Korrektur der Position des Abtastfensters FFTWIN zu erhalten. Der Rahmenstart (FTS-Ausgangssignal FTS O) und die Position der „verstreuten Pilotzellen“ werden mit Hilfe der Sync-Sequenz der TPS-Pilotzellen durch Korrelation bestimmt. Der Abtasttakt CL wird allen Schaltungsteilen zugeführt, die in **Fig. 1** dargestellt sind.

[0049] Die „verstreuten Pilotzellen“ können in der Zeit in der FTS interpoliert werden, so dass jeder dritte Träger als eine „verstreute Pilotzelle“ betrachtet werden kann. Das Impulsansprechen wird auf der Basis der „verstreuten Pilotzellen“ interpoliert über der Zeit mit Hilfe der Division durch die spezifizierten „verstreuten Pilotzellen“-Nominalwerte und eine inverse FFT bestimmt.

[0050] Die Diskrepanz zwischen der Mitte des Impulsansprechens und einer nominalen Position, die für einen optimalen Empfang erwünscht ist, wird dann bestimmt. Dieser Prozess wird vorteilhafterweise drei bis sieben Mal pro Rahmen wiederholt. Das Ergebnis wird vorteilhafterweise Block für Block gefiltert und dann weiterverarbeitet. Der Abtasttakt-Referenz-Oszillator VCXO in der FTS wird dann aus der Größe und Richtung der Diskrepanz korrigiert, die auf diese Weise bestimmt wird. Diese Korrektur kann auch mittels des Oszillators NCO und des Multiplizierers M ausgeführt werden. Der NCO kann eine digitale PLL enthalten.

[0051] Die Erfindung kann in DVB-Empfängern oder in Empfängern für vergleichbare digitale Signale verwendet werden, z. B. auch in DAB-Empfängern. Die angezeigten numerischen Werte werden dann in geeigneter Weise geändert, und die individuellen Synchronisations- oder Prüfschritte werden an die Referenz- oder Synchronisationsdaten angepasst, die gegenwärtig in den Rahmen übertragen werden. Im Fall des DAB-Empfängers kann das in EP-A-0 786 889 (beruhend auf CAZAC-Symbolen) beschriebene Verfahren anstatt des hier beschriebenen groben AFC-Korrelationsverfahrens (auf der Basis von kontinuierlichen Pilotsignalen) verwendet werden. Die qualitative Bewertung der erzielten Korrelationsergebnisse ist im wesentlichen identisch. Die Bewertungen gemäß der vorliegenden Erfindung sind insbesondere vorteilhaft in kombinierten Empfängern (DAB und DVB-T, oder digital und analog).

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bewertung der Systemkonformität und der Empfangsqualität eines empfangenen digitalen Mehrträgersignals (INP), das in zeitlich-spektoralen Rahmen angeordnet ist und Symbole enthält, die ein Schutz-Intervall und eine gewünschte Symbollänge T_u und Referenz-Informationen (CPIL, SCPI, TPS PIL) haben, und die in verschiedenen Betriebsarten (MO, 2k, 8k) übertragen werden können, wobei das Verfahren die Schritte enthält:

– Ausführen einer groben Zeit-Synchronisation (CTS), in der das digitale Mehrträgersignal (INP) im Zeitbereich mit dem in der Zeit verschobenen digitalen Mehrträgersignal korreliert wird;

– Ausführen einer groben Korrektur der automatischen Frequenzregelung, als grobe AFC bezeichnet, unter Verwendung von:

Multiplizierer-Mitteln (M), einem ersten Eingang von denen das digitale Mehrträgersignal (INP) zugeführt wird, Zeit-Frequenz-Fourier-Transformationsmitteln (FFT), die stromabwärts vom Ausgang der Multiplizierer-Mittel

angeordnet sind, und die ein Abtastfenster transformieren, das dem Ausgangssignal der Multiplizierer-Mittel entnommen wird, groben AFC-Mitteln (CAFC), die Ausgangssignale von den Zeit-Frequenz-Fourier-Transformationsmitteln empfangen,

und einem Oszillator (NCO), der von einem Steuer-Ausgangssignal von den groben AFC-Mitteln gesteuert wird, und der einem zweiten Eingang der Multiplizierer-Mittel ein Frequenz-Korrektursignal (FCORR) zuführt, wobei für ein gegenwärtiges Datensymbol angenommene komplexe Werte, die einem angenommenen vor-definierten Anordnungsschema der Referenz-Informationselemente (CPIL) in dem digitalen Mehrträgersignal entsprechen, von den Ausgangssignalen der Zeit-Frequenz-Fourier-Transformationsmittel genommen und über der Frequenz in den groben AFC-Mitteln mit spezifizierten Werten in einem entsprechenden spezifizierten Referenz-Informationselement-Positionsschema korreliert werden, und wobei ein von verbundenen Korrelationsergebnissen über der Frequenz abgeleiteter Maximalwert zur Bestimmung des Frequenz-Offsets des entsprechenden Basisbandsignals und zur Erzeugung eines entsprechenden Steuersignals für den Oszillator verwendet wird, um die grobe Frequenzkorrektur auszuführen,

und wobei die Zeit-Frequenz-Fourier-Transformations-mittel, die groben AFC-Mittel und der Oszillator auf der Basis einer der verschiedenen Betriebsarten (MO) arbeiten;

- qualitative Bewertung (QREV) des maximalen Korrelationswertes und der übrigen Korrelationswerte, die der groben Zeitsynchronisation (CTS) und der groben AFC-Korrektur zugeordnet sind, um die System-Konformität und/oder das Vorhandensein des digitalen Mehrträgersignals (INP) zu bestimmen;

- Verschieben des digitalen Mehrträgersignals (INP) in der groben Zeitsynchronisation (CTS) in der Zeit um mehrere Werte von T_u entsprechend den möglichen Betriebsarten, wobei die gegenwärtige Betriebsart (MO) aus der Position der Größe von Maxima der Zeit-Korrelationswerte bestimmt wird, wobei das gegenwärtige Schutzintervall aus Intervallen zwischen Maxima der Zeit-Korrelationswerte bestimmt wird und ein Abtastfenster, das eine Länge hat, die T_u entspricht, dann für die Zeit-Frequenz-Fourier-Transformations-mittel (FFT) bestimmt wird; gekennzeichnet dadurch, dass eine Prüfung ausgeführt wird, um zu bestimmen, ob ein erstes Verhältnis des maximalen Zeit-Korrelationswertes zu dem Durchschnittswert der anderen Zeit-Korrelations-Teilergebnisse, die nicht dem maximalen Wert zugeordnet sind, einen vorspezifizierten ersten minimalen Wert überschreitet, und ob ein zweites Verhältnis des maximalen Wertes der über der Frequenz ausgeführten Korrelationen zu dem Durchschnittswert der anderen Korrelations-Teilergebnisse über der Frequenz, die nicht dem maximalen Wert zugeordnet sind, einen vor-spezifizierten zweiten minimalen Wert überschreitet,

- und wenn das erste Verhältnis den minimalen Wert überschreitet bzw. beide Verhältnisse den ersten und zweiten minimalen Wert überschreiten, bestimmt wird, dass das empfangene digitale Mehrträgersignal systemkonform oder vorhanden ist, andernfalls bestimmt wird, dass das digitale Mehrträgersignal nicht systemkonform oder nicht vorhanden ist;

- Wiederholen der Korrelationsschritte, wenn aus der groben Zeitsynchronisation (CTS) kein maximales Korrelationsergebnis oberhalb eines gespeicherten Schwellwertes erhalten wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem Referenzinformationen kontinuierliche Pilotsignale (CPIL), gestreute Pilotzellen (SCPIL) und Übertragungs-Parameter signalisierende Pilotzellen (TPSPIL) – TPS-Pilotzellen genannt – umfassen, wobei bei der Korrelation in der groben RFT-Korrektur nur Informationen verwendet werden, die den kontinuierlichen Pilotsignalen entsprechen.

3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem nach der Bewertung des qualitativen Ergebnisses eine feine Zeitsynchronisation durch Rahmen- und Abtast-Takt-Synchronisationsmittel (FTS, TPSDEC) ausgeführt wird, wobei für die feine Zeitsynchronisation eine Synchronisationssequenz von TPS-Pilotzellen (TPSPIL), die dem Ausgangssignal der Zeit-Frequenz-Fourier-Transformationsmittel (FFT) entnommen werden, zur Bestimmung der Rahmenposition und der Position der verstreuten Pilotzellen (SCPIL), die ebenfalls dem Ausgangssignal der Zeit-Frequenz-Fourier-Transformations-mittel (FFT) entnommen werden, in dem Rahmen verwendet werden, und wobei der Fehler zwischen dem Nominalwert und der Mitte eines Impulsansprechens, der mit der Hilfe der verstreuten Pilotzellen aufrechterhalten wird, zur Einstellung eines entsprechenden Abtasttaktes (CL) verwendet wird.

4. Verfahren zur Bewertung der Systemkonformität und der Empfangsqualität eines empfangenen digitalen Mehrträgersignals (INP), das in zeitlich-spektralen Rahmen angeordnet ist und Symbole enthält, die ein Schutz-Intervall und eine gewünschte Symbollänge T_u und Bezugsinformationen (CPIL, SCPIL, TPSPIL) haben, und die in verschiedenen Betriebsarten (MO, 2k, 8k) übertragen werden können, wobei das Verfahren die Schritte enthält:

- Ausführen einer groben Zeitsynchronisation (CTS), in der das digitale Mehrträgersignal (INP) im Zeitbereich mit dem in der Zeit verschobenen digitalen Mehrträgersignal korreliert wird;

- Ausführen einer groben Korrektur der automatischen Frequenzregelung – als grobe AFC bezeichnet – unter Verwendung von:

Multiplizierermitteln (M) einem ersten Eingang, von denen das digitale Mehrträgersignal (INP) zugeführt wird, Zeit-Frequenz-Fourier-Transformationsmitteln (FFT), die stromabwärts vom Ausgang der Multiplizierermittel angeordnet sind, und die ein Abtastfenster transformieren, das dem Ausgangssignal der Multiplizierermittel entnommen wird, groben AFC-Mitteln (CAFC), die Ausgangssignale von den Zeit-Frequenz-Fourier-Transformationsmitteln empfangen, und einem Oszillator (NCO), der von einem Steuer-Ausgangssignal von den groben AFC-Mitteln gesteuert wird, und der einem zweiten Eingang der Multiplizierermittel ein Frequenz-Korrektursignal (FCORR) zuführt,

wobei für ein gegenwärtiges Datensymbol angenommene komplexe Werte, die einem angenommenen vordefinierten Anordnungsschema der Bezugs-Informationselemente (CPIL) in dem digitalen Mehrträgersignal entsprechen, von den Ausgangssignalen der Zeit-Frequenz-Fourier-Transformationsmittel genommen und über der Frequenz in den groben AFC-Mitteln mit spezifizierten Werten in einem spezifizierten Bezugs-Informationselement-Positionsschema korreliert werden, und wobei ein von verbundenen Korrelationsergebnissen über der Frequenz abgeleiteter maximaler Wert zur Bestimmung des Frequenz-Offsets des entsprechenden Basisbandsignals und zur Erzeugung eines entsprechenden Steuersignals für den Oszillator verwendet wird, um eine grobe Frequenzkorrektur durchzuführen;

und wobei die Zeit-Frequenz-Fourier-Transformationsmittel, die groben AFC-Mittel und der Oszillator auf der Basis einer der verschiedenen Betriebsarten arbeiten:

- qualitative Bewertung (QREV) des maximalen Korrelationswertes und der übrigen Korrelationswerte, die der groben Zeit-Synchronisation (CTS) und der groben AFC-Korrektur zugeordnet sind, um die System-Konformität und/oder das Vorhandensein des digitalen Mehrträgersignals (INP) zu bestimmen;

- Verschieben des digitalen Mehrträgersignals (INP) in der groben Zeit-Synchronisation (CTS) in der Zeit um mehrere Werte von T_u , die den möglichen Betriebsarten entsprechen, wobei die gegenwärtige Betriebsart (MO) aus der Position und den Größen von Maxima der Zeit-Korrelationswerte bestimmt wird (MDET), wobei das gegenwärtige Schutzzintervall aus Intervallen zwischen Maxima der Zeit-Korrelationswerte bestimmt wird, und ein Abtastfenster, das eine Länge hat, die T_u entspricht, dann für die Zeit-Frequenz-Fourier-Transformationsmittel (FFT) bestimmt wird, dadurch gekennzeichnet, dass:

- eine Prüfung ausgeführt wird, um zu bestimmen, ob ein erstes Verhältnis des maximalen Zeit-Korrelationswertes zu dem Durchschnittswert der anderen Zeit-Korrelations-Teilergebnisse, die nicht dem maximalen Wert zugeordnet sind, einen vor-spezifizierten ersten minimalen Wert überschreiten, und ob ein zweites Verhältnis des maximalen Wertes der über der Frequenz ausgeführten Korrelationen zu dem Durchschnittswert der anderen Korrelations-Teilergebnisse über der Frequenz, die nicht dem maximalen Wert zugeordnet sind, einen vor-spezifizierten zweiten minimalen Wert überschreitet,

- und wenn das erste Verhältnis den ersten minimalen Wert überschreitet bzw. beide Verhältnisse den ersten und zweiten minimalen Wert überschreiten, bestimmt wird, dass das empfangene digitale Mehrträgersignal systemkonform oder vorhanden ist, andernfalls bestimmt wird, dass das digitale Mehrträgersignal nicht systemkonform oder nicht vorhanden ist:

- die Referenz-Informationen kontinuierliche Pilotsignale (CPIL), gestreute Pilotzellen (SCPIL) und Übertragungs-Parameter signalisierende Pilotzellen (TPSPIL), die als TPS-Pilotzellen bezeichnet werden, umfassen, wobei bei der Korrelation von der groben AFC-Korrektur nur Informationen verwendet werden, die den kontinuierlichen Pilotsignalen entsprechen,

- und wobei nach der Bewertung des qualitativen Ergebnisses eine feine Zeit-Synchronisation durch Rahmen- und Abtasttast-Synchronisationsmittel (FTS, TPSDEC) durchgeführt wird, wobei für die feine Zeit-Synchronisation eine Synchronisationssequenz von TPS-Pilotzellen (TPSPIL), die dem Ausgangssignal der Zeit-Frequenz-Fourier-Transformationsmittel (FFT) entnommen wird, zur Bestimmung der Rahmen-Position und der Position der verstreuten Pilotzellen (SCPIL), die ebenfalls dem Ausgangssignal der Zeit-Frequenz-Fourier-Transformationsmittel entnommen werden, in dem Rahmen verwendet werden, und wobei der Fehler zwischen dem Nominalwert und der Mitte eines Impulsansprechens, der mit der Hilfe der verstreuten Pilotzellen aufrechterhalten wird, zur Einstellung eines entsprechenden Abtastaktes (CL) verwendet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, bei dem die verstreuten Pilotzellen (SCPIL) zeitlich in der feinen Zeit-Synchronisation (FTS, TPSDEC) interpoliert werden, um das Impulsansprechen zu erhalten.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, bei dem der Fehler von dem nominalen Wert mehr als einmal bestimmt wird und diese Ergebnisse in der feinen Zeit-Synchronisation (FTS, TPSDEC) kombiniert werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem in der groben AFC-Korrektur (CAFC) in jedem Fall von einer Mehrzahl von Korrelationsergebnissen, die in der Zeit nacheinander gewonnen werden, der Durchschnitt gebildet wird, um dadurch den maximalen und die übrigen Korrelationswerte für die qualitative Bewertung (QREV) zu erzeugen.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem, wenn nach Ausführung der groben AFC-Korrektur (CAFC) der Frequenzfehler kleiner als ein definierter erster Schwellwert ist, eine feine AFC (FAFC) ausgeführt wird, und bei dem ein für die feine AFC (FAFC) variable Steuerung von einer Phasenänderung abgeleitet wird, die von Symbol zu Symbol in den kontinuierlichen Pilotsymbolen (CPIL) bestimmt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem, falls während des Empfangs bestimmt wird, dass das empfangene Signal nicht mehr systemkonform ist, ein letztes akzeptables Bild eingefroren wird und/oder Audiosignale in stromabwärtigen Empfängerstufen stumm geschaltet werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem nach Positionieren des Abtastfensters und/oder Erzielen eines Frequenzfehlers, der kleiner als ein zweiter Schwellwert ist, die grobe AFC-Korrektur in spezifischen Intervallen geprüft wird, und wenn der Frequenzfehler bei mehr als einer Gelegenheit größer als der zweite Schwellwert ist, die grobe AFC-Korrektur erneut gestartet wird.

11. Empfänger zum Bewerten der Systemkonformität und der Empfangsqualität eines empfangenen Mehrträgersignals (INP), das in zeitlich-spektoralen Rahmen angeordnet ist und Datensymbole enthält, die ein Schutzintervall und eine gewünschte Symbollänge T_u und Referenz-Informationen (CPIL, SCPIL, TPS PIL) haben, und die in verschiedenen Betriebsarten (MO, 2k, 8k) übertragen werden können, wobei der Empfänger enthält:

- grobe Zeit-Synchronisationsmittel (CTS) zum Korrelieren des digitalen Mehrträgersignals (INP) im Zeitbereich mit dem in der Zeit verschobenen digitalen Mehrträgersignal;
- Multiplizierermittel (M), von denen ein erster Eingang das digitale Mehrträgersignal (INP) empfängt;
- Zeit-Frequenz-Fourier-Transformationsmittel (FFT), die stromabwärts von dem Ausgang der Multiplizierermittel angeordnet sind und ein Abtastfenster aus dem Ausgangssignal der Multiplizierermittel transformieren;
- grobe AFC-Mittel (CAFC), die Ausgangssignale von den Zeit-Frequenz-Fourier-Transformationsmitteln empfangen, und einen Oszillator (NCO), der von einem Steuer-Ausgangssignal der groben AFC-Mittel gesteuert wird, und der einem zweiten Eingang der Multiplizierermittel ein Frequenz-Korrektursignal (FCORR) zuführt, wobei für ein gegenwärtiges Datensymbol die groben AFC-Mittel über der Frequenz angenommene komplexe Werte, die einem angenommenen vordefinierten Anordnungsschema der Referenz-Informationselemente (CPIL) in dem digitalen Mehrträgersignal entsprechen, und die Ausgangssignale der Zeit-Frequenz-Fourier-Transformationsmittel sind, mit spezifischen Werten in einem entsprechenden spezifizierten Referenz-Informationselement-Positionsschema korreliert werden, und wobei die groben AFC-Mittel aus einem maximalen Wert, der von verbundenen Korrelationsergebnissen über der Frequenz abgeleitet wurde, den Frequenz-Offset des entsprechenden Basisbandsignals bestimmen und ein entsprechendes Steuersignal an den Oszillator liefern, um eine grobe Frequenzkorrektur durchzuführen,
- und wobei die Zeit-Frequenz-Fourier-Transformationsmittel, die groben AFC-Mittel und der Oszillator auf der Basis einer der verschiedenen Betriebsarten (MO) arbeiten;
- Mittel (QREV) zur qualitativen Bewertung des maximalen Korrelationswertes und der übrigen Korrelationswerte, die der groben Zeit-Synchronisation (CTS) und der groben AFC-Korrektur zugeordnet sind, um die System-Konformität und/oder das Vorhandensein des digitalen Mehrträgersignals (INP) zu bestimmen; wobei die groben Zeit-Synchronisationsmittel (CTS) das digitale Mehrträgersignal in der Zeit um mehrere Werte von T_u entsprechend den möglichen Betriebsarten verschieben;
- einen stromabwärts von den groben Zeit-Synchronisationsmitteln angeordneten Betriebsarten-Detektor (MDET), um die gegenwärtige Betriebsart (MO) aus der Position und den Größen der Maxima der Zeit-Korrelationswerte zu bestimmen, und um ein Abtastfenster mit einer T_u entsprechenden Länge für die Zeit-Frequenz-Fourier-Transformationsmittel (FFT) zu bestimmen; gekennzeichnet dadurch: dass die Mittel (QREV) zur qualitativen Bewertung bestimmen, ob ein erstes Verhältnis des maximalen Zeit-Korrelationswertes zu dem Durchschnittswert der anderen Zeit-Korrelations-Teilergebnissen, die nicht dem maximalen Wert zugeordnet sind, einen vor-spezifizierten ersten minimalen Wert überschreitet, und ob ein zweites Verhältnis des maximalen Wertes der über der Frequenz ausgeführten Korrelationen zu dem Durchschnittswert der anderen Korrelations-Teilergebnisse über der Frequenz, die nicht dem maximalen Wert zugeordnet sind, einen vor-spezifizierten zweiten minimalen Wert überschreitet, und wenn das erste Verhältnis den ersten minimalen Wert überschreitet bzw. beide Verhältnisse den ersten und zweiten minimalen Wert überschreiten, bestimmt wird, dass das empfangene digitale Mehrträgersignal systemkonform oder vorhanden ist, andernfalls bestimmt wird, dass das empfangene digitale Mehrträgersignal nicht systemkonform oder nicht vorhanden ist;
- dass die groben Zeit-Synchronisationsmittel (CTS) die Korrelationsschritte wiederholen, wenn kein maximales Korrelationsergebnis oberhalb eines gespeicherten Schwellwertes von der groben Zeit-Synchronisation (CTS) erhalten wird.

12. Empfänger zum Bewerten der Systemkonformität und der Empfangsqualität eines empfangenen digi-

talen Mehrträgersignals (INP), das in zeitlich-spektoralen Rahmen angeordnet ist und Datensymbole enthält, die ein Schutzintervall und eine gewünschte Symbollänge T_u und Referenz-Informationen (CPIL, SCPIL, TP-SPI) haben, und die in verschiedenen Betriebsarten (MO, 2k, 8k) übertragen werden können, wobei der Empfänger enthält:

- grobe Zeit-Synchronisationsmittel (CTS), um das digitale Mehrträgersignal (INP) in dem Zeitbereich mit dem in der Zeit verschobenen digitalen Mehrträgersignal zu korrelieren;
- Multiplizierermittel (M), von denen ein erster Eingang das digitale Mehrträgersignal (INP) empfängt;
- Zeit-Frequenz-Fourier-Transformationsmittel (FFT), die stromabwärts vom Ausgang der Multiplizierermittel angeordnet sind, und die ein Abtastfenster von dem Ausgangssignal der Multiplizierermittel transformieren;
- grobe AFC-Mittel (CAFC), die Ausgangssignale von den Zeit-Frequenz-Fourier-Transformationsmitteln empfangen, und einen Oszillatoren (NCO), der von einem Steuer-Ausgangssignal von den groben AFC-Mitteln gesteuert wird, und der einem zweiten Eingang der Multiplizierermittel ein Frequenz-Korrektursignal (FCORR) zuführt,

wobei für ein gegenwärtiges Datensymbol die groben AFC-Mittel über der Frequenz angenommene komplexe Werte, die einem angenommenen vordefinierten Anordnungsschema der Referenz-Informationselemente (CPIL) in dem digitalen Mehrträgersignal entsprechen, und die Ausgangssignale der Zeit-Frequenz-Fourier-Transformationsmittel sind, mit spezifischen Werten in einem entsprechenden spezifizierten Referenz-Informationselemente-Positionsschema korreliert werden,

und wobei die groben AFC-Mittel aus einem maximalen Wert, der von verbundenen Korrelationsergebnissen über der Frequenz abgeleitet wurde, den Frequenz-Offset des entsprechenden Basisbandsignals bestimmen und ein entsprechendes Steuersignal an den Oszillatoren liefern, um die grobe Frequenzkorrektur auszuführen, und wobei die Zeit-Frequenz-Fourier-Transformationsmittel, die groben AFC-Mittel und der Oszillatoren auf der Basis einer der verschiedenen Betriebsarten (MO) arbeiten;

- Mittel (QREV) zur qualitativen Bewertung des maximalen Korrelationswertes und der übrigen Korrelationswerte, die der groben Zeit-Synchronisation (CTS) und der groben AFC-Korrektur zugeordnet sind, um die System-Konformität und/oder das Vorhandensein des digitalen Mehrträgersignals (INP) zu bestimmen;
- die groben Zeit-Synchronisationsmittel (CTS) das digitale Mehrträgersignal in der Zeit um mehrere Werte von T_u entsprechend den möglichen Betriebsarten verschieben;
- einen stromabwärts von den groben Zeit-Synchronisationsmittel angeordneten Betriebsarten-Detektor (MDET), der die gegenwärtige Betriebsart (MO) aus der Position und den Größen der Maxima der Zeit-Korrelationswerte bestimmt, und um das gegenwärtige Schutzintervall aus den Intervallen zwischen Maxima der Korrelationswerte zu bestimmen, und um ein Abtastfenster mit einer T_u entsprechenden Länge für die Zeit-Frequenz-Fourier-Transformationsmittel (FFT) zu bestimmen; gekennzeichnet dadurch, dass die Mittel (QREV) zur qualitativen Bewertung bestimmen, ob ein erstes Verhältnis des maximalen Zeit-Korrelationswertes zu den anderen Zeit-Korrelations-Teilergebnissen, die nicht dem maximalen Wert zugeordnet sind, einen vorspezifizierten ersten minimalen Wert überschreitet, und ob ein zweites Verhältnis des maximalen Wertes der über der Frequenz ausgeführten Korrelationen zu dem Durchschnittswert der anderen Korrelations-Teilergebnisse, die nicht dem maximalen Wert zugeordnet sind, einen vor-spezifizierten zweiten minimalen Wert überschreitet, und wenn das erste Verhältnis den ersten minimalen Wert überschreitet bzw. beide Verhältnisse den ersten und zweiten Minimalwert überschreiten, bestimmt wird, dass das digitale Mehrträgersignal systemkonform oder vorhanden ist, andernfalls bestimmt wird, dass das empfangene digitale Mehrträgersignal nicht systemkonform oder nicht vorhanden ist;
- dass die groben AFC-Mittel in der Korrelation nur Informationen verwenden, die kontinuierlichen Piloten-Signale entsprechen, die zusammen mit verstreuten Pilotzellen (SCPIL) und Übertragungs-Parameter signalisierenden Pilotzellen (TPSPIL) – TPS-Pilotzellen genannt – in den Referenz-Informationen (CPIL) enthalten sind;
- dass ein TPS-Dekodierer (TPSDEC) und feine Zeit-Synchronisationsmittel (FTS) vorgesehen sind, die eine feine Zeit-Synchronisation durch Bewerten einer Synchronisationssequenz aus TPS-Pilotzellen (TPSPIL), die dem Ausgangssignal der Zeit-Frequenz-Fourier-Transformationsmittel (FFT) entnommen werden, ausführen, um die Rahmenposition und die Position der verstreuten Pilotzellen (SCPIL), die ebenfalls vom Ausgangssignal der Zeit-Frequenz-Fourier-Transformationsmittel den feinen Zeit-Synchronisationsmitteln zugeführt werden, in dem Rahmen zu bestimmen;
- wobei die feinen Zeit-Synchronisationsmittel den Fehler zwischen einem nominalen Wert und der Mitte eines Impulsansprechens bewerten, der mit Hilfe der verstreuten Pilotzellen erhalten wird, um einen entsprechenden Abtasttakt (CL) einzustellen.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

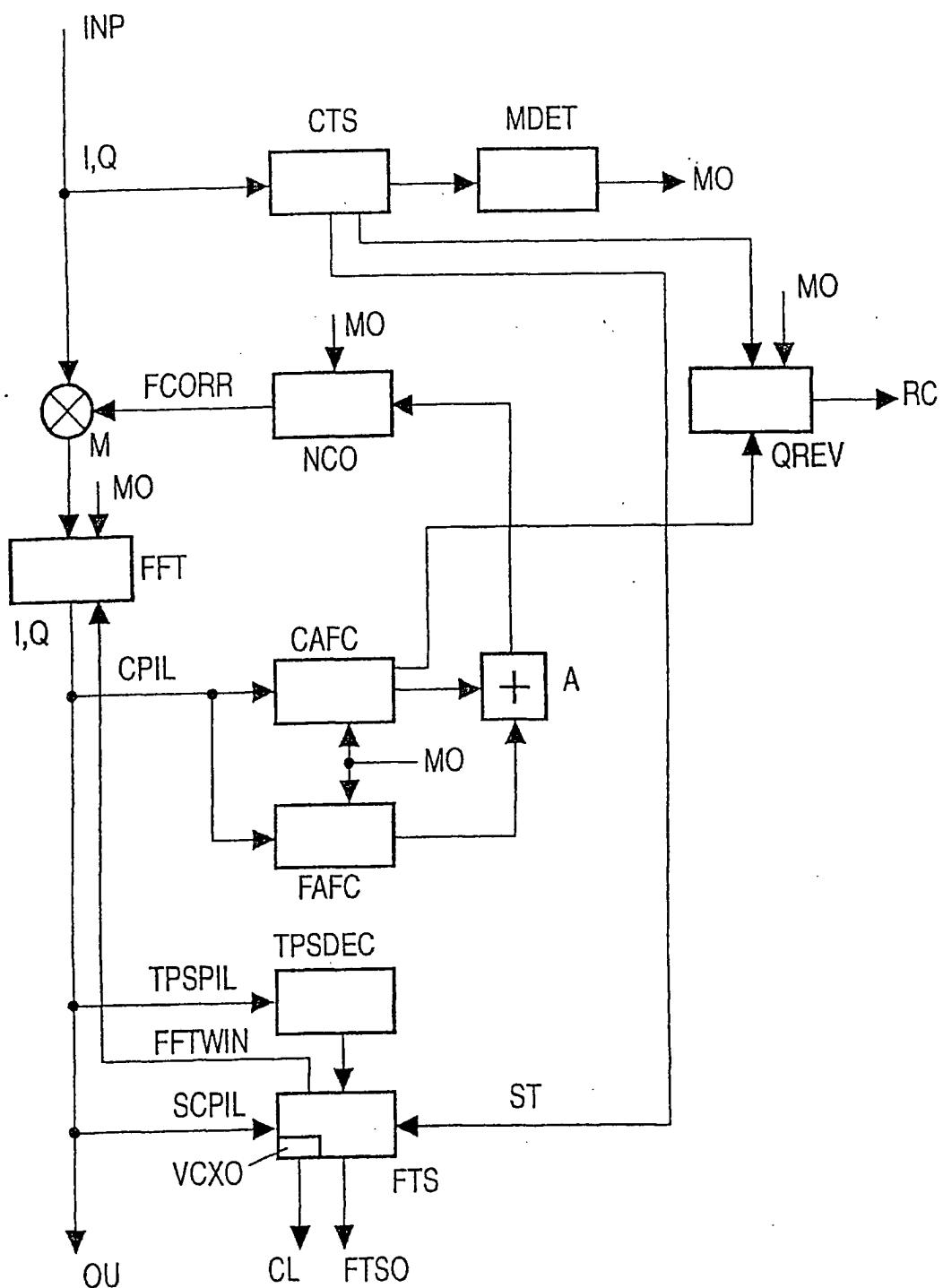


Fig.1