

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
 【部門区分】第7部門第3区分
 【発行日】平成21年11月12日(2009.11.12)

【公表番号】特表2008-504726(P2008-504726A)
 【公表日】平成20年2月14日(2008.2.14)
 【年通号数】公開・登録公報2008-006
 【出願番号】特願2007-517313(P2007-517313)
 【国際特許分類】

H 0 4 J 11/00 (2006.01)

【F I】

H 0 4 J 11/00 Z

【誤訳訂正書】

【提出日】平成21年9月24日(2009.9.24)

【誤訳訂正1】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】全文

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】OFDM信号のためのFFT搬送波周波数オフセット推定

【技術分野】

【0001】

本発明は、OFDM信号を受信するための受信器に関する。さらに、本発明は、OFDM信号を受信するための移動局、サブアセンブリ、チップセット、コンピュータプログラム、および当該の装置の使用に関する。

【背景技術】

【0002】

直交周波数分割多重(Orthogonal Frequency Division Multiplexing; OFDM)無線技術のような、マルチキャリア信号無線技術は、概してさまざまな周波数によって非常に多くのデータを送信するために使用される。OFDMは、DVBシステムのような、デジタルブロードキャストシステムにおいて使用することができる。デジタル化されたものとして、それ自体がテレビおよびラジオにおいて長い歴史を持つ、ブロードキャストシステムのようなマルチキャリア信号システムにおける環境および状況により、もともとは対象とされていなかった状況で、マルチキャリア信号技術を評価する必要性が生まれた。この種の状況の一例には、移動体受信が挙げられる。したがって、OFDM無線技術は、高まるモビリティの課題に直面している。

【0003】

RF界における問題の一例には、周波数オフセットが挙げられる。当該の信号を受信するとき、キャリア中心周波数は、通常のチャネルラスタからオフセットすることが可能である。オフセットは、最大で0.5MHzとすることが可能である。既知の方法、受信器、受信器チップ、または装置は、限られた最大オフセットを有する信号に同期させることしかできない。一般に、この最大オフセットは、約130kHzである。したがって、チャネルサーチは、チャネルごとに複数のオフセットによって行わなければならない。

【0004】

当該の、既知の同期化およびチャネルサーチ/同調は、以下に基づくことができる。チャネルサーチ中、RF復調器は、約125kHzのステップで、交渉周波数にわたってスキャンする。したがって、4つのステップ($f_c - 0.375\text{MHz}$ 、 $f_c - 0.125\text{MHz}$ 、 $f_c + 0.125\text{MHz}$ 、 $f_c + 0.375\text{MHz}$)によって、すべての可能な値域がカバーされる。

【 0 0 0 5 】

これは、非常に時間がかかる既知のソリューションである。特に、所与の周波数オフセットに対するすべてのチャンネルサーチは、最大で数秒かかる可能性がある。したがって、移動体受信に対する同期としては時間がかかり過ぎてしまう。

【 発明の開示 】

【 0 0 0 6 】

したがって、本発明は、所要の同期を短縮するために、受信器、移動局、サブアセンブリ、チップセット、およびコンピュータプログラムを提供することを目的とする。本目的は、請求項1に基づく受信器によって達成される。本発明の更なる側面では、請求項17に記載の移動局、請求項18に記載のサブアセンブリ、請求項19に記載のチップセット、および請求項22に記載のコンピュータプログラムも提供する。さらに、当該の装置の使用およびデータシステムを提供する。

【 0 0 0 7 】

本発明によれば、FFT変換された受信OFDM信号のスペクトル形状は、起こりうる搬送波周波数オフセットを示すことになることができる。したがって、公知のスキャンプロセスを必要としない。スキャンプロセスにはかなりの時間がかかるので、本発明は、受信時間の大幅な短縮を達成する。さらに、受信器は、所望の周波数/チャンネルに、より直接的に同調させることができる。

【 0 0 0 8 】

本発明の更なる実施形態では、OFDM無線信号を受信するための受信器を開示する。FFT変換は、受信信号に対して実行される。受信器に既存のFFTを用いることによって、ラフな搬送波周波数オフセット推定が、例えばただ1回の2k FFTによって導出される。例えばガードバンドの位置などのOFDM信号スペクトル形状は、搬送波オフセットを判断するように適用され、処理される。

【 0 0 0 9 】

さらに別の実施形態では、推定器（または、いわゆるワンショットのFFTブロック、あるいはワンショットブランチ、または搬送波周波数推定器とも称される）が、幾分直接的に利用可能なラフな周波数オフセット推定を出力する。これによって、受信器のRF変調器の $\pm 125\text{kHz}$ の取得値域への直接的な同調が可能になる。したがって、スキャンが不要となり、受信器における信号受信処理の時間が大幅に短縮される。

【 0 0 1 0 】

本発明の更なる実施形態を、従属請求項に明記した。

【 更なる実施形態の説明 】

【 0 0 1 1 】

以下、添付図面を参照して本発明について一例として説明する。本発明の更なる実施形態は、受信器の起動中の、OFDM無線信号の受信、特にチャンネルサーチに関する。OFDM信号および更なる実施形態は、DVB-T/Hシステム（例、地上の、無線、携帯型、または、携帯型DVBシステム）に適用可能である。

【 0 0 1 2 】

簡潔に述べたように、図1は、本発明のいくつかの更なる実施形態に基づく、FFT（Fast Fourier Transformation；高速フーリエ変換）信号のガードバンド（102）を示す周波数オフセットのないスペクトルシナリオ（100）を示す図である。いくつかの更なる実施形態に基づくアルゴリズムは、ガードバンド（102）を検出することに基づくものである。ガードバンド（102）を図1に明確に示す。FFTは、 $-4.6 \sim 4.6\text{MHz}$ のFFT値域（101）を完全にカバーする。したがって、ガードバンド（102）を検出することが可能であり、ガードバンドは一般に、 $-4.2 \sim -3.8\text{MHz}$ 、および $3.8 \sim 4.2\text{MHz}$ である。スペクトル形状は、たとえば受信器のフィルタリング（103）において、図1に目立つように示すことができる。

【 0 0 1 3 】

[種々の更なる実施形態において搬送波オフセットを判断する際のスライディングウィンドウ出力合計]

32の副搬送波にわたってスライディングウィンドウ出力合計（SWPS）を用いることによって、電流チャネルの出力プロファイルを導出することができる。

$$SWPS_n = \sum_{m=-u}^{u-1} |f_{n+m}|^2 \text{ with } n \in \mathbb{N} | \{u \leq n \leq (2048-u)\} \text{ and } u=16.$$

【 0 0 1 4 】

ここで、Nは、式内のすべての自然数を示す。この例では、nに対する第1の値は16であり、その合計は f_0 から f_{31} までの値をとる。nに対する次の値は、次の合計が f_1 から f_{32} までの値をとるように、17とすることができる。最後の値は、2032（2048-u）である。したがって、2017（SWPS）を計算することができる。2017ラウンドのすべてに対して計算を実行する必要がない点に留意されたい。よって、この特徴は、種々の実施形態には重要でない。これらのより短いラウンドおよびより速い計算を、種々のさらに別の実施形態に記述する。

【 0 0 1 5 】

基本的に、その関連するSWPSが、総出力（P）の特定の割合（p）以下である場合には、副搬送波はガードバンド（102）に属するものとみなされる。

$$P = \sum_{m=0}^{2047} |f_m|^2$$

【 0 0 1 6 】

しかし、効率的な実装およびより短い処理時間を可能にするために、基準出力（ $P_{ref,n}$ ）が、 $SWPS_n$ の計算に必要な搬送波に基づいて計算される。

$$P_{ref,n} = \frac{\sum_{m=0}^n SWPS_m}{n}$$

であるとき、もし

$$SWPS_n \leq p * P_{ref,n}$$

であれば、

$$SWPS_n \in \text{Guardband}$$

である。

pの値は変化させることができる。一般に、 $p \sim 0.5$ である。

【 0 0 1 7 】

以降の処理では、ある数の連続した副搬送波（一般に～200）の範囲内で、すべての副搬送波がこの基準を満たすことを確認することによって、効率的に誤検出をフィルタ処理する。ガードバンド（102）のより低い領域は、これらの200の連続した副搬送波のうちの第1のものによって与えられる。

【 0 0 1 8 】

実際の送信モードに関係なく、本発明の更なる実施形態では、単一の2kのFFTを使用して、ワンショットのFFTを適用することができる。

【 0 0 1 9 】

種々の実施形態を、2kモードに関連して記述した。例えば、時折実際の送信モード（2k、4k、8k）にも関係なく、その単一の2kのFFTが使用される。周波数の観点から、4kモードでは、2つの搬送波が組み合わせられる点に留意されたい。さらに、8kモードでは、それぞれ4つのキャリアを組み合わせることができる。したがって、4kおよび8kモードは、

搬送波を組み合わせることによって適用可能である。4kおよび8kのモードでは、搬送波のうちのいくつかを無視することができ、2kモードに一致する搬送波に着目している。例えば、4kおよび8kのモードにおけるあらゆる更なるキャリア（例、2kモードの搬送波間の位置）の情報は、部分的に2kのキャリアに折り置まれる。2kモードのFFTは十分に正確であり、また、ウィンドウ出力合計は32の副搬送波を使用することが好ましい。

【0020】

[種々のオフセット補正]

更なる実施形態では、達成された精度を $\pm 130\text{kHz}$ の範囲内に、好都合に提供する。それに応じて搬送波周波数を修正することによって、残りの搬送波周波数オフセットは、好都合にFFT後の搬送波周波数の同期化の範囲内である。

【0021】

[更なる実施形態を可能にする許容範囲]

いくつかの更なる実施形態における式は、2048の搬送波のすべて（例えばチャネル全体）に対して計算を行わなければならないことを示すことがありうるが、計算プロセスを中断して搬送波オフセット推定を見出すことができる。FFTにおいて搬送波の位置に対する十分な結果が計算されたときに、その結果は、ガードバンド（102）を見いだしたことを示すことができる。したがって、搬送波オフセットを決定することができる。基準出力（ $P_{ref, n}$ ）の計算は、スライディングウィンドウ出力合計（ $SWPS_n$ ）の計算と、いずれも0～2047の搬送波に対して、平行して実行されるので、（ $P_{ref, n}$ ）および（ $SWPS_n$ ）の全ての値を検出する前に、ガードバンドを計算することができる。これは、全ての搬送波を計算する必要がない、すなわち、0～nの（ $P_{ref, n}$ ）および（ $SWPS_n$ ）の搬送波を計算するだけでよいので、可能である。

【0022】

図2の更なる実施形態を参照する。図2は、ワンショットのFFTを有する受信器（200）の簡略化した部分的なブロック図である。受信器（200）は、OFDM無線周波信号を受信するためのアンテナを備える。フロントエンド（201）は、受信器（200）での無線周波の受信を開始するための、受信器（200）内のアンテナに続く。受信器（200）はまた、受信したOFDM信号にFFTを実行するためのFFTブロック（202）も備える。FFTブロック（202）は、デジタルOFDM受信器における標準的なブロックである点に留意されたい。例えば、通常FFTは、RF信号に対して常に実行される。したがって、既存のFFTの結果の適用に有益である。さらにまた、受信器（200）は、いわゆるワンショットブロック（203）を備える。上述のように、ワンショットブロック（203）は、代わりにワンショットブランチと見なすことができるので、ワンショットのループ全体を示す。さらに、ワンショットは、図2の例に対する本発明の範囲を制限することなく、搬送波オフセットを推定するための、推定器と見なすこともできる。

【0023】

図2を参照する。ワンショットブロック（203）は、FFTブロック（202）のFFTを得る。それによって、ワンショットブロック（203）は、直接的にラフな周波数オフセット推定を行うことができる。これは、受信器の、所望の周波数/チャネルへの直接的な同調を可能にできる。ワンショットブロック（203）の出力は、（周波数帯域における）立ち下がりが検出される、第1のチャネルの中心周波数である。概して、ワンショットブロック（203）は、同調中心周波数を制御するか、または制御するように構成される。受信器は、中心周波数に基づいて、それに応じて搬送波周波数を修正することができる。それによって、残りの搬送波周波数オフセットは、FFT後の搬送波周波数の同期化の範囲内とすることができる。

[受信器におけるワンショットブランチ]

【0024】

概して、ワンショットブロック（203）または搬送波オフセット推定器は、受信器の通常のデータ経路の一部でなくてよい。例えば、ロジックの追加部分、すなわち、可能な搬送波周波数オフセットを判断するために一度実行するものとみなすことができる。

[制御]

【 0 0 2 5 】

ワンショットブロック (203) または搬送波オフセット推定器 (など) は、スタンダードモードとすることができる。ワンショットブロック (203) は、例えばチャネルシナリオが未知である場合に、別々に起動することが必要になる場合がある。ソフトウェア、ロジックなどは、結果を取り込み、フロントエンド (201) の中心周波数を同調させて、通常の受信を起動する。すなわち、搬送波オフセットが補償される。ロジックは、ワンショットブランチまたは通常の受信の実行にわたる完全な制御を有することができる。しかし、ワンショットブロック (203) を受信におけるデフォルトのオプションにすることも可能である。例えば、信号は、ワンショットブロック (203) によって常に確認される。

【 0 0 2 6 】

図3を参照する。図3は、本発明の更なる実施形態に基づく、ワンショットブロックの機能ブロック図 (300) である。図3の例は、組み合わせたブロックおよびプロセス図を示す。種々のブロックへの入力を「a」および「b」で示し、ブロックの出力を「c」で示す。搬送波周波数推定器におけるFFT信号の処理は、IおよびQのブランチの処理で始まる。

【 0 0 2 7 】

そこでは、ステップ (301) で、信号に対する $|I|^2 + |Q|^2$ の値が決定される。実施形態に対応するこれらの値は、 $(SWPS_n)$ の式の値 $|fn+m|^2$ である。ブロック (302) は、Fifoバッファを示す。基本的に、各副搬送波に対する値は、Fifoに1つずつ入力される。Fifoは、例えば、32の副搬送波に対する値を保持することができる。ステップ (303) で、ウィンドウ合計が判断される。1を加えた副搬送波 (すなわち次の副搬送波) の計算、および各nに対するウィンドウ合計の「最も古い」ものを差し引く計算が行われる。例えば、ウィンドウ合計は、変数nに対する $(SWPS_n)$ の決定を表すことができる。ステップ (304) で、総合計が決定される。総合計は、ウィンドウ合計から導出される。例えば、 $P_{ref, n}$ は、総合計の一例とすることができ、ステップ (308) で、カウントnで除され、「総合計/n」= $P_{ref, n}/n$ の値で与えられる。ステップ (305) で、ウィンドウ合計がスケーリングされる。スケーリングファクタは、この例では $1/p$ である。ステップ (309) で、スケーリングされたウィンドウ合計は、nで除した「総合計」と比較される。スケーリングされたウィンドウ合計が「総合計/n」より小さければ、副搬送波nがガードバンドに属することを示す。スケーリングされたウィンドウ合計がより大きければ、副搬送波nがガードバンドに属しないことを示す。「総合計/n」より小さいウィンドウ合計の数は、ステップ (309) とステップ (310) との間のループ「cnt」において計算され、ステップ (310) で入力として使用される。この蓄積されたカウント値は、ガードバンドに属する副搬送波の数を示す。ステップ (310) で、最終的に、周波数オフセットが推定される。オフセットファクタ (306) は、副搬送波のスペーシングである。周波数オフセット (307) は、副搬送波のスペーシング (306) をn倍したものである。周波数オフセットは、ウィンドウ合計のスケールの信頼性の高い閾値数が、この副搬送波のインデックスで除した総合計よりも小さい、実際の副搬送波に対して有効となりうる。オフセットファクタを乗じられる副搬送波の数は、FFTの値域の始まりに対して、周波数オフセットを与えることができる。

[同調周波数に関する柔軟性]

【 0 0 2 8 】

同調周波数は、ロジックによって好都合に定義することができる。これは、起動フェーズの際でも、中心周波数に対する適切な第1の初期値を可能にするために、国ごとに異なる。

[信号にロックするための種々のシナリオ]

【 0 0 2 9 】

種々の更なる実施形態では、信号にロックするための異なるシナリオを記述する。場合によっては、受信器が搬送波オフセットの補正能力がなくても機能できる点に留意されたい。しかし、いずれにせよ、「標準的な」プロシージャが失敗する、などに対する明らかなニーズが存在する。

(A) チャンネルおよび送信パラメータは、既知である。したがって、スキャンは必要でない。

(B) チャンネルは既知であるが、送信パラメータは未知である。本実施形態では、実際のスキャンは必要でない。受信器は、十分に低いビットエラーレートが受信されるまで、異なるパラメータを確認する。

チャンネル中心周波数が十分正確に満たされない場合には、これらの2つのモードは、バックアップソリューションを含むことができる。例えば、デジタルベースの帯域の受信器は、狭い値域(500Hz)でチャンネルをシフトさせることができる。しかし、このプロセスは、場合によっては非常に時間がかかりうる。

(C) 新しい周波数帯域シナリオが予想されることになっている場合には、チャンネルオフセットを検出するために、搬送波周波数推定器またはワンショットブランチを使用することができる。その後、上述の2つのシナリオのうちの1つは、好都合にも、時間のかかる中心周波数のデジタルシフトを用いる必要なしに、専用チャンネルにロックし始めることができる。

【0030】

(A) または (B) に関する実施形態が、適切な、または所望の受信をもたらさない場合には、ワンショットブランチまたは搬送波オフセットの検出プロセスは、受信器のオフセットの発見を助力することが可能である。したがって、受信した信号は、それに応じて修正することができる。

〔更なる実施形態〕

【0031】

種々の本発明の更なる実施形態は、多くのDVB-T/H受信器において実行することができる。いくつかの実施形態では、これは、例えばASICによって行うことができる。例えば、更なる実施形態に基づいて、OFDM信号を受信するためのチップセットは、1つ以上のASICチップとすることが可能である。しかし、類似した原理を、ソフトウェアの実施形態にも使用することができる点に留意されたい。

〔効果および範囲〕

【0032】

上述の説明は多くの具体例を含むが、これらは単に本発明を示すために提供されるものであり、本発明の範囲を制限するものとして解釈されるべきものではない。したがって、本発明の趣旨または範囲から逸脱することなく、本発明の装置およびプロセスに種々の改良および変更が行えることは、当業者に明らであろう。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】本発明のいくつかの更なる実施形態に基づく、FFT信号のガードバンドを示す周波数オフセットのない例示的なスペクトルのシナリオを示す図である。

【図2】本発明の更なる実施形態に基づく、ワンショットのFFTを有する受信器の簡略化した部分的なブロック図である。

【図3】本発明の別の更なる実施形態に基づく、ワンショットブロックの機能ブロック図である。