

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4087047号
(P4087047)

(45) 発行日 平成20年5月14日(2008.5.14)

(24) 登録日 平成20年2月29日(2008.2.29)

(51) Int.Cl.

F I

H04J 11/00 (2006.01)

H04J 11/00 Z

H03H 17/02 (2006.01)

H03H 17/02 671C

H03H 17/06 (2006.01)

H03H 17/06 635B

H04B 3/04 (2006.01)

H04B 3/04 A

H04H 20/00 (2008.01)

H04H 1/00 A

請求項の数 1 (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2000-303099 (P2000-303099)
 (22) 出願日 平成12年10月3日(2000.10.3)
 (65) 公開番号 特開2002-111625 (P2002-111625A)
 (43) 公開日 平成14年4月12日(2002.4.12)
 審査請求日 平成18年2月16日(2006.2.16)

特許権者において、実施許諾の用意がある。

(73) 特許権者 000004352
 日本放送協会
 東京都渋谷区神南2丁目2番1号
 (74) 代理人 100147485
 弁理士 杉村 憲司
 (74) 代理人 100143568
 弁理士 英 貢
 (74) 代理人 100072051
 弁理士 杉村 興作
 (72) 発明者 中原 俊二
 東京都世田谷区砧1丁目10番11号 日
 本放送協会 放送技術研究所内
 (72) 発明者 岡野 正寛
 愛知県名古屋市東区東桜1丁目13番3号
 日本放送協会 名古屋放送局内
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 OFDM信号受信装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

伝送路とOFDM信号受信装置内に配置された周波数特性 W ()の波形等化フィルタとを介して伝送されてきた信号に含まれるパイロット信号 Y ()と、前記OFDM信号受信装置内にあらかじめ保持している送信信号に含まれるパイロット信号 S ()とから前記波形等化フィルタを含めた全体の伝送路応答 Z ()を推定する手段、該手段により推定した前記波形等化フィルタを含めた伝送路応答 Z ()と前記波形等化フィルタの周波数特性 W ()とから前記波形等化フィルタによるマルチパスのキャンセル残差を求める手段、および該手段により求めたマルチパスのキャンセル残差が最小になるように前記波形等化フィルタのタップ係数を制御する手段を具備してなることを特徴とするOFDM信号受信装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing: 直交周波数分割多重)伝送方式によって伝送されたOFDM信号を受信するためのOFDM信号受信装置に係り、特に、ガードインターバル長を越える遅延時間のマルチパス環境下やSFN(Single Frequency Network: 単一周波数網)内でのシンボル間干渉による伝送特性の劣化を軽減するための適応等化フィルタを具備したOFDM信号受信装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

OFDM伝送方式においては、通常、マルチパスによるシンボル間干渉を避けるため、送信側において、有効シンボル期間にガードインターバル期間を付加して送信している。

【0003】**【発明が解決しようとする課題】**

この送信されたガードインターバル期間に基づいて、遅延波の遅延時間がガードインターバル長以内であれば、シンボル間干渉が生じないようにウィンドウで有効シンボル期間を切り出して復調することができる。しかし、遅延波の遅延時間がガードインターバル長を越える場合には、ウィンドウで有効シンボル期間を切り出すことができないため、やはり、シンボル間干渉が生じて伝送特性を劣化させることになる。

10

【0004】

そこで、ガードインターバル長を越える遅延時間の遅延波が存在する場合、シンボル間干渉が生じないようにするためには、伝送特性を補償するべく受信信号の波形等化を行うことが必要となる。

【0005】

公開特許公報、特開平11-298434号に、シンボル間干渉が生じる遅延波の波形等化に関して、FFT (Fast Fourier Transform: 高速フーリエ変換) 処理以前の段階で、受信信号の自己相関を求めて波形の適応等化を行うことが記載されているが、この場合、自己相関がピークとなる位相を検出して適応等化フィルタのタップ係数を設定しているため、マルチパスによる遅延波の数が増える毎に最適値への収束に時間がかかるという問題がある。また、この方法では、雑音を含む信号どうしの比較をしているため、波形等化に必要なタップ係数の推定精度も低下する。

20

【0006】

そこで、本発明の目的は、受信信号にガードインターバル長を越える遅延時間の遅延波が存在する場合、従来の適応等化フィルタを用いた波形等化では、マルチパスによる遅延波の数が増える毎に最適値への収束に時間がかかったり、また、波形等化に必要なタップ係数の推定精度も低下するといった問題があったのを、これら問題が排除されたOFDM信号受信装置を提供することにある。

【0007】**【課題を解決するための手段】**

30

上記目的を達成するために、本発明OFDM信号受信装置は、伝送路とOFDM信号受信装置内に配置された周波数特性 $W(\quad)$ の波形等化フィルタとを介して伝送されてきた信号に含まれるパイロット信号 $Y(\quad)$ と、前記OFDM信号受信装置内にあらかじめ保持している送信信号に含まれるパイロット信号 $S(\quad)$ とから前記波形等化フィルタを含めた全体の伝送路応答 $Z(\quad)$ を推定する手段、該手段により推定した前記波形等化フィルタを含めた伝送路応答 $Z(\quad)$ と前記波形等化フィルタの周波数特性 $W(\quad)$ とから前記波形等化フィルタによるマルチパスのキャンセル残差を求める手段、および該手段により求めたマルチパスのキャンセル残差が最小になるように前記波形等化フィルタのタップ係数を制御する手段を具えてなることを特徴とするものである。

【0008】

40

【発明の実施の形態】

以下に添付図面を参照し、発明の実施の形態に基づいて本発明を詳細に説明する。

なお、以下に説明する本発明の実施の形態は、ISDB-T (Integrated Services Broadcasting for Terrestrial: 地上統合デジタル放送) に関する実施形態である。

また、以下の実施形態では、パイロット信号として振幅・位相の基準であるSP (Scattered Pilot: スキャッタードパイロット) 信号を使用するものとする。

【0009】

図1は、本発明OFDM信号受信装置の一実施形態をブロック図にて示している。

図1において、1は減算回路、2はFIR (Finite Impulse Response) フィルタ、3はウィンドウ回路、4はFFT (Fast Fourier Transform: 高速フーリエ変換) 回路、5は

50

S P 信号抽出回路、6 は S P 復調回路、7 は基準 S P 信号発生回路、8 は複素除算回路、9 は信号復調回路、10 は残差情報検出回路、11 は I F F T (Inverse Fast Fourier Transform: 高速逆フーリエ変換) 回路、12 は係数抽出回路、および 13 は F F T 回路である。

また、図 1 においては、説明の便宜上、符号 P_1 , P_2 の観測点が記されている。

【0010】

まず、図 1 に示す実施形態の図面により、本発明の原理を説明する。

本発明は、受信装置内で伝送路におけるマルチパスの伝達関数を推定し、マルチパスを F I R フィルタ 2 (図 1 参照) によって打ち消すようにしたものである。

【0011】

具体的に説明する。

いま、O F D M 送信信号に含まれる S P 信号を $S(\quad)$ で表し、伝送路における主波以外のマルチパスによる周波数特性を $H(\quad)$ で表すと、受信装置に入力される信号は、 $S(\quad)(1 + H(\quad))$ で表される。また、観測点 P_1 における S P 信号を $R(\quad)$ で表すと、観測点 P_1 における伝達関数 $F(\quad)$ は (1) 式で表される。

【数 1】

$$F(\omega) = R(\omega) / S(\omega) = 1 + H(\omega) \quad (1)$$

【0012】

また、F I R フィルタ 2 の周波数特性を $W(\quad)$ で表し、観測点 P_2 における S P 信号を $Y(\quad)$ で表すと、受信装置内の伝達関数 $C(\quad)$ は (2) 式で表される。

【数 2】

$$C(\omega) = Y(\omega) / R(\omega) = 1 / (1 + W(\omega)) \quad (2)$$

【0013】

(1), (2) 式より、F I R フィルタ 2 と伝送路とを合せた伝達関数 $Z(\quad)$ は (3) 式で表される。

【数 3】

$$Z(\omega) = F(\omega)C(\omega) = Y(\omega) / S(\omega) = (1 + H(\omega)) / (1 + W(\omega)) \quad (3)$$

【0014】

マルチパスキャンセラの最適条件は、 $W(\quad) = H(\quad)$ が成立することであるから、このときのキャンセル残差信号 $Err(\quad)$ は (4) 式で表される。

【数 4】

$$Err(\omega) = H(\omega) - W(\omega) = (R(\omega) / S(\omega) - 1) - (R(\omega) / Y(\omega) - 1) = (W(\omega) + 1)(Y(\omega) / S(\omega) - 1) \quad (4)$$

このキャンセル残差信号 $Err(\quad)$ を最小化することで、マルチパスのキャンセルが行われる。

【0015】

具体的には、上記のキャンセル残差信号 $Err(\quad)$ を得るために、受信装置では、観測点 P_2 における伝送路と F I R フィルタ 2 を含めた信号の伝達関数 $Y(i, \quad)$ (i はシンボル番号) の推定と、係数抽出回路 12 (図 1 参照) で求められている F I R フィルタ 2 の時間領域の信号 $W(i, t)$ を F F T 処理して得られた周波数特性 $W(i, \quad)$ を求める必要がある。

【0016】

これは、(4) 式に従い、残差情報検出回路 10 (図 1 参照) で得られた $Err(i, \quad)$

10

20

30

40

50

を I D F T (Inverse Discrete Fourier Transform: 離散逆フーリエ変換) 処理、または I F F T 回路 1 1 (図 1 参照) により I F F T 処理することにより時間領域の信号 $err(i, n)$ (n は、 N を I D F T 処理または I F F T 処理の変換ポイント数とすると $0 \leq n < N$ の範囲の整数である) が得られる。

【0017】

ここで、時間領域の信号 $err(i, n)$ としては 1 シンボルあたり N 個の複素情報が得られる。マルチパスの存在する最大遅延時間の番号を M とすると F I R フィルタ 2 に要求される最大タップ長も M となる。ここで、F I R フィルタ 2 のタップ番号を m ($0 \leq m < M$) とする。

【0018】

通常は $N > M$ (N は、I D F T 処理または I F F T 処理の変換ポイント数) であるから、F I R フィルタ 2 を制御するにあたっては、時間領域の信号 $err(i, n)$ において、主波の番号である $n = 0$ および F I R フィルタ 2 の制御外の番号である $n > M$ の信号を切り捨て、マルチパスキャンセル後の残差のインパルスレスポンス $err(i, m)$ のみを取り出すようにする。係数抽出回路 1 2 は、この切り捨て処理と、(5) 式の逐次更新式により F I R フィルタ 2 のタップ係数を制御するための回路である。

【数 5】

$$w(i, m) = w(i-1, m) + \mu err(i, m) \quad (0 < \mu \leq 1) \quad (5)$$

ここで、 $w(i, m)$ は F I R フィルタ 2 のタップ係数、 μ は 1 以下の更新係数である。

【0019】

以上、本発明の原理に基づいてマルチパスをキャンセルする本発明 O F D M 信号受信装置について、その動作を詳細に説明する。

図 1 中、観測点 P_1 に入力される信号は、A / D 変換され、直交復調されたデジタル複素ベースバンド信号 $R(i, t)$ であるとする。

この複素ベースバンド信号 $R(i, t)$ が減算回路 1、ウィンドウ回路 3、F F T 回路 4 を経た観測点 P_2 では複素ベースバンド信号

【外 1】

$$Y_all(i, \omega)$$

が得られる。

【0020】

ここで複素ベースバンド信号【外 1】から S P 信号 $Y(i, \omega)$ を S P 信号抽出回路 5 で抽出する。S P 信号はシンボル毎に周波数配置が異なり、4 シンボルで完結しているため、前の 3 シンボル分の S P 信号 $Y(i-1, \omega)$ $Y(i-2, \omega)$ $Y(i-3, \omega)$ を合わせて、1 つの S P 信号

【外 2】

$$Y_sp(i, \omega) = \sum Y(j, \omega)$$

ここで、 $i-3 \leq j \leq i$ 、 j は整数

とする。

【0021】

S P 信号復調回路 6 では、この S P 信号

【外 3】

$$Y_sp(i, \omega)$$

を、基準 S P 信号発生回路 7 で発生させた基準 S P 信号

【外 4】

$$S_{_REF}(\omega) = \sum S(i, \omega)$$

ここで、 $0 \leq j \leq 3$ 、 j は整数

で複素除算を行い、等化器を含めた全体のS P信号の伝達関数

【外5】

$$Z'_{_P}(i, \omega)$$

を求める。

10

【0022】

S P信号は、図2に示すように、周波数方向には3キャリア毎に、時間方向では4シンボル毎に間欠的に挿入されているため、信号キャリア部分の伝送路応答については、伝達関数【外5】の周波数方向を低域通過フィルタ処理して、全体のキャリアについての伝送路応答をもつ $Z(i, \omega)$ を推定する。複素除算回路8において、この $Z(i, \omega)$ を用いて、観測点 P_2 における複素ベースバンド信号【外1】を複素除算して、位相・振幅の補正を行うことにより、データを復調する。

【0023】

係数抽出回路12で生成したFIRフィルタ2のタップ係数 $W(i, t)$ を、FFT回路13においてFFT処理することで $W(i, \omega)$ を得て、この $W(i, \omega)$ とS P信号復調回路からの $Z(i, \omega)$ とを残差情報検出回路10に入力し、原理説明で述べた(4)式によって残差信号 $Err(i, \omega)$ を求める。次に、IFFT回路11において残差信号のインパルスレスポンス $err(i, n)$ を求め、さらに切り出し処理を行うことで $err(i, m)$ として、(5)式に従って、FIRフィルタ2のタップ係数の更新を行う。タップ係数の更新は、ウィンドウ回路3で切り出し処理を行っていないタイミングで更新する。切り出し処理を行っていないタイミングでタップ係数の更新を行うのは、データ復調への影響を軽減するためである。

20

【0024】

タップ係数が更新されてから4シンボル以上経過すると、S P信号復調回路6では係数更新後の新たな周波数特性が求められる(図2参照)ため、最短の係数更新間隔は4シンボル毎に1回となる。また、IFFT回路11とFFT回路13は同時に処理(計算)を行う必要は無いので、時分割でIFFT処理とFFT処理とを行い、FFT回路の共用化を図ることが可能である。

30

【0025】

以上説明した本発明の実施形態においては、パイロット信号としてS P信号を使用するものとしたが、これに限られるものでなく、一般に、OFDM伝送方式で使用する振幅・位相基準の伝送用キャリア信号であれば何でもよいこと勿論である。

【0026】

また、本発明の適用対象は、上述のISDB-Tに使用するOFDM信号受信装置に限られるものではなく、広く一般にOFDM信号受信装置に適用可能であることも勿論である。

40

【0027】

【発明の効果】

本発明によれば、OFDM受信信号にガードインターバル長を越える遅延時間の遅延波が存在しても、その影響が、S P信号など振幅・位相基準の伝送用キャリア信号を用いて遅延波を検出できる遅延時間の範囲にあれば、ガードインターバル内の遅延時間の遅延波で、従って、波形等化を行わない場合の影響と同程度まで改善される。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明OFDM信号受信装置の一実施形態をブロック図にて示している。

【図2】 S P信号が、周波数方向には3キャリア毎に、時間方向では4シンボル毎に間

50

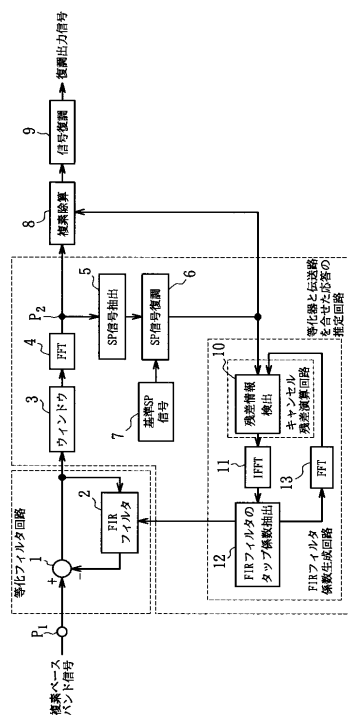
欠的に挿入されていることを示している。

【符号の説明】

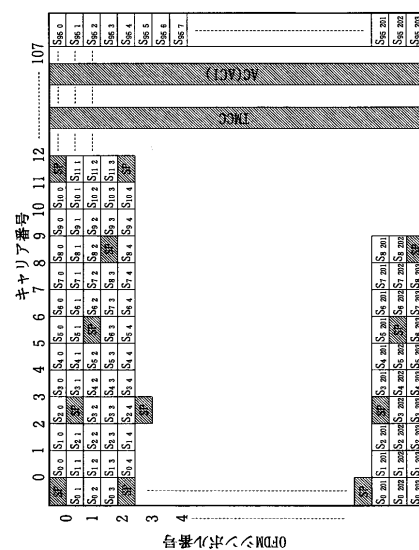
- 1 減算回路
- 2 F I Rフィルタ
- 3 ウィンドウ回路
- 4 ,13 F F T回路
- 5 S P信号抽出回路
- 6 S P復調回路
- 7 基準S P信号発生回路
- 8 複素除算回路
- 9 信号復調回路
- 10 残差情報検出回路
- 11 I F F T回路
- 12 係数抽出回路
- P_1 , P_2 観測点

10

【図 1】



【図 2】



$S_{i,j}$: インターリーブ後のデータセグメント内のキャリアシンボル

フロントページの続き

- (72)発明者 居相 直彦
東京都世田谷区砧1丁目10番11号 日本放送協会 放送技術研究所内
- (72)発明者 今村 浩一郎
東京都世田谷区砧1丁目10番11号 日本放送協会 放送技術研究所内
- (72)発明者 濱住 啓之
東京都世田谷区砧1丁目10番11号 日本放送協会 放送技術研究所内

審査官 高野 洋

- (56)参考文献 特開2001-223663(JP,A)
特開2001-292120(JP,A)
特開平08-340315(JP,A)
特開2000-269926(JP,A)
特開平11-298434(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04J 11/00
H03H 17/02
H03H 17/06
H04B 3/04