

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-304590
(P2004-304590A)

(43) 公開日 平成16年10月28日(2004.10.28)

(51) Int. Cl.⁷
H04J 11/00

F I
H04J 11/00

テーマコード (参考)
5K022

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2003-96132 (P2003-96132)
(22) 出願日 平成15年3月31日 (2003.3.31)

(71) 出願人 000002185
ソニー株式会社
東京都品川区北品川6丁目7番35号
(74) 代理人 100067736
弁理士 小池 晃
(74) 代理人 100086335
弁理士 田村 榮一
(74) 代理人 100096677
弁理士 伊賀 誠司
(72) 発明者 服部 雅之
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ
ニー株式会社内
(72) 発明者 宮本 正邦
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ
ニー株式会社内
Fターム(参考) 5K022 DD01 DD13 DD19 DD33 DD34

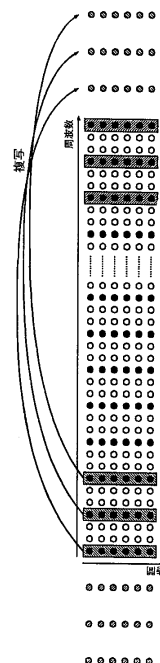
(54) 【発明の名称】 OFDM復調装置及び方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 OFDM復調装置の波形等化回路内では、FIRフィルタを用いてパイロット信号を周波数方向に補間して全周波数領域に対する伝送路特性を推定する。しかし、帯域外にはパイロット信号が無いため、伝送路特性の推定値に誤差が生じる。

【解決手段】 伝送シンボルの低周波数側の帯域外部分の特性値を高周波数側の末端部分の特性値から巡回的にコピーし、伝送シンボルの高周波数側の帯域外部分の特性値を高周波数側の末端部分の特性値から巡回的にコピーし、周波数帯域を拡大した伝送シンボルを生成し、FIRフィルタに入力する。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

所定の帯域内の複数のサブキャリアに対して情報が分割されて直交変調されることにより生成された伝送シンボルを伝送単位とし、特定の電力であって且つ特定の位相とされたパイロット信号が上記伝送シンボル内の所定のサブキャリアに離散的に挿入された直交周波数分割多重 (OFDM) 信号を復調する OFDM 復調装置において、

上記 OFDM 信号を上記伝送シンボル単位で離散フーリエ変換する離散フーリエ変換手段と、

上記離散フーリエ変換手段により離散フーリエ変換された信号から伝送シンボル毎に上記パイロット信号を抽出するパイロット信号抽出手段と、

上記パイロット信号抽出手段により抽出された上記パイロット信号を周波数方向補間フィルタを用いて補間することにより伝送シンボル内の全てのサブキャリアの伝送路特性を算出し、算出された各サブキャリアの伝送路特性に基づき上記離散フーリエ変換手段により離散フーリエ変換された信号を波形等化する波形等化手段とを備え、

上記波形等化手段は、

上記周波数方向補間フィルタの入力の際に、上記所定の帯域外の周波数の伝送路特性として、上記所定の帯域内の伝送路特性を巡回的に用いること

を特徴とする OFDM 復調装置。

【請求項 2】

上記波形等化手段は、低周波数側の帯域外部分の伝送路特性を高周波数側の末端部分のパイロット信号から巡回的にコピーして、周波数範囲を拡大した伝送路特性を上記周波数方向補間フィルタに入力すること

を特徴とする請求項 1 記載の OFDM 復調装置。

【請求項 3】

上記波形等化手段は、高周波数側の帯域外部分の伝送路特性を低周波数側の末端部分のパイロット信号から巡回的にコピーして、周波数範囲を拡大した伝送路特性を上記周波数方向補間フィルタに入力すること

を特徴とする請求項 1 記載の OFDM 復調装置。

【請求項 4】

所定の帯域内の複数のサブキャリアに対して情報が分割されて直交変調されることにより生成された伝送シンボルを伝送単位とし、特定の電力であって且つ特定の位相とされたパイロット信号が上記伝送シンボル内の所定のサブキャリアに離散的に挿入された直交周波数分割多重 (OFDM) 信号を復調する OFDM 復調方法において、

上記 OFDM 信号を上記伝送シンボル単位で離散フーリエ変換し、

離散フーリエ変換された信号から伝送シンボル毎に上記パイロット信号を抽出し、

上記所定の帯域外の周波数の伝送路特性として、上記所定の帯域内の上記パイロット信号を巡回的に用いて周波数範囲を拡大し、

上記周波数範囲が拡大された伝送路特性を周波数方向補間フィルタを用いて補間することにより伝送シンボル内の全てのサブキャリアの伝送路特性を算出し、

算出された各サブキャリアの伝送路特性に基づき離散フーリエ変換された信号を波形等化すること

を特徴とする OFDM 復調方法。

【請求項 5】

低周波数側の帯域外部分の伝送路特性を高周波数側の末端部分のパイロット信号から巡回的にコピーして、周波数範囲を拡大した伝送路特性を上記周波数方向補間フィルタに入力すること

を特徴とする請求項 4 記載の OFDM 復調方法。

【請求項 6】

高周波数側の帯域外部分の伝送路特性を低周波数側の末端部分のパイロット信号から巡回的にコピーして、周波数範囲を拡大した伝送路特性を上記周波数方向補間フィルタに入力

10

20

30

40

50

すること

を特徴とする請求項4記載のOFDM復調方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、直交周波数分割多重方式(OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing)の変調信号を復調するOFDM復調装置及び方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

デジタル信号を伝送する方式として、直交周波数分割多重方式(以下、OFDM方式と呼ぶ。OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing)と呼ばれる変調方式が用いられている。OFDM方式は、伝送帯域内に多数の直交する副搬送波(サブキャリア)を設け、各サブキャリアの振幅及び位相にPSK(Phase Shift Keying)やQAM(Quadrature Amplitude Modulation)によりデータを割り当てて、デジタル変調する方式である。

【0003】

OFDM方式は、多数のサブキャリアで伝送帯域を分割するため、サブキャリア1波あたりの帯域は狭くなり変調速度は遅くなるが、トータルの伝送速度は、従来の変調方式と変わらないという特徴を有している。また、OFDM方式は、多数のサブキャリアが並列に伝送されるのでシンボル速度が遅くなり、シンボルの時間長に対する相対的なマルチパスの時間長を短くすることができ、マルチパス妨害を受けにくくなるという特徴を有している。

【0004】

また、OFDM方式は、複数のサブキャリアに対してデータの割り当てが行われることから、変調時には逆フーリエ変換を行うIFFT(Inverse Fast Fourier Transform)演算回路、復調時にはフーリエ変換を行うFFT(Fast Fourier Transform)演算回路を用いることにより、送受信回路を構成することができるという特徴を有している。

【0005】

以上のような特徴からOFDM方式は、マルチパス妨害の影響を強く受ける地上波デジタル放送に適用されることが多い。このようなOFDM方式を採用した地上波デジタル放送としては、例えば、DVB-T(Digital Video Broadcasting - Terrestrial)やISDB-T(Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial)といった規格がある。

【0006】

OFDM方式の伝送シンボル(以下、OFDMシンボルと呼ぶ。)は、図6に示すように、送信時にIFFTが行われる信号期間である有効シンボルと、この有効シンボルの後半の一部分の波形がそのままコピーされたガードインターバルとから構成されている。ガードインターバルは、OFDMシンボルの前半部分に設けられている。OFDM方式では、このようなガードインターバルが設けられることにより、マルチパスによるシンボル間干渉を許容し、マルチパス耐性を向上させている。

【0007】

例えばISDB-T_{S-B}規格(日本で採用されている地上デジタル音声放送の放送規格。非特許文献1参照。)のモード3では、有効シンボル内に、512本のサブキャリアが含まれており、そのサブキャリア間隔は、125/126 0.992kHzとなる。また、このISDB-T_{S-B}規格のモード3では、有効シンボル内の512本のサブキャリアのうち、433本のサブキャリアに伝送データが変調されている。また、ISDB-T_S

10

20

30

40

50

B 規格のモード3では、ガードインターバルの時間長が、有効シンボルの時間長の $1/4$ 、 $1/8$ 、 $1/16$ 、 $1/32$ のいずれかとなる。

【0008】

また、OFDM方式では、以上のようなOFDMシンボルを複数集めて1つのOFDM伝送フレームという伝送単位を形成することが規定されている。例えば、ISDB-T_{S-B}規格においては、2040OFDMシンボルで1OFDM伝送フレームを形成している。OFDM方式では、このOFDM伝送フレーム単位を基準として、例えば、パイロット信号の挿入位置が定められている。

【0009】

また、各サブキャリアに対する変調方式としてQAM系の変調を用いるOFDM方式においては、伝送時にマルチパス等の影響により各サブキャリアに変調された信号にひずみが生じると、サブキャリア毎に振幅及び位相の特性が異なるものになってしまう。そのため、受信側では、各サブキャリア毎の振幅及び位相が等しくなるように、受信信号を波形等化をする必要がある。OFDM方式では、送信側で伝送信号中に所定の振幅及び所定の位相のパイロット信号を伝送シンボル内に散在させておき、受信側でこのパイロット信号の振幅及び位相を監視して、伝送路の周波数特性を求め、この求めた伝送路の特性により受信信号を等化するようにしている。OFDM方式では、伝送路の特性を算出するために用いられるパイロット信号のことをスキッタードパイロット信号(SP)信号と呼ぶ。

【0010】

図7に、DVB-T規格やISDB-T規格で採用されているSP信号のOFDMシンボル内における配置パターンを示す。

【0011】

DVB-T規格やISDB-T規格では、サブキャリア方向(周波数方向)に12本のサブキャリアに1本の割合でBPSK変調されたSP信号が挿入されている。さらに、DVB-T規格やISDB-T規格では、SP信号の挿入位置をOFDMシンボル毎に3サブキャリアずつ周波数方向にシフトさせている。その結果、OFDMシンボル方向(時間方向)の同一のサブキャリアに対して、4OFDMシンボルに1回の割合でSP信号が挿入されることとなる。

【0012】

このようにDVB-T規格やISDB-T規格では、SP信号を空間的に散在させた状態でOFDMシンボルに挿入し、本来の情報に対するSP信号の冗長度を低くしている。

【0013】

ところで、このSP信号を用いて伝送路の特性を算出する場合、SP信号が挿入されたサブキャリアに対してはその特性を特定することはできるが、それ以外のサブキャリア即ち本来の情報が含まれているその他のサブキャリアに対しては、その特性を直接的に算出することはできない。そのため、受信側では、2次元補間フィルタを用いてSP信号をフィルタリングすることにより、本来の情報が含まれている他のサブキャリアの伝送路の特性を推定している。

【0014】

通常、2次元補間フィルタを用いた伝送路特性の推定処理は以下のように行われる。

【0015】

伝送路特性の推定処理を行う場合、まず、受信したOFDM信号から、情報成分を取り除き、図7に示した位置に挿入されたSP信号のみを抽出する。

【0016】

続いて、図8に示すように、抽出したSP信号を時間方向の補間フィルタに入力して時間方向補間処理を行い、OFDMシンボル毎に、SP信号が配置されているサブキャリアの伝送路特性を推定する。その結果、図9に示すように、全てのOFDMシンボルに対して、周波数方向に3サブキャリア毎、伝送路特性を推定することができる。

【0017】

続いて、図10に示すように、時間方向に補間したSP信号を周波数方向の補間フィルタ

に入力して周波数方向補間処理を行い、OFDMシンボル内の全サブキャリアの伝送路特性を推定する。その結果、受信したOFDM信号の全てのサブキャリアに対して、伝送路特性を推定することができる。

【0018】

ここで、補間処理を行う場合、一般的にフィルタの減衰特性や遷移特性を向上させるため、フィルタのタップを多くすることが望ましい。しかしながら、OFDM信号の伝送路特性の推定を行う場合、時間方向の補間処理にタップ数が多いフィルタを用いると、遅延線の遅延量が非常に大きくなってしまい実装が困難となってしまう。このような実装上の理由から、伝送路特性の推定を行う場合には、時間方向フィルタに、ハードウェア規模の小さい0次ホールドフィルタが用いられるのが一般的である。

10

【0019】

一方、OFDM信号の周波数方向の補間処理を行う場合は、時間方向と比較して遅延線の遅延量が小さい。そのため、時間方向フィルタよりもタップ数が多いフィルタを用いて、減衰特性や遷移特性を向上させることができる。

【0020】

21タップのFIRフィルタによって周波数方向フィルタを実現した場合の構成例を図11に示す。図11に示すFIRフィルタ200は、第1から第20の20個の遅延素子201~220と、0番目から20番目の21個の乗算器230~250と、加算器251とから構成される。

【0021】

このFIRフィルタ200には、入力信号として、3サブキャリア間隔で伝送路特性が推定された信号が、時間方向フィルタから周波数方向(サブキャリア方向)に順次入力される。なお、伝送路の特性が推定されていない部分(本来の情報が含まれている部分)では、0が入力される。

20

【0022】

第1の遅延素子201は、入力信号を1タイミング分遅延させる。第2の遅延素子202は、第1の遅延素子201の出力信号をさらに1タイミング分遅延させる。第3の遅延素子203は、第2の遅延素子202の出力信号をさらに1タイミング分遅延させる。以後、各遅延素子は、直前の遅延素子の出力信号を1タイミング分遅延させる。すなわち、各遅延素子201~220からは、1~20タイミング分遅延された遅延信号が出力される。また、0番目の乗算器230は遅延されていない入力信号に係数 k_0 を乗算し、1番目の乗算器231は第1の遅延素子201の出力信号に係数 k_1 を乗算し、2番目の乗算器232は第2の遅延素子202の出力信号に係数 k_2 を乗算し、以後、各乗算器232~250は対応する遅延素子203~220の出力信号に係数 $k_3 \sim k_{20}$ を乗算する。そして、加算器251は、全ての乗算器230~250の乗算出力を加算して出力する。

30

【0023】

そして、各係数 $k_0 \sim k_{20}$ は、遅延素子の中心位置にあるサブキャリアの伝送路特性を3倍補間するように、予め設定されている。

【0024】

この結果、このFIRフィルタ200では、OFDMシンボル内の各サブキャリアに対する伝送路特性を推定することができる。

40

【0025】

以上のように時間方向補間フィルタと周波数方向補間フィルタを用いて2次元的な補間処理を施すことにより、全てのサブキャリアにおける伝送路特性を受信側で推定することができる。

【0026】

【非特許文献1】

「地上デジタル音声放送用受信装置 標準規格(望ましい仕様) ARI B STD - B 30 1.1版」, 社団法人電波産業界, 平成13年5月31日 策定, 平成14年3月28日 1.1改定, p. 10 - 14

50

【 0 0 2 7 】

【 発明が解決しようとする課題 】

ところで、周波数方向の補間を行う場合、OFDMシンボル単位で、フィルタリング処理を完結させなければならない。すなわち、連続したシーケンシャルなデータではなく、ある一定のデータ単位毎に、フィルタリング処理を行わなければならない。

【 0 0 2 8 】

そのため、周波数方向の補間処理で、OFDMシンボル内の端部分（低周波部分或いは高周波部分）のサブキャリアを補間点とするときには、図12に示すように、OFDMシンボルの帯域外の信号成分が補間用のサンプル信号としてフィルタ内に含まれてしまい、実際に受信した信号が入力されていなければならない位置の遅延素子内に真値を供給することができなかつた。 10

【 0 0 2 9 】

一般的に、補間処理を行う場合、所定の位置の遅延素子内に真値を供給できない場合には、そこに適当な値を仮定して補間点を求める。

【 0 0 3 0 】

しかしながら、適当な値を仮定することに伴って補間の誤差が増大してしまう。

【 0 0 3 1 】

従って、伝送路特性の推定値に誤差を生ずることになる。すなわち、図13に示すように、OFDMシンボルの帯域端のサブキャリア（低周波数部分及び高周波数部分のサブキャリア）の伝送路特性の推定値は、OFDMシンボルの帯域中心部分のサブキャリアの伝送路特性の推定値と比較して誤差が大きくなってしまふ。 20

【 0 0 3 2 】

本発明は、このような従来の実情に鑑みて提案されたものであり、高精度に伝送路の伝達特性を推定して、正確な等化処理を行うことができるOFDM復調装置及び方法を提供することを目的とする。

【 0 0 3 3 】

【 課題を解決するための手段 】

本発明に係るOFDM復調装置は、所定の帯域内の複数のサブキャリアに対して情報が分割されて直交変調されることにより生成された伝送シンボルを伝送単位とし、特定の電力であって且つ特定の位相とされたパイロット信号が上記伝送シンボル内の所定のサブキャリアに離散的に挿入された直交周波数分割多重（OFDM）信号を復調するOFDM復調装置であって、上記OFDM信号を上記伝送シンボル単位で離散フーリエ変換する離散フーリエ変換手段と、上記離散フーリエ変換手段により離散フーリエ変換された信号から伝送シンボル毎に上記パイロット信号を抽出するパイロット信号抽出手段と、上記パイロット信号抽出手段により抽出された上記パイロット信号を時間方向補間フィルタ及び周波数方向補間フィルタを用いて補間することにより伝送シンボル内の全てのサブキャリアの伝送路特性を算出し、算出された各サブキャリアの伝送路特性に基づき上記離散フーリエ変換手段により離散フーリエ変換された信号を波形等化する波形等化手段とを備え、上記波形等化手段は、時間方向補間フィルタにより補間されたのちの伝送路特性に対して、低周波数側の帯域外部分の伝送路特性を高周波数側の末端部分の伝送路特性から巡回的にコピーし、高周波数側の帯域外部分の伝送路特性を低周波数側の末端部分の伝送路特性から巡回的にコピーし、周波数範囲を拡大した伝送路特性を上記周波数方向補間フィルタに入力する。 30 40

【 0 0 3 4 】

本発明に係るOFDM復調方法は、所定の帯域内の複数のサブキャリアに対して情報が分割されて直交変調されることにより生成された伝送シンボルを伝送単位とし、特定の電力であって且つ特定の位相とされたパイロット信号が上記伝送シンボル内の所定のサブキャリアに離散的に挿入された直交周波数分割多重（OFDM）信号を復調するOFDM復調方法であって、上記OFDM信号を上記伝送シンボル単位で離散フーリエ変換し、離散フーリエ変換された信号から伝送シンボル毎に上記パイロット信号を抽出し、抽出された上 50

記パイロット信号を時間方向補間フィルタを用いて時間方向に補間して伝送路特性を推定し、時間方向補間フィルタにより補間されたのちの伝送路特性に対して、低周波数側の帯域外部分の伝送路特性を高周波数側の末端部分の伝送路特性から巡回的にコピーし、高周波数側の帯域外部分の伝送路特性を低周波数側の末端部分の伝送路特性から巡回的にコピーし、周波数範囲を拡大した伝送路特性を生成し、上記周波数範囲が拡大された伝送路特性を周波数方向補間フィルタを用いて補間することにより伝送シンボル内の全てのサブキャリアの伝送路特性を算出し、算出された各サブキャリアの伝送路特性に基づき離散フーリエ変換された信号を波形等化することを特徴とする。

【0035】

本発明に係るOFDM復調装置及び方法では、低周波数側の帯域外部分の伝送路特性を高周波数側の末端部分の伝送路特性から巡回的にコピーし、高周波数側の帯域外部分の伝送路特性を低周波数側の末端部分の伝送路特性から巡回的にコピーし、周波数範囲を拡大した伝送路特性を生成し、上記周波数範囲が拡大された伝送路特性を周波数方向補間フィルタを用いて補間することにより、伝送シンボル内の全てのサブキャリアの伝送路特性を算出する。 10

【0036】**【発明の実施の形態】**

以下、本発明の実施の形態として、本発明を適用したOFDM受信装置について説明をする。

【0037】

図1に、本発明の実施の形態のOFDM受信装置1のブロック構成図を示す。この図1では、ブロック間で伝達される信号が複素信号の場合には太線で信号成分を表現し、ブロック間で伝達される信号が実数信号の場合には細線で信号成分を表現している。 20

【0038】

OFDM受信装置1は、図1に示すように、アンテナ2と、チューナ3と、A/D変換回路4と、デジタル直交復調回路5と、FFT演算回路6と、ウィンドウ同期回路7と、等化回路8と、デマッピング回路9と、誤り訂正回路10とを備えている。

【0039】

放送局から放送されたデジタルテレビジョン放送の放送波は、OFDM受信装置1のアンテナ2により受信され、RF信号としてチューナ3に供給される。 30

【0040】

アンテナ2により受信されたRF信号は、チューナ3によりIF信号に周波数変換され、A/D変換回路4に供給される。IF信号は、A/D変換回路4によりデジタル化され、デジタル直交復調回路5に供給される。なお、A/D変換回路4は、DVB-T規格(2Kモード)においては、このOFDM時間領域信号の有効シンボルを2048サンプル、ガードインターバルを例えば512サンプルでサンプリングされるようなクロックで量子化する。

【0041】

デジタル直交復調回路5は、所定の周波数(キャリア周波数)のキャリア信号を用いて、デジタル化されたIF信号を直交復調し、ベースバンドのOFDM信号を出力する。このデジタル直交復調回路5から出力されるベースバンドのOFDM信号は、FFT演算される前のいわゆる時間領域の信号である。このことから、以下デジタル直交復調後でFFT演算される前のベースバンド信号を、OFDM時間領域信号と呼ぶ。OFDM時間領域信号は、直交復調された結果、実軸成分(Iチャンネル信号)と、虚軸成分(Qチャンネル信号)とを含んだ複素信号となる。デジタル直交復調回路5により出力されるOFDM時間領域信号は、FFT演算回路6及びウィンドウ同期回路7に供給される。 40

【0042】

FFT演算回路6は、OFDM時間領域信号に対してFFT演算を行い、各サブキャリアに直交変調されているデータを抽出して出力する。このFFT演算回路6から出力される信号は、FFTされた後のいわゆる周波数領域の信号である。このことから、以下、FF 50

T 演算後の信号を OFDM 周波数領域信号と呼ぶ。

【0043】

FFT 演算回路 6 は、1 つの OFDM シンボルから有効シンボル長の範囲（例えば 2048 サンプル）の信号を抜き出し、すなわち、1 つの OFDM シンボルからガードインターバル分の範囲を除き、抜き出した 2048 サンプルの OFDM 時間領域信号に対して FFT 演算を行う。具体的にその演算開始位置は、OFDM シンボルの境界から、ガードインターバルの終了位置までの間のいずれかの位置となる。この演算範囲のことを FFT ウィンドウと呼ぶ。

【0044】

このように FFT 演算回路 6 から出力された OFDM 周波数領域信号は、OFDM 時間領域信号と同様に、実軸成分（I チャンネル信号）と、虚軸成分（Q チャンネル信号）とからなる複素信号となっている。この複素信号は、例えば、16QAM 方式や 64QAM 方式等で直交振幅変調された信号である。OFDM 周波数領域信号は、等化回路 8 に供給される。

【0045】

ウィンドウ同期回路 7 は、入力された OFDM 時間領域信号を有効シンボル期間分遅延させて、ガードインターバル部分とこのガードインターバルの複写元となる信号との相関性を求め、この相関性が高い部分に基づき OFDM シンボルの境界位置を算出し、その境界位置を示すウィンドウ同期信号 *Wsync* を発生する。FFT ウィンドウ同期回路 7 は、発生したウィンドウ同期信号 *Wsync* を FFT 演算回路 6 に供給する。

【0046】

等化回路 8 は、スキャッタードパイロット信号（SP 信号）を用いて、OFDM 周波数領域信号の位相等化及び振幅等化を行う。位相等化及び振幅等化がされた OFDM 周波数領域信号は、デマッピング回路 9 に供給される。

【0047】

デマッピング回路 9 は、等化回路 8 により振幅等化及び位相等化された OFDM 周波数領域信号を、16QAM 方式に従ってデマッピングを行ってデータの復号をする。デマッピング回路 9 により復号されたデータは、誤り訂正回路 10 に供給される。

【0048】

誤り訂正回路 10 は、供給されたデータに対して、例えば、ビタビ復号やリード - ソロモン符号を用いた誤り訂正を行う。誤り訂正が行われたデータは、例えば後段の MPEG 復号回路等に供給される。

【0049】

つぎに、等化回路 8 についてさらに詳細に説明する。

【0050】

等化回路 8 は、SP 信号抽出回路 11 と、時間方向補間フィルタ 12 と、周波数方向補間フィルタ 13 と、1/X 回路 14 と、複素乗算回路 15 とを備えている。

【0051】

SP 信号抽出回路 11 は、FFT 演算回路 6 から出力された OFDM 周波数領域信号が供給される。SP 信号抽出回路 11 は、OFDM 周波数領域信号から SP 信号のみを抽出する。SP 信号は、各 OFDM シンボル内に離散的に挿入されており、その挿入位置は予め規格により定められている。SP 信号抽出回路 11 は、シンボル毎に異なるサブキャリア位置に SP 信号が挿入されていることから、供給された OFDM 周波数領域信号のシンボル番号を参照し、そのシンボル番号からどのインデックス番号のサブキャリアに SP 信号が挿入されているかを規格に基づき算出し、SP 信号を抽出する。SP 信号抽出回路 11 は、抽出した SP 信号を時間方向補間フィルタ 12 に供給する。

【0052】

時間方向補間フィルタ 12 は、例えば 0 ホールドフィルタから構成され、SP 信号を時間軸方向にフィルタリングすることによって補間処理を行い、伝送路特性を推定する。具体的には、この時間方向補間フィルタ 12 は、実際に抽出された SP 信号の値を 3 OFDM

シンボル分ホールドすることによって補間処理を行う。時間方向補間処理がされたSP信号は、OFDMシンボル単位で、周波数方向補間フィルタ13に供給される。

【0053】

周波数方向補間フィルタ13は、FIR(Finite Impulse Response)フィルタから構成され、SP信号を周波数方向(サブキャリア方向)に補間し、OFDMシンボル内のすべてのサブキャリアに対する振幅及び位相の周波数特性を推定する。

【0054】

すなわち、伝送路の周波数特性 $H(\)$ を推定する。この周波数方向補間フィルタ13により求められた全サブキャリアに対する伝送路の周波数特性 $H(\)$ は、 $1/X$ 回路14に供給される。 10

【0055】

$1/X$ 回路14は、推定された伝送路の周波数特性 $H(\)$ に対して逆数演算を行う。逆数演算が行われた伝送路の周波数特性 $1/H(\)$ は、複素乗算回路15に供給される。

【0056】

複素乗算回路15は、FFT演算回路6からOFDM周波数領域信号と、逆演算が行われた伝送路の周波数特性 $1/H(\)$ とを複素乗算をし、波形等化を行う。

【0057】

つぎに、等化回路8内の周波数方向補間フィルタ13の構成についてさらに説明をする。

【0058】

周波数方向補間フィルタ13は、図2に示すように、メモリ21と、アドレス発生回路22と、3倍補間を行うFIRフィルタ23とを備えている。 20

【0059】

メモリ21には、時間方向フィルタ12で推定された3サブキャリア間隔の伝送路特性値が入力され、この伝送路特性値を伝送シンボル単位で記憶する。伝送シンボル単位で記憶された伝送路特性値は、アドレス発生回路22のアドレス制御に従い、1サブキャリア毎に順番に、メモリ21からFIRフィルタ23に入力される。

【0060】

ここで、アドレス発生回路22は、次のようにメモリ21に対するデータの拡張を行いながら、転送制御を行う。 30

【0061】

まず、伝送シンボルの低周波数側の帯域外に、図3に示すように、伝送シンボルの高周波数側の末端部分から巡回的に伝送路特性値をコピーし、低周波数側の帯域外まで周波数特性を拡大する。続いて、伝送シンボルの高周波数側の帯域外に、図4に示すように、伝送シンボルの低周波数側の末端部分から巡回的に伝送路特性値をコピーし、高周波数側の帯域外まで周波数特性を拡大する。そして、アドレス発生回路24は、周波数帯域を本来の伝送シンボルよりも拡大した周波数範囲で伝送路特性値を読み出し、低周波数側から順番に遅延素子に入力していく。

【0062】

離散フーリエ変換が行われた信号に対して、このように帯域外の信号を逆側の信号から巡回的にコピーすると、離散フーリエ変換の演算特性上、帯域の端部分での好適な補間を行うことができる。 40

【0063】

伝送シンボルの帯域外にコピーをする伝送路特性値の数は、FIRフィルタ23のタップ数に応じて定まる。例えば、21タップのFIRフィルタ23を用いるものとするれば、伝送シンボルの高周波数側及び低周波数側のそれぞれの末端部分の9つのサブキャリア内に含まれている3つの伝送路特性値とする。

【0064】

なお、アドレス発生回路22は、伝送路特性値がまだ推定されていない部分(本来の情報が含まれている部分)には0を入力する。 50

【0065】

FIRフィルタ23は、従来例において説明をした図11に示すFIRフィルタ200と同一のもので構成される。このFIRフィルタ23には、周波数帯域が拡張された伝送シンボルが、低周波数側から1サンプルずつ入力される。この結果、全サブキャリアに対する伝送路の特性値、すなわち、周波数特性 $H(\)$ を出力することができる。

【0066】

以上のように伝送路特性値の周波数帯域を実際の伝送シンボルの周波数範囲よりも拡大することによって、図5に示すように、OFDMシンボル内の端部分（低周波部分或いは高周波部分）のサブキャリアを補間点とするときでも、フィルタに実際の受信信号を入力することができるので、正確な補間を行うことができる。

10

【0067】

以上のように本発明の実施の形態のOFDM受信装置1では、伝送シンボルの低周波数側及び高周波数側の帯域外に、それぞれ伝送シンボルの高周波数側及び低周波数側の末端部分から巡回的に伝送路特性値をコピーし、伝送路特性を帯域外まで拡大する。

【0068】

このことにより、本発明の実施の形態のOFDM受信装置1では、正確な等化処理を行うことができる。

【0069】

なお、OFDM受信装置1では、低周波数側の帯域外と高周波数側の帯域外の両者に対して巡回的に伝送路特性値をコピーしているが、低周波数側の帯域外と高周波数側の帯域外のいずれか一方のみに対して行っても良い。また、OFDM受信装置1では、時間方向補間フィルタ12を用いているが、このフィルタを設けなくてもよい。

20

【0070】

【発明の効果】

本発明に係るOFDM復調装置及び方法では、低周波数側の帯域外部分の伝送路特性を高周波数側の末端部分の伝送路特性から巡回的にコピーし、高周波数側の帯域外部分の伝送路特性を低周波数側の末端部分の伝送路特性から巡回的にコピーし、周波数範囲を拡大した伝送路特性を生成し、上記周波数範囲が拡大された伝送路特性を周波数方向補間フィルタを用いて補間することにより、伝送シンボル内の全てのサブキャリアの伝送路特性を算出する。

30

【0071】

このことにより、本発明に係るOFDM復調装置及び方法では、高精度に伝送路の伝達特性を推定して、正確な等化処理を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態のOFDM受信装置のブロック構成図である。

【図2】上記OFDM受信装置に備えられる周波数方向補間フィルタの構成を示す図である。

【図3】OFDMシンボルの低周波数側の帯域外の伝送路特性値を拡大する方法について説明をする図である。

【図4】OFDMシンボルの高周波数側の帯域外の伝送路特性値を拡大する方法について説明をする図である。

40

【図5】図3、図4に示すように伝送路特性値を拡大した場合における周波数方向フィルタによる補間を示す図である。

【図6】OFDM信号の伝送シンボルについて説明するための図である。

【図7】OFDM信号のスキッタードパイロット信号の挿入位置について説明するための図である。

【図8】伝送路特性を推定する際の時間方向の補間フィルタ処理について説明するための図である。

【図9】時間方向補間フィルタにより伝送路特性を推定されたサブキャリアについて説明するための図である。

50

【図10】伝送路特性を推定する際の周波数方向の補間フィルタ処理について説明するための図である。

【図11】21タップのFIRフィルタの構成を説明するための図である。

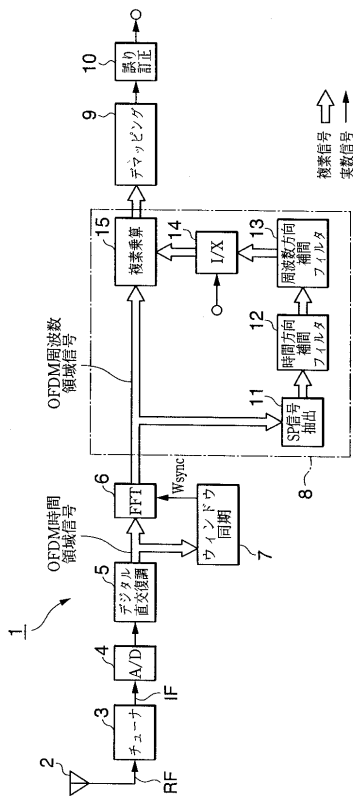
【図12】OFDMシンボルの端部部分での周波数方向の補間処理について説明するための図である。

【図13】仮のデータを推定元として入力したため推定誤差が発生する領域について説明するための図である。

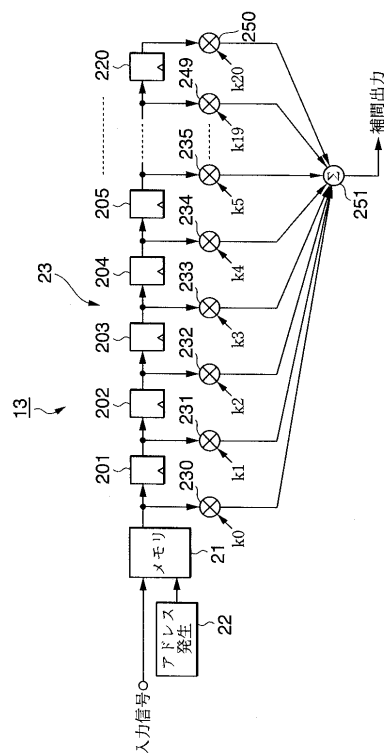
【符号の説明】

- 1 OFDM受信装置、2 アンテナ、3 チューナ、4 A/D変換回路、5 デジタル直交復調回路、6 FFT演算回路、7 ウィンドウ同期回路、8 等化回路、9 デマッピング回路、10 誤り訂正

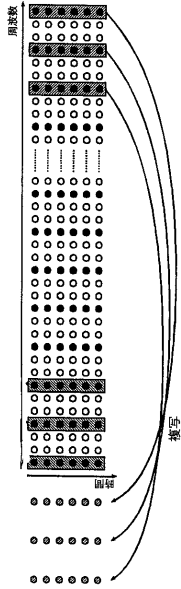
【図1】



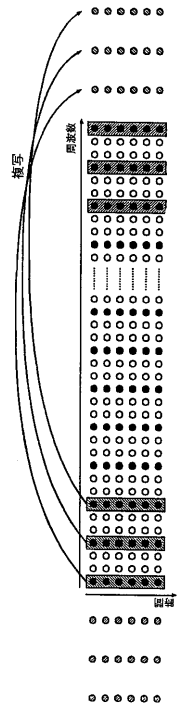
【図2】



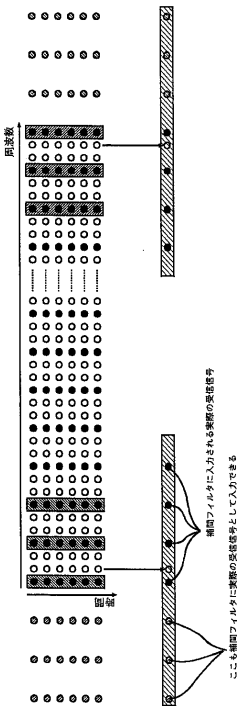
【図3】



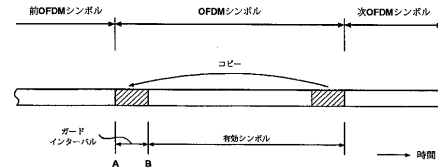
【図4】



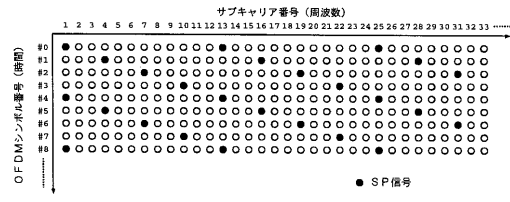
【図5】



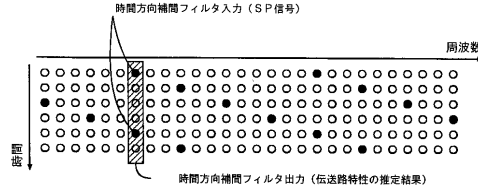
【図6】



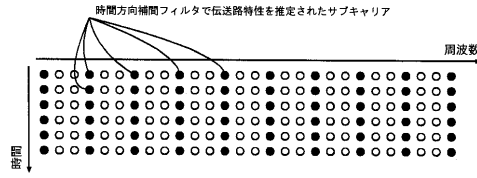
【図7】



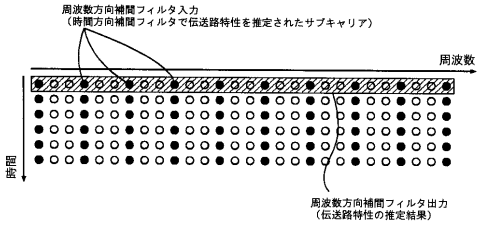
【図8】



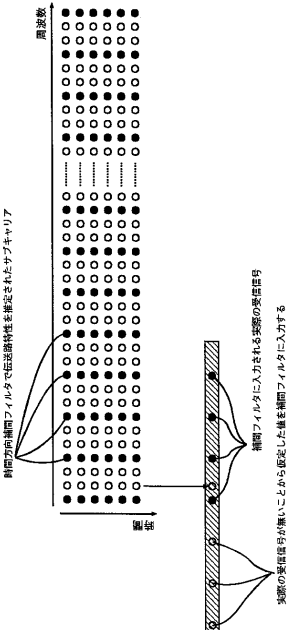
【 図 9 】



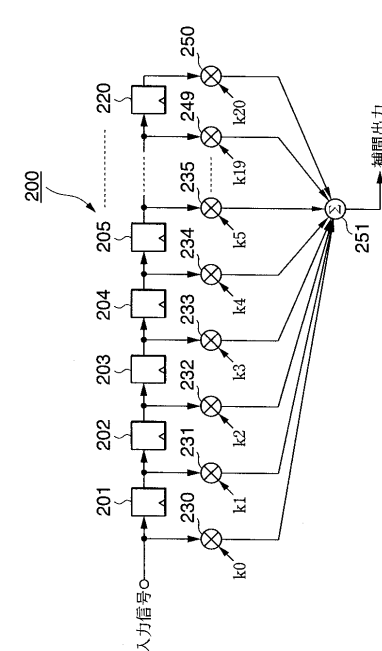
【 図 10 】



【 図 12 】



【 図 11 】



【 図 13 】

