

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5267874号
(P5267874)

(45) 発行日 平成25年8月21日(2013.8.21)

(24) 登録日 平成25年5月17日(2013.5.17)

(51) Int.Cl.

H04J 11/00 (2006.01)

F I

H04J 11/00

Z

請求項の数 4 (全 31 頁)

(21) 出願番号 特願2009-173591 (P2009-173591)
 (22) 出願日 平成21年7月24日(2009.7.24)
 (65) 公開番号 特開2011-29921 (P2011-29921A)
 (43) 公開日 平成23年2月10日(2011.2.10)
 審査請求日 平成24年7月4日(2012.7.4)

(73) 特許権者 000002185
 ソニー株式会社
 東京都港区港南1丁目7番1号
 (74) 代理人 100082131
 弁理士 稲本 義雄
 (74) 代理人 100121131
 弁理士 西川 孝
 (72) 発明者 小林 健一
 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株
 式会社内
 (72) 発明者 後藤 友謙
 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株
 式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 信号処理装置、及び、信号処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

時間領域のOFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)信号を、周波数領域のOFDM信号にフーリエ変換する変換演算を行う演算手段と、

前記OFDM信号を復調するときに用いられるキャリアの誤差である周波数オフセットの推定値を検出する周波数オフセット検出を行う処理手段と、

前記周波数領域のOFDM信号を対象として、前記周波数オフセットの推定値に従い、前記周波数オフセットを補正する周波数オフセット補正を行う周波数オフセット補正手段とを備え、

前記OFDM信号は、第1のプリアンブル信号と、前記第1のプリアンブル信号に続く第2のプリアンブル信号とを含み、

前記演算手段は、前記処理手段が前記第1のプリアンブル信号を用いた前記周波数オフセット検出を行うのと並列して、前記第2のプリアンブル信号を対象とした前記変換演算を行う

信号処理装置。

【請求項 2】

前記処理手段は、

所定のサブキャリア数分の周波数オフセットを表すオフセット量の最小値から、前記オフセット量の最大値までの範囲である検出レンジの複数の前記オフセット量それぞれについて、前記第1のプリアンブル信号の先頭から、前記オフセット量だけずれたずらし位

10

20

置を始点とする所定の複数の位置のサブキャリアの総和を求め、

複数の前記オフセット量それぞれについて得られる前記サブキャリアの総和の中の、大きさが最大の総和を検出し、前記最大の総和に対応する前記オフセット量を、前記周波数オフセットの推定値として検出し、

前記周波数オフセットの推定値を、その推定値を検出した前記OFDM信号のチャンネルと対応付けて記憶し、

前記周波数オフセットの推定値が記憶されていないチャンネルの前記OFDM信号を受信する場合、前記周波数オフセット検出で用いる検出レンジとして、デフォルトのレンジであるデフォルトレンジを設定し、

前記周波数オフセットの推定値が記憶されているチャンネルの前記OFDM信号を受信する場合、前記検出レンジとして、前記チャンネルと対応付けられている推定値を含む、前記デフォルトレンジよりも狭いレンジを設定する

請求項 1 に記載の信号処理装置。

【請求項 3】

前記時間領域のOFDM信号を対象として、前記周波数オフセットの推定値に従い、前記周波数オフセットを補正する周波数オフセット補正を行う他の周波数オフセット補正手段を、さらに備え、

前記OFDM信号は、1つの前記第1のプリアンブル信号と、1つ以上の前記第2のプリアンブル信号とを含むフレーム単位で伝送され、

前記OFDM信号の受信を開始してから、最初のフレームについては、前記周波数オフセット補正手段で周波数オフセット補正を行い、その後のフレームについては、前記他の周波数オフセット補正手段で周波数オフセット補正を行う

請求項 1 に記載の信号処理装置。

【請求項 4】

信号処理装置が、

時間領域のOFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)信号を、周波数領域のOFDM信号にフーリエ変換する変換演算を行う演算ステップと、

前記OFDM信号を復調するときに用いられるキャリアの誤差である周波数オフセットの推定値を検出する周波数オフセット検出を行う処理ステップと、

前記周波数領域のOFDM信号を対象として、前記周波数オフセットの推定値に従い、前記周波数オフセットを補正する周波数オフセット補正を行う周波数オフセット補正ステップと

を含み、

前記OFDM信号は、第1のプリアンブル信号と、前記第1のプリアンブル信号に続く第2のプリアンブル信号とを含み、

前記演算ステップでは、前記処理ステップにおいて前記第1のプリアンブル信号を用いた前記周波数オフセット検出を行うのと並列して、前記第2のプリアンブル信号を対象とした前記変換演算を行う

信号処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、信号処理装置、及び、信号処理方法に関し、特に、例えば、OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)信号の復調を迅速に行うことができるようにする信号処理装置、及び、信号処理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

地上デジタル放送等では、データ(信号)の変調方式として、OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)(直交周波数分割多重)が採用されている。

【0003】

OFDMでは、伝送帯域内に多数の直交するサブキャリア（副搬送波）を使用し、それぞれのサブキャリアの振幅や位相にデータを割り当てる、PSK(Phase Shift Keying)やQAM(Quadrature Amplitude Modulation)等のデジタル変調が行われる。

【 0 0 0 4 】

OFDMでは、多数のサブキャリアで伝送帯域を分割するため、1つ（1波）のサブキャリア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（サブキャリアの全体）の伝送速度は、従来の変調方式と変わらない。

【 0 0 0 5 】

上述したように、OFDMにおいては、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、変調は、逆フーリエ変換を行うIFFT(Inverse Fast Fourier Transform)演算によって行うことができる。また、変調の結果得られるOFDM信号の復調は、フーリエ変換を行うFFT(Fast Fourier Transform)演算によって行うことができる。

10

【 0 0 0 6 】

したがって、OFDM信号を送信するOFDM送信装置は、IFFT演算を行う回路を用いて構成することができ、OFDM信号を受信するOFDM受信装置は、FFT演算を行う回路を用いて構成することができる。

【 0 0 0 7 】

また、OFDMでは、ガードインターバルと呼ばれる信号区間を設けることで、マルチパスに対する耐性を向上させている。さらに、OFDMでは、既知の信号（OFDM受信装置側で分かっている信号）であるパイロット信号が、時間方向や周波数方向に離散的に挿入され、OFDM受信装置では、そのパイロット信号が、同期や、伝送路（チャネル）特性の推定等に利用される。

20

【 0 0 0 8 】

OFDMは、マルチパスに対する耐性が強いいため、マルチパス妨害の影響を強く受ける地上デジタル放送等で採用されている。OFDMを採用した地上デジタル放送の規格としては、例えば、DVB-T(Digital Video Broadcasting-Terrestrial)や、ISDB-T(Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial)等がある。

【 0 0 0 9 】

OFDMでは、データは、OFDMシンボルと呼ばれる単位で送信（伝送）される。

【 0 0 1 0 】

図1は、OFDMシンボルを示す図である。

30

【 0 0 1 1 】

OFDMシンボルは、一般に、変調時にIFFTが行われる信号期間である有効シンボルと、その有効シンボルの後半の一部の波形が、そのまま、有効シンボルの先頭にコピーされたガードインターバルとから構成される。

【 0 0 1 2 】

このように、OFDMシンボルの先頭に、ガードインターバルを設けることで、マルチパスに対する耐性を向上させることができる。

【 0 0 1 3 】

なお、OFDMを採用した地上デジタル放送の規格では、複数のOFDMシンボルによって構成されるフレーム（OFDM伝送フレーム）と呼ばれる単位が定義され、データの送信は、フレーム単位で行われる。

40

【 0 0 1 4 】

以上のような、OFDM信号を受信するOFDM受信装置では、OFDM信号のキャリアを用いて、OFDM信号のデジタル直交復調が行われる。

【 0 0 1 5 】

但し、OFDM受信装置でデジタル直交復調に用いられるOFDM信号のキャリアは、一般に、OFDM信号を送信してくるOFDM送信装置で用いられるOFDM信号のキャリアと一致しておらず、誤差を含む。すなわち、デジタル直交復調に用いられるOFDM信号のキャリアの周波数は、OFDM受信装置で受信されたOFDM信号（のIF(Intermediate Frequency)信号）の中心

50

周波数からずれている。

【 0 0 1 6 】

そのため、OFDM受信装置では、ディジタル直交復調に用いられるOFDM信号のキャリアの誤差である周波数オフセットを推定し、その推定値を検出する周波数オフセット検出、及び、周波数オフセットの推定値に従い、周波数オフセットをなくすように、OFDM信号（の周波数オフセット）を補正する周波数オフセット補正が行われる。

【 0 0 1 7 】

図 2 は、従来のOFDM受信装置の一例の構成を示すブロック図である。

【 0 0 1 8 】

周波数オフセット補正部 1 1 には、OFDM信号のディジタル直交復調後に得られるベースバンドの、時間領域のOFDM信号（OFDM時間領域信号）が供給される。

10

【 0 0 1 9 】

周波数オフセット補正部 1 1 は、後述する周波数オフセット補正量推定部 1 5 から供給される周波数オフセットの補正量に従い、そこに供給されるOFDM時間領域信号（の周波数オフセット）を補正する周波数オフセット補正を行う。

【 0 0 2 0 】

そして、周波数オフセット補正部 1 1 は、周波数オフセット補正後のOFDM時間領域信号を、FFT演算部 1 2、及び、時間領域周波数オフセット検出部 1 3 に供給する。

【 0 0 2 1 】

FFT演算部 1 2 は、周波数オフセット補正部 1 1 からのOFDM時間領域信号を、周波数領域のOFDM信号（OFDM周波数領域信号）にフーリエ変換する変換演算としてのFFT演算を行い、その結果得られるOFDM周波数領域信号を、周波数領域周波数オフセット検出部 1 4 に供給する。

20

【 0 0 2 2 】

なお、FFT演算部 1 2 で得られるOFDM周波数領域信号は、周波数領域周波数オフセット検出部 1 4 の他、等化や、誤り訂正符号の復号等を行う図示せぬ後段のブロックにも供給される。

【 0 0 2 3 】

時間領域周波数オフセット検出部 1 3 は、周波数オフセット補正部 1 1 からのOFDM時間領域信号を用いて、OFDM時間領域信号の周波数オフセットを推定することにより、その推定値を検出する周波数オフセット検出を行う。そして、時間領域周波数オフセット検出部 1 3 は、周波数オフセット検出の結果得られる周波数オフセットの推定値を、周波数オフセット補正量推定部 1 5 に供給（フィードバック）する。

30

【 0 0 2 4 】

周波数領域周波数オフセット検出部 1 4 は、FFT演算部 1 2 からのOFDM時間領域信号を用いて、OFDM周波数領域信号の周波数オフセットを推定することにより、その推定値を検出する周波数オフセット検出を行う。そして、周波数領域周波数オフセット検出部 1 4 は、周波数オフセット検出の結果得られる周波数オフセットの推定値を、周波数オフセット補正量推定部 1 5 に供給（フィードバック）する。

【 0 0 2 5 】

周波数オフセット補正量推定部 1 5 は、時間領域周波数オフセット検出部 1 3 からの周波数オフセットの推定値、及び、周波数領域周波数オフセット検出部 1 4 からの周波数オフセットの推定値のうち的一方、又は、両方を用いて、OFDM時間領域信号の周波数オフセットをなくすための（OFDM時間領域信号の）補正量を推定し、その補正量を、周波数オフセット補正部 1 1 に供給する。

40

【 0 0 2 6 】

上述したように、周波数オフセット補正部 1 1 は、周波数オフセット補正量推定部 1 5 からの補正量に従い、そこに供給されるOFDM時間領域信号を補正する（周波数オフセット補正を行う）。

【 0 0 2 7 】

50

ところで、OFDMを採用する地上デジタル放送の規格として、DVB-T2（第2世代欧州地上デジタル放送規格）が策定されつつある。

【0028】

なお、DVB-T2については、いわゆるブルーブック(DVB BlueBook A122)に記載されている（非特許文献1）。

【0029】

DVB-T2（のブルーブック）では、T2フレーム(T2 frame)と呼ばれるフレームが定義され、データは、T2フレーム単位で送信される。

【0030】

T2フレーム（のOFDM信号）は、P1及びP2と呼ばれる2種類のプリアンブル(Preamble)信号を含み、そのプリアンブル信号には、OFDM信号の復調等の処理に必要な情報が含まれる（シグナリング(signalling)されている）。

10

【0031】

図3は、T2フレームのフォーマットを示す図である。

【0032】

T2フレームには、1個のOFDMシンボルのP1のシンボル、1個以上のOFDMシンボルのP2のシンボル、1個以上のOFDMシンボルのデータ(Normal)のシンボル、及び、必要なFC(Frame Closing)のOFDMシンボルが、その順で含まれる。

【0033】

P1には、ビットS1及びS2等がシグナリング(Signalling)される。

20

【0034】

ビットS1及びS2は、P1以外のシンボル（P2、データ、及び、FCのシンボル）が、SISO(Single Input Single Output)、及び、MISO(Multiple Input, Single Output)のうちのいずれの方式（伝送方式）で伝送されてくるのかや、P1以外のシンボルのFFT演算を行うときのFFTサイズ（1回のFFT演算の対象とするサンプル（シンボル）（サブキャリア）の数）、ガードインターバルの長さ（以下、GI長ともいう）が、2つのグループのうちのいずれのグループに属するか等を表す。

【0035】

なお、DVB-T2では、GI長として、有効シンボルの長さを基準(1)とする7種類の値 $1/128$ 、 $1/32$ 、 $1/16$ 、 $19/256$ 、 $1/8$ 、 $19/128$ 、 $1/4$ が規定されている。この7種類のGI長が、2つのグループに分けられており、P1にシグナリングされているビットS1及びS2は、T2フレームのGI長が、2つのグループのうちのいずれのグループに属するかのグループ情報を含む。

30

【0036】

また、DVB-T2では、1個のOFDMシンボルを構成するシンボル（サブキャリア）の数、つまり、FFTサイズとしては、1K、2K、4K、8K、16K、及び、32Kの6種類が規定されている。

【0037】

但し、P1以外のOFDMシンボルについては、上述の6種類のFFTサイズのいずれも使用可能であるが、P1のOFDMシンボルについては、上述の6種類のFFTサイズのうちの、1Kのみが使用される。

40

【0038】

また、P2のFFTサイズ、及び、GI長としては、P1及びP2以外のOFDMシンボル、すなわち、データ(Normal)、及び、FCのOFDMシンボルと同一の値が採用される。

【0039】

ここで、P1は、P2の復調に必要な伝送方式やFFTサイズ等を含むので、P2を復調するには、P1を復調する必要がある。

【0040】

P2には、L1プレ(L1 PRE)、及び、L1ポスト(L1 POST)がシグナリング(signalling)される。

【0041】

50

L1プレは、T2フレームを受信するOFDM受信装置が、L1ポストの復号を行うのに必要な情報を含む。L1ポストは、OFDM受信装置が、物理レイヤ（のlayer pipes）にアクセスするのに必要な情報を含む。

【 0 0 4 2 】

ここで、L1プレには、GI長、どのシンボル（サブキャリア）に、既知の信号であるパイロット信号が含まれるかのパイロット信号の配置を表すパイロットパターン（PP）、OFDM信号を送信する伝送帯域の拡張の有無（BWT_EXT）、1つのT2フレームに含まれるOFDMシンボルの数（NDSYM）等が含まれ、これらは、データ（FCを含む）のシンボルを復調するのに必要な情報となっている。

【 0 0 4 3 】

OFDM受信装置では、L1プレ、及び、L1ポスト（にシグナリングされている情報）を取得すると、その後、データ（及びFC）のシンボルを復調することが可能となる。

【 0 0 4 4 】

なお、図3では、T2フレームに、2個のOFDMシンボルのP2が配置されているが、T2フレームには、1ないし16個のOFDMシンボルのP2を配置することができる。但し、FFTサイズが16Kと32KのP2を含むT2フレームには、1個のOFDMシンボルだけのP2が配置される。

【 0 0 4 5 】

図4は、P1のOFDM信号を示す図である。

【 0 0 4 6 】

P1のOFDM信号は、1K(=1024)個のシンボルを有効シンボルとして有する。

【 0 0 4 7 】

そして、P1のOFDM信号は、有効シンボルの、先頭側の一部分B1を周波数シフトした信号B1'を、有効シンボルの前側にコピーし、かつ、有効シンボルの残りの部分B2を周波数シフトした信号B2'を、有効シンボルの後ろ側にコピーした、サイクリック(cyclic)な構造になっている。

【 0 0 4 8 】

P1のOFDM信号は、853本のサブキャリアを、有効なサブキャリアとして有し、DVB-T2では、その853本のサブキャリアのうちの、所定の位置の384本のサブキャリアに、情報の割り当て(location)がされている。

【 0 0 4 9 】

DVB-T2のインプリメンテーションガイドライン(Implementation Guidelines(ETSI TR 102 831 : IG))によれば、OFDM信号を送信する伝送帯域が、例えば、8MHzである場合、P1のOFDM信号の、上述の384本のサブキャリアのロケーションの相関性を利用して、最大で±500kHzの範囲の、サブキャリア間隔の単位での「粗い」周波数オフセット("coarse" carrier frequency offset)の推定が可能である。

【 0 0 5 0 】

さらに、インプリメンテーションガイドラインによれば、図4で説明したP1のサイクリックな構造によって、±0.5×サブキャリア間隔の範囲の、サブキャリア間隔未満の単位での「細かい」周波数オフセット("fine" carrier frequency offset)の推定が可能である。

【 0 0 5 1 】

ここで、DVB-T2では、P1のFFTサイズが、図4で説明した1Kサンプル（シンボル）であることが規定されている。

【 0 0 5 2 】

さらに、DVB-T2では、伝送帯域が、例えば、8MHzである場合には、FFTサイズが1KサンプルのP1のサンプリング周期が、7/64 μ秒であることが規定されている。

【 0 0 5 3 】

したがって、伝送帯域が、例えば、8MHzである場合、P1の有効シンボル長 T_u は、1024×7/64 μ秒である

【 0 0 5 4 】

10

20

30

40

50

一方、OFDMシンボルの有効シンボルの長さ（ガードインターバルを含まない長さである有効シンボル長） T_u [秒]と、OFDM信号のサブキャリアのサブキャリア間隔 D [Hz]との間には、式 $D=1/T_u$ の関係が成り立つ。

【 0 0 5 5 】

したがって、伝送帯域が、例えば、8MHzである場合、P1のサブキャリアのサブキャリア間隔 D は、有効シンボル長 $T_u=1024 \times 7/64 \mu$ 秒の逆数である約8929Hzとなる。

【 0 0 5 6 】

以上のように、P1のサブキャリア間隔 D は、（約）8929Hzであるから、P1を用いて検出することができる「細かい」周波数オフセットの推定値は、 $\pm 8929/2$ Hzの範囲の値となる。

10

【 0 0 5 7 】

この場合、P1によるキャプチャレンジ、すなわち、P1から得られる「細かい」周波数オフセットの推定値に従ったOFDM信号の補正によって、デジタル直交復調に用いられるOFDM信号のキャリアを引き込むことのできる範囲（周波数オフセット補正をすることができる範囲）は、サブキャリアの本来の周波数軸上の位置（周波数）を基準とする $\pm 8929/2$ Hzの範囲内（ $-8929/2$ Hzないし $+8929/2$ Hzの範囲内）となる。

【 0 0 5 8 】

ここで、OFDM信号（OFDMシンボル）の複数のサブキャリアのうちの、周波数の低い方から $i+1$ 番目（ $i=0, 1, \dots$ ）のサブキャリアを、サブキャリア $c\#i$ と表すとともに、そのサブキャリア $c\#i$ の本来の周波数（周波数軸上の位置）を、設定周波数 $f\#i$ ということとする。

20

【 0 0 5 9 】

OFDM受信装置では、P1を用いた「細かい」周波数オフセットの推定によって、OFDM信号のサブキャリア $c\#i$ の周波数と、その周波数に最も近い設定周波数 $f\#i'$ との差が、「細かい」周波数オフセットの推定値として検出される。

【 0 0 6 0 】

そして、その「細かい」周波数オフセットの推定値に従い、サブキャリア $c\#i$ の周波数が、その周波数に最も近い設定周波数 $f\#i'$ に一致するように、OFDM信号を補正する周波数オフセット補正が行われる。

【 0 0 6 1 】

30

また、OFDM受信装置では、P1を用いた「粗い」周波数オフセットの推定によって、OFDM信号のサブキャリア $c\#i$ の周波数と、そのサブキャリア $c\#i$ の設定周波数 $f\#i$ との差が、サブキャリア間隔単位で、「粗い」周波数オフセットの推定値として検出される。

【 0 0 6 2 】

そして、その「粗い」周波数オフセットの推定値に従い、サブキャリア $c\#i$ の周波数が、そのサブキャリア $c\#i$ の設定周波数 $f\#i$ に一致するように、OFDM信号を補正する周波数オフセット補正が行われる。

【 0 0 6 3 】

ここで、周波数オフセット補正のうちの、「細かい」周波数オフセットの推定値に従って行われる周波数オフセット補正を、「細かい」周波数オフセット補正ともいい、「粗い」周波数オフセットの推定値に従って行われる周波数オフセット補正を、「粗い」周波数オフセット補正ともいう。

40

【先行技術文献】

【非特許文献】

【 0 0 6 4 】

【非特許文献 1】"Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)", DVB Document A122 June 2008

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

50

【 0 0 6 5 】

ところで、OFDM信号に、 $\pm 0.5 \times$ サブキャリア間隔の範囲を超える大きな周波数オフセットが存在する場合には、P1を用いた「粗い」周波数オフセットの推定に時間を要することがある。

【 0 0 6 6 】

「粗い」周波数オフセット補正は、P1を用いた「粗い」周波数オフセットの推定をし、その推定値を検出してからではないと行うことができないため、P1を用いた「粗い」周波数オフセットの推定に時間を要する場合には、OFDM信号の受信を開始してから、最初に受信したT2フレームでは、同期の確立、さらには、P2、及び、データ（FCを含む）の復調を行うことができず、その結果、次のT2フレームを受信するまで、P2、及び、データの復調を待たなければならないことがある。

10

【 0 0 6 7 】

すなわち、OFDMシンボルにおいて、P2は、図3に示したように、P1に続く位置に配置されている。

【 0 0 6 8 】

したがって、図2の従来のOFDM受信装置では、時間領域周波数オフセット検出部13による、P1を用いた「粗い」周波数オフセットの推定に時間を要すると、その間に、P1に続くP2が、周波数オフセット補正部11を通過し、P2のうちの、周波数オフセット補正部11を通過した分については、「粗い」周波数オフセット補正を行うことができない。

【 0 0 6 9 】

20

OFDM信号に、「粗い」周波数オフセット、すなわち、 $\pm 0.5 \times$ サブキャリア間隔の範囲を超える周波数オフセットが存在する場合、そのままのOFDM信号（「粗い」周波数オフセット補正をしていないOFDM信号）から、正しい情報を取り出す（復号する）ことができる可能性は、極めて低いため、P1を用いた「粗い」周波数オフセットの推定を行っている間に、P2（の少なくとも一部）が、周波数オフセット補正部11を通過すると、P2を正確に復調することが困難となる。

【 0 0 7 0 】

その結果、OFDM信号の受信を開始してから、最初に受信したT2フレームでは、P2、及び、データ（FCを含む）の復調を行うことができず、次のT2フレームを受信するまで、P2、及び、データの復調を待たなければならない。

30

【 0 0 7 1 】

本発明は、このような状況に鑑みてなされたものであり、同期の確立（サブキャリア $c\#i$ の周波数を、そのサブキャリア $c\#i$ の設定周波数に一致させること）を高速化し、OFDM信号の復調を迅速に行うことができるようにするものである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 7 2 】

本発明の一側面の信号処理装置は、時間領域のOFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)信号を、周波数領域のOFDM信号にフーリエ変換する変換演算を行う演算手段と、前記OFDM信号を復調するときに用いられるキャリアの誤差である周波数オフセットの推定値を検出する周波数オフセット検出を行う処理手段と、前記周波数領域のOFDM信号を対象として、前記周波数オフセットの推定値に従い、前記周波数オフセットを補正する周波数オフセット補正を行う周波数オフセット補正手段とを備え、前記OFDM信号は、第1のプリアンブル信号と、前記第1のプリアンブル信号に続く第2のプリアンブル信号とを含み、前記演算手段は、前記処理手段が前記第1のプリアンブル信号を用いた前記周波数オフセット検出を行うのと並列して、前記第2のプリアンブル信号を対象とした前記変換演算を行う信号処理装置である。

40

【 0 0 7 3 】

本発明の一側面の信号処理方法は、信号処理装置が、時間領域のOFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)信号を、周波数領域のOFDM信号にフーリエ変換する変換演算を行う演算ステップと、前記OFDM信号を復調するときに用いられるキャリアの誤差であ

50

る周波数オフセットの推定値を検出する周波数オフセット検出を行う処理ステップと、前記周波数領域のOFDM信号を対象として、前記周波数オフセットの推定値に従い、前記周波数オフセットを補正する周波数オフセット補正を行う周波数オフセット補正ステップとを含み、前記OFDM信号は、第1のプリアンブル信号と、前記第1のプリアンブル信号に続く第2のプリアンブル信号とを含み、前記演算ステップでは、前記処理ステップにおいて前記第1のプリアンブル信号を用いた前記周波数オフセット検出を行うのと並列して、前記第2のプリアンブル信号を対象とした前記変換演算を行う信号処理方法である。

【0074】

以上のような一側面においては、時間領域のOFDM信号を、周波数領域のOFDM信号にフーリエ変換する変換演算が行われ、前記OFDM信号を復調するとき用いられるキャリアの誤差である周波数オフセットの推定値を検出する周波数オフセット検出が行われる。そして、前記周波数領域のOFDM信号を対象として、前記周波数オフセットの推定値に従い、前記周波数オフセットを補正する周波数オフセット補正が行われる。この場合において、前記OFDM信号には、第1のプリアンブル信号と、前記第1のプリアンブル信号に続く第2のプリアンブル信号とが含まれ、前記第1のプリアンブル信号を用いた前記周波数オフセット検出を行うのと並列して、前記第2のプリアンブル信号を対象とした前記変換演算が行われる。

【0075】

なお、信号処理装置は、独立した装置であっても良いし、独立した装置を構成する内部のブロックであっても良い。

【発明の効果】

【0076】

本発明の一側面によれば、OFDM信号の復調を迅速に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0077】

【図1】OFDMシンボルを示す図である。

【図2】従来のOFDM受信装置の構成の一例を示すブロック図である。

【図3】T2フレームのフォーマットを示す図である。

【図4】P1のOFDM信号を示す図である。

【図5】本発明を適用した信号処理装置の第1実施の形態の構成例を示すブロック図である。

【図6】P1のOFDM信号のパワーを示す図である。

【図7】プリアンブル処理部25による「粗い」周波数オフセットの推定の方法を説明する図である。

【図8】インプリメンテーションガイドラインに紹介されている、P1、及び、P2のSignaling、並びに、OFDM信号の周波数オフセットを考慮した一連の復調シーケンスを説明する図である。

【図9】プリセットを用いたOFDM信号の復調を説明する図である。

【図10】OFDM信号に、「粗い」周波数オフセットが存在する場合の、プリセットを用いたOFDM信号の復調を説明する図である。

【図11】OFDM信号に、「粗い」周波数オフセットが存在する場合の、OFDM受信装置によるOFDM信号の復調を説明する図である。

【図12】周波数領域周波数オフセット補正部23による「粗い」周波数オフセット補正を説明する図である。

【図13】検出レンジ設定処理を説明するフローチャートである。

【図14】本発明を適用した信号処理装置の第2実施の形態の構成例を示すブロック図である。

【図15】本発明を適用したコンピュータの一実施の形態の構成例を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 7 8 】

< 第 1 実施の形態 >

【 0 0 7 9 】

[信号処理装置の構成例]

【 0 0 8 0 】

図 5 は、本発明を適用した信号処理装置の第 1 実施の形態の構成例を示すブロック図である。

【 0 0 8 1 】

図 5 において、信号処理装置は、例えば、DVB-T2のOFDM信号を受信して復調するOFDM受信装置として機能する。

10

【 0 0 8 2 】

すなわち、図 5 において、信号処理装置は、時間領域周波数オフセット補正部 2 1、FFT演算部 2 2、周波数領域周波数オフセット補正部 2 3、回転部 2 4、プリアンプル処理部 2 5、及び、シンボル同期部 2 6 を含む。

【 0 0 8 3 】

時間領域周波数オフセット補正部 2 1 には、OFDM時間領域信号が供給される。

【 0 0 8 4 】

すなわち、OFDM受信装置では、OFDM信号を送信するOFDM送信装置から送信（伝送）されているOFDM信号から、例えば、ユーザが選択したチャンネル（に対応する周波数帯域）のOFDM信号が抽出される。

20

【 0 0 8 5 】

さらに、受信装置では、ユーザが選択したチャンネル（以下、注目チャンネルともいう）のOFDM信号が、所定の周波数（キャリア周波数）のキャリア（理想的には、OFDM送信装置で用いられるのと同じのキャリア）と、そのキャリアと直交する信号とを用いてデジタル直交復調され、その結果得られるベースバンドのOFDM信号が、時間領域周波数オフセット補正部 2 1 に供給される。

【 0 0 8 6 】

ここで、時間領域周波数オフセット補正部 2 1 に供給されるOFDM信号は、FFT演算がされる前（OFDM送信装置側で、IQコンスタレーション上のシンボル（1個のサブキャリアで伝送されるデータ）がIFFT演算された直後）の時間領域の信号であるので、OFDM時間領域信号ともいう。

30

【 0 0 8 7 】

OFDM時間領域信号は、実軸成分（I(In Phase)成分）と虚軸成分（Q(Quadrature Phase)成分）とを含む、複素数で表される複素信号である。

【 0 0 8 8 】

時間領域周波数オフセット補正部 2 1 には、OFDM時間領域信号の他、プリアンプル処理部 2 5 から、P1を用いた「細かい」周波数オフセット("fine" carrier frequency offset)の推定によって検出される、「細かい」周波数オフセットの推定値が供給される。

【 0 0 8 9 】

時間領域周波数オフセット補正部 2 1 は、そこに供給されるOFDM時間領域信号を、プリアンプル処理部 2 5 からの「細かい」周波数オフセットの推定値に従って補正する「細かい」周波数オフセット補正を行う。

40

【 0 0 9 0 】

そして、時間領域周波数オフセット補正部 2 1 は、「細かい」周波数オフセット補正後のOFDM時間領域信号を、FFT演算部 2 2、及び、プリアンプル処理部 2 5 に供給する。

【 0 0 9 1 】

FFT演算部 2 2 は、シンボル同期部 2 6 から供給されるFFTトリガ情報(FFT Window trigger)に従って、時間領域周波数オフセット補正部 2 1 からのOFDM時間領域信号から、FFTサイズ分のOFDM時間領域信号（のサンプル値）を抽出し、DFT(Discrete Fourier Transform)の高速演算であるFFT演算を行う。

50

【 0 0 9 2 】

すなわち、シンボル同期部 2 6 からFFT演算部 2 2 に供給されるFFTトリガ情報は、OFDM時間領域信号について、FFT演算の対象とする区間の開始位置（FFT演算の開始位置）と、その区間のサイズ（FFTサイズ）とを表す。

【 0 0 9 3 】

FFT演算部 2 2 は、シンボル同期部 2 6 からのFFTトリガ情報に従って、そのFFTトリガ情報が表す開始位置から、同じくFFTトリガ情報が表すFFTサイズの区間のOFDM時間領域信号を、FFT演算の対象とする区間（以下、FFT区間ともいう）のOFDM時間領域信号として抽出する。

【 0 0 9 4 】

これにより、理想的には、OFDM時間領域信号に含まれる 1 個のOFDMシンボルを構成するシンボルから、ガードインターバル（のシンボル）を除いた、有効シンボル長のシンボルが、FFT区間のOFDM時間領域信号として抽出される。

【 0 0 9 5 】

そして、FFT演算部 2 2 は、FFT区間のOFDM時間領域信号（有効シンボル長のシンボル）のFFT演算を行う。

【 0 0 9 6 】

FFT演算部 2 2 でのOFDM時間領域信号のFFT演算により、サブキャリアで送信されてきた情報、すなわち、IQコンスタレーション上のシンボルを表すOFDM信号が得られる。

【 0 0 9 7 】

なお、OFDM時間領域信号のFFT演算により得られるOFDM信号は、周波数領域の信号であり、以下、OFDM周波数領域信号ともいう。

【 0 0 9 8 】

FFT演算部 2 2 は、OFDM時間領域信号のOFDMシンボルを対象としたFFT演算によって得られるOFDM周波数領域信号、すなわち、OFDMシンボルを構成するサブキャリアの集合を、周波数領域周波数オフセット補正部 2 3 に供給する。

【 0 0 9 9 】

ここで、FFT演算部 2 2 は、OFDM周波数領域信号であるOFDMシンボルを構成するサブキャリア $c\#i$ の集合とともに、そのサブキャリア $c\#i$ を表すキャリアインデックス（キャリア index） j も、周波数領域周波数オフセット補正部 2 3 に供給する。

【 0 1 0 0 】

すなわち、FFT演算部 2 2 は、FFT演算の演算結果である、OFDMシンボルを構成するサブキャリア $c\#i$ の集合について、周波数の低い方から $j+1$ 番目（ $j=0,1,\dots$ ）のサブキャリア $c\#i$ のキャリアインデックスを、 j として、そのキャリアインデックス j を、 $j+1$ 番目のサブキャリア $c\#i$ に対応付けて、OFDMシンボルを構成するサブキャリア $c\#i$ の集合としての複数のサブキャリア $c\#i$ の並びとともに、周波数領域周波数オフセット補正部 2 3 に供給する。

【 0 1 0 1 】

なお、OFDM周波数領域信号に、例えば、周波数の高い方向に、 $+K$ サブキャリア分だけずれた周波数オフセットが存在する場合、FFT演算部 2 2 が出力するサブキャリア $c\#i$ の i と、キャリアインデックス j の j との間には、式 $j=i+K$ の関係がある。

【 0 1 0 2 】

周波数領域周波数オフセット補正部 2 3 には、FFT演算部 2 2 から、OFDM周波数領域信号が供給される他、プリアンブル処理部 2 5 から、 $P1$ を用いた「粗い」周波数オフセット（"coarse" carrier frequency offset）の推定によって検出される、「粗い」周波数オフセットの推定値が供給される。

【 0 1 0 3 】

周波数領域周波数オフセット補正部 2 3 は、FFT演算部 2 2 からのOFDM時間領域信号を、プリアンブル処理部 2 5 からの「粗い」周波数オフセットの推定値に従って補正する「粗い」周波数オフセット補正を行う。

【 0 1 0 4 】

ここで、OFDM信号に、「粗い」周波数オフセットが存在する場合、FFT演算部22で得られるOFDM時間領域信号であるOFDMシンボルを構成するサブキャリア $c\#i$ は、そのサブキャリア $c\#i$ （の本来）の設定周波数 $f\#i$ ではない設定周波数 $f\#j$ に近い位置に存在し、その結果、FFT演算部22において、本来のキャリアインデクス i ではないキャリアインデクス $j(=i+K)$ と対応付けられる。

【0105】

周波数領域周波数オフセット補正部23では、例えば、サブキャリア $c\#i$ に対応付けられているキャリアインデクスを、本来のキャリアインデクス i ではないキャリアインデクス j から、本来のキャリアインデクス i に変更することが、「粗い」周波数オフセット補正として行われる。

【0106】

周波数領域周波数オフセット補正部23は、「粗い」周波数オフセット補正後のOFDM周波数領域信号を、キャリアインデクスとともに、回転部24に供給する。

【0107】

回転部24には、周波数領域周波数オフセット補正部23から、OFDM周波数領域信号、及び、キャリアインデクスが供給される他、図示せぬブロックでOFDM信号から推定されるGI長、又は、OFDM受信装置において、あらかじめ用意された情報（以下、プリセットともいう）に含まれるGI長が供給されるとともに、プリアンブル処理部25から、P1を用いた「粗い」周波数オフセット("coarse" carrier frequency offset)の推定によって検出される、「粗い」周波数オフセットの推定値が供給される。

【0108】

回転部24は、周波数領域周波数オフセット補正部23からのOFDM周波数領域信号を、GI長と、「粗い」周波数オフセットの推定値とに従って、IQコンスタレーション上で回転する補正を行い、その補正後のOFDM周波数領域信号を、周波数領域周波数オフセット補正部23からのキャリアインデクスとともに、等化や、誤り訂正符号の復号等を行う図示せぬ後段のブロックに供給する。

【0109】

すなわち、周波数領域周波数オフセット補正部23から回転部24に供給されるOFDM周波数領域信号に、「粗い」周波数オフセットが存在する場合には、その「粗い」周波数オフセットを、 e と表すとともに、OFDM信号のGI長を、 r と表すこととすると、OFDM周波数領域信号には、シンボルごとに、 $e \times r$ だけの回転がかかるので、回転部24は、その回転をなくすように補正を行う。

【0110】

プリアンブル処理部25は、時間領域周波数オフセット補正部21から供給されるOFDM時間領域信号から、第1のプリアンブル信号の一例であるP1を検出し、そのP1を用いた「細かい」周波数オフセットの推定、及び、「粗い」周波数オフセットの推定を行うことで、「細かい」周波数オフセットの推定値、及び、「粗い」周波数オフセットの推定値を検出する。

【0111】

そして、プリアンブル処理部25は、「細かい」周波数オフセットの推定値を、時間領域周波数オフセット補正部21に供給するとともに、「粗い」周波数オフセットの推定値を、周波数領域周波数オフセット補正部23、及び、回転部24に供給する。

【0112】

また、プリアンブル処理部25は、P1に含まれるビットS1及びS2を抽出し、そのビットS1及びS2から、SISO、又は、MISOを表す伝送方式、P1以外のOFDMシンボルのFFTサイズ、及び、GI長が属するグループのグループ情報を認識する。

【0113】

さらに、プリアンブル処理部25は、時間領域周波数オフセット補正部21からのOFDM時間領域信号に含まれる、そのOFDM時間領域信号上のP1の位置を表すP1位置情報や、P1に含まれるビットS1及びS2から認識されるFFTサイズ等を、シンボル同期部26に供給する

10

20

30

40

50

。

【0114】

シンボル同期部26は、プリアンブル処理部25からのP1位置情報やFFTサイズ等から、FFTトリガ情報を生成し、FFT演算部22に供給する。

【0115】

すなわち、シンボル同期部26は、例えば、P1に続く、第2のプリアンブル信号の一例であるP2については、P1位置情報が表す位置から、図示せぬブロックでOFDM信号から推定されるGI長、又は、プリセットに含まれるGI長だけ、時間的に後の位置を、有効シンボルの先頭として、その先頭の位置を、P2のFFT演算の開始位置として含むFFTトリガ情報を生成する。

10

【0116】

以上のように構成されるOFDM受信装置では、プリアンブル処理部25は、時間領域周波数オフセット補正部21を介して供給されるOFDM時間領域信号から、P1を検出し、そのP1を用いた「細かい」周波数オフセットの推定、及び、「粗い」周波数オフセットの推定を行うことで、「細かい」周波数オフセットの推定値、及び、「粗い」周波数オフセットの推定値を検出する。

【0117】

そして、プリアンブル処理部25は、「細かい」周波数オフセットの推定値を、時間領域周波数オフセット補正部21に供給するとともに、「粗い」周波数オフセットの推定値を、周波数領域周波数オフセット補正部23、及び、回転部24に供給する。

20

【0118】

また、プリアンブル処理部25は、OFDM時間領域信号上のP1の位置を表すP1位置情報等を生成し、シンボル同期部26に供給する。

【0119】

シンボル同期部26は、プリアンブル処理部25からの情報から、FFTトリガ情報を生成し、FFT演算部22に供給する。

【0120】

一方、時間領域周波数オフセット補正部21は、プリアンブル処理部25から供給される「細かい」周波数オフセットの推定値に従い、そこに供給されるOFDM時間領域信号を補正し、FFT演算部22、及び、プリアンブル処理部25に供給する。

30

【0121】

FFT演算部22は、シンボル同期部26から供給されるFFTトリガ情報に従って、時間領域周波数オフセット補正部21からのOFDM時間領域信号のFFT演算を行い、その結果得られるOFDM周波数領域信号と、キャリアインデクスとを、周波数領域周波数オフセット補正部23に供給する。

【0122】

周波数領域周波数オフセット補正部23は、FFT演算部22からのOFDM時間領域信号を、プリアンブル処理部25からの「粗い」周波数オフセットの推定値に従って補正する「粗い」周波数オフセット補正を行い、キャリアインデクスとともに、回転部24に供給する。

40

【0123】

回転部24は、周波数領域周波数オフセット補正部23からのOFDM周波数領域信号を、図示せぬブロックで推定されるGI長、又は、プリセットに含まれるGI長と、プリアンブル処理部25からの「粗い」周波数オフセットの推定値とに従って補正し、周波数領域周波数オフセット補正部23からのキャリアインデクスとともに、等化や、誤り訂正符号の復号等を行う図示せぬ後段のブロックに供給する。

【0124】

[P1を用いた周波数オフセットの推定]

【0125】

OFDM信号に、周波数オフセット（特に、「粗い」周波数オフセット）が存在すると、P1

50

、及び、P2にSignallingされた情報を、正しく取得すること（P1及びP2を正確に復調すること）が困難となる。

【0126】

そのため、OFDM信号の受信後、まず最初に周波数オフセット補正を行うことが必要となる。

【0127】

そこで、図5のOFDM受信装置では、P1を用いて、周波数オフセットを推定することにより、その周波数オフセットの推定値が検出され、その推定値に従って、周波数オフセット補正が行われる。

【0128】

前述したように、インプリメンテーションガイドラインによれば、P1を用い、P1のサイクリックな構造を利用して、 $\pm 0.5 \times$ サブキャリア間隔の範囲の、サブキャリア間隔未満の単位での「細かい」周波数オフセット("fine" carrier frequency offset)の推定が可能である。

【0129】

そこで、プリアンブル処理部25（図5）では、P1を用いて、「細かい」周波数オフセットを推定し、「細かい」周波数オフセットの推定値を検出する。

【0130】

例えば、前述したように、OFDM信号の伝送帯域が、8MHzである場合には、サブキャリアc#iに最も近い設定周波数から、 $\pm 8929/2\text{Hz}$ の範囲の値が、「細かい」周波数オフセットの推定値として検出される。

【0131】

また、前述したように、インプリメンテーションガイドラインによれば、OFDM信号の伝送帯域が、例えば、8MHzである場合、P1のOFDM信号のサブキャリアのロケーションの相関性を利用して、最大で $\pm 500\text{kHz}$ の範囲の、サブキャリア間隔の単位での「粗い」周波数オフセット("coarse" carrier frequency offset)の推定が可能である。

【0132】

そこで、プリアンブル処理部25では、P1を用いて、「粗い」周波数オフセットを推定し、「粗い」周波数オフセットの推定値を検出する。

【0133】

図6及び図7を参照して、図5のプリアンブル処理部25による、P1を用いた「粗い」周波数オフセットの推定を説明する。

【0134】

図6は、P1のOFDM信号のパワーを示す図である。

【0135】

なお、図6において（図7でも同様）、横軸は、周波数としてのキャリアインデックスを表し、縦軸は、サブキャリアのパワーを表す。

【0136】

前述したように、P1のOFDM信号は、853本のサブキャリアを、有効なサブキャリアとして有し、DVB-T2では、その853本のサブキャリアのうちの、384本のサブキャリアに、情報の割り当て(location)がされている。

【0137】

なお、OFDM信号の伝送帯域が、例えば、8MHzである場合、P1のサブキャリア間隔は、前述したように、（約）8929Hzになっている。

【0138】

プリアンブル処理部25（図5）は、P1のOFDM信号の、上述の384本のサブキャリアのロケーションの相関性を利用して、「粗い」周波数オフセット("coarse" carrier frequency offset)を推定し、「粗い」周波数オフセットの推定値を検出する。

【0139】

図7は、プリアンブル処理部25による「粗い」周波数オフセットの推定の方法を説明

10

20

30

40

50

する図である。

【0140】

図7において、実線及び点線の矢印は、P1のOFDM信号の、853本の有効なサブキャリアを表す。また、実線及び点線の矢印のうちの実線の矢印は、853本の有効なサブキャリアのうちの、後述する総和を求める対象となる(384本の)サブキャリアを表す。

【0141】

また、図7において、853本の有効なサブキャリアを表す矢印のうちの長い矢印は、情報が割り当てられている384本のサブキャリアを表し、したがって、情報が割り当てられている384本のサブキャリアのパワーは(振幅も)大になっている。

【0142】

一方、短い矢印は、情報の割り当てがされていないサブキャリアを表し、したがって、情報の割り当てがされていないサブキャリアのパワーは小になっている。

【0143】

図7に示したP1(サブキャリア)には、-1の周波数オフセットが存在する。

【0144】

ここで、周波数オフセットの符号(正負)は、サブキャリアの位置(周波数)のずれの方向を表す。すなわち、周波数オフセットが正である場合には、サブキャリアが、高い周波数の方向にずれていることを表し、周波数オフセットが負である場合には、サブキャリアが、低い周波数の方向にずれていることを表す。

【0145】

また、周波数オフセットの大きさ(絶対値)は、サブキャリアがずれている大きさを、サブキャリア間隔だけのずれを1として表す。

【0146】

したがって、周波数オフセットが-1であるとは、サブキャリアが、低い周波数の方向に、1サブキャリア間隔だけずれていることを表す。

【0147】

P1において、情報が割り当てられている384本のサブキャリア(以下、情報サブキャリアともいう)は、あらかじめ定められた位置(周波数軸上の位置)に配置されている。

【0148】

いま、384本の情報サブキャリアの配置の位置として、P1の先頭を始点(基準)として、あらかじめ定められた位置を、既知位置ということとする。OFDM信号の周波数オフセットが、0である場合には、既知位置に、パワーが大の384本の情報サブキャリアすべてが存在するので、既知位置の384本のサブキャリアのパワー(又は振幅)の総和は、大になる。

【0149】

一方、OFDM信号の周波数オフセット(「粗い」周波数オフセット)が、0でない場合には、既知位置に、パワーが大の情報サブキャリアが存在しないことがあるので、既知位置の384本のサブキャリアのパワーの総和は、既知位置に、384本の情報サブキャリアすべてが存在する場合に比較して、小になる。

【0150】

そこで、プリアンブル処理部25では、所定のサブキャリア数分の周波数オフセットを表すオフセット量offsetの最小値MINから、オフセット量offsetの最大値MAXまでの範囲である検出レンジの複数のオフセット量offsetそれぞれについて、P1の先頭から、オフセット量offsetだけずれたずらし位置を始点とする複数の位置(384個の位置)としての既知位置のサブキャリアのパワーの総和を求める。

【0151】

そして、プリアンブル処理部25は、最小値MINから最大値MAXまでの検出レンジの整数値である複数のオフセット量offsetそれぞれについて得られるサブキャリアのパワーの総和の中の、大きさが最大の総和を検出し、その最大の総和に対応するオフセット量offsetを、「粗い」周波数オフセットの推定値として検出する。

10

20

30

40

50

【 0 1 5 2 】

図 7 では、最小値MINを-16とするとともに、最大値MAXを+15とする検出レンジの32個のオフセット量offsetそれぞれについて、P1の先頭から、オフセット量offsetだけずれたずらし位置を始点とする既知位置のサブキャリアのパワーの総和が求められている。

【 0 1 5 3 】

そして、図 7 では、上述したように、周波数オフセットが-1であるため、オフセット量offsetが-1である場合に求められるサブキャリアのパワーの総和が最大になっている。

【 0 1 5 4 】

[OFDM信号の復調シーケンス]

【 0 1 5 5 】

10

図 8 は、インプリメンテーションガイドラインに紹介されている、P1、及び、P2のSignalling、並びに、OFDM信号の周波数オフセットを考慮した一連の復調シーケンスを説明する図である。

【 0 1 5 6 】

すなわち、図 8 は、T2フレームのシーケンスを示している。

【 0 1 5 7 】

インプリメンテーションガイドラインに記載の復調シーケンスによれば、OFDM受信装置は、動作開始時に、まず、P1を検出する(P1 detection)。

【 0 1 5 8 】

P1の検出の後、OFDM受信装置は、P1の「細かい」周波数オフセット補正、及び、「粗い」周波数オフセット補正を行う。

20

【 0 1 5 9 】

周波数オフセット補正の後、P1を復調すること(P1のSignallingを解くこと)(P1 demodulation)ができ、これにより、OFDM受信装置は、P2、データ(NORMAL)、及び、FCのFFTサイズを認識することができる。

【 0 1 6 0 】

さらに、OFDM受信装置は、P1の復調によって、GI長のグループ情報を認識することができる。但し、GI長そのものは、認識することができないため、例えば、図 8 に示すように、T2フレームが、2 個のOFDMシンボルのP2等の、複数のP2を含む場合には、先頭から 2 番目以降のP2の先頭の位置を特定することができない。

30

【 0 1 6 1 】

その結果、OFDM信号の受信開始後、最初の(1 番目の)T2フレーム(P1を復調したT2フレーム)に含まれる複数のP2の復調は、行うことができない。

【 0 1 6 2 】

そのため、OFDM受信装置では、最初のT2フレームの残りのシンボルを用いて、P2の復調に必要なGI長の推定(GI estimation)を行う必要がある。

【 0 1 6 3 】

OFDM受信装置は、GI長の推定の後、次の(2 番目の)T2フレームを待って、そのT2フレームのP1に続くP2を、P1から認識したFFTサイズと、最初のT2フレームから推定したGI長とを用いて抽出して復調する。

40

【 0 1 6 4 】

OFDM受信装置では、P2の復調により、L1プレ、さらには、L1ポスト(図 3)を取得することができ(L1PRE decoding (and L1POST decoding))、そのL1プレ、及び、L1ポストの情報を用いて、データ(Normal)、及び、FCを復調することができる。

【 0 1 6 5 】

以上の、インプリメンテーションガイドラインに紹介されている復調シーケンスでは、最初のT2フレームにおいて、GI長の推定のために、P2を復調することができず、その結果、データ(FCを含む)の復調が、T2フレームの1フレーム分だけ遅延する。

【 0 1 6 6 】

そこで、OFDM受信装置において、P2(のL1プレ)、又は、データ(FCを含む)の復調に

50

必要な正確な値の伝送パラメータをあらかじめ用意しておき、そのあらかじめ用意した伝送パラメータ（以下、プリセットともいう）を用いて、復調を行うことを考える。

【 0 1 6 7 】

なお、プリセットは、例えば、OFDM受信装置が搭載されるTV（テレビジョン受像機）等の購入後の初期設定で行われる、いわゆるチャンネルスキャン等において、そのTVが受信可能なチャンネルについて取得する。

【 0 1 6 8 】

TVが受信可能なチャンネルについてのプリセットの取得は、例えば、インターネット等のネットワークからダウンロードすることや、TVが内蔵するメモリに、各チャンネルのプリセットを記憶させておき、そのメモリから、プリセットを読み出すこと等によって行うことができる。

10

【 0 1 6 9 】

ここで、データ（FCを含む）の復調に必要な伝送パラメータは、FFTサイズ、MISO又はSISOを表す伝送方式、GI長、パイロットパターン（PP）、伝送帯域の拡張の有無（BWT_EXT）、及び、1つのT2フレームに含まれるOFDMシンボルの数（NDSYM）である。

【 0 1 7 0 】

また、P2（のL1プレ）の復調に必要な伝送パラメータは、FFTサイズ、伝送方式、及び、GI長である。

【 0 1 7 1 】

なお、FFTサイズ、及び、伝送方式は、P1から認識することができるので、プリセットとしては、上述した必要な伝送パラメータのうちの、少なくとも、FFTサイズ、及び、伝送方式を除く伝送パラメータがあれば良い。

20

【 0 1 7 2 】

プリセットとして、例えば、P2（のL1プレ）の復調に必要な伝送パラメータを用意しておく場合には、OFDM受信装置では、プリセットを用いて、P2（のL1プレ）を復調し、その復調の結果得られる、パイロットパターン（PP）、伝送帯域の拡張の有無（BWT_EXT）、及び、1つのT2フレームに含まれるOFDMシンボルの数（NDSYM）をもさらに用いることで、データ（FCを含む）を復調することができる。

【 0 1 7 3 】

図9は、プリセットを用いたOFDM信号の復調を説明する図である。

30

【 0 1 7 4 】

図9Aは、FFTサイズが16K及び32K以外のT2フレームのシーケンスを示している。

【 0 1 7 5 】

FFTサイズが16K及び32K以外のT2フレームには、1つ（1OFDMシンボル）以上のP2が含まれる。

【 0 1 7 6 】

プリセットを用いる場合、OFDM受信装置は、最初のT2フレームのP1を検出し（P1 detection）、そのP1を復調する（P1 demodulation）。

【 0 1 7 7 】

また、OFDM受信装置は、プリセットとしてのGI長等を用いて、最初のT2フレームのP2を抽出して復調し、P2の復調により得られるL1プレ、さらには、L1ポストの情報を用いて、データ（Normal）、及び、FCを復調する。

40

【 0 1 7 8 】

以上のように、プリセットを用いる場合には、最初のT2フレームから、データ（FCを含む）の復調を行うこと、つまり、プリセットを用いない図8の場合と比較して、（T2フレームの）1フレーム分だけ、迅速に、データ（FCを含む）の復調を行うことができる。

【 0 1 7 9 】

図9Bは、FFTサイズが16K又は32KのT2フレームのシーケンスを示している。

【 0 1 8 0 】

FFTサイズが16K又は32KのT2フレームには、P2は、1OFDMシンボルしか含まれない（の

50

で、2番目以降のP2の先頭を特定する必要がない)。

【0181】

したがって、FFTサイズが16K又は32Kである場合には、プリセットとして、GI長が用意されていなくても、P2を復調することができる。

【0182】

その結果、やはり、図9Aの場合と同様に、最初のT2フレームから、データ(FCを含む)の復調を行うことができる。

【0183】

ところで、OFDM信号に、「粗い」周波数オフセットが存在する場合には、P1を用いて、「粗い」周波数オフセットを推定し、その推定値を検出する「粗い」周波数オフセット検出では、図7で説明したように、オフセット量offsetの最小値MINから最大値MAXまでの検出レンジの複数のオフセット量offsetそれぞれについて、P1の先頭から、オフセット量offsetだけずれたずらし位置を始点とする既知位置のサブキャリアのパワーの総和を求めるため、P1を用いた「粗い」周波数オフセット検出に時間を要する。

10

【0184】

図2の従来のOFDM受信装置では、P1を用いた「粗い」周波数オフセット検出に時間を要する場合には、その間に、P1に続くP2が、周波数オフセット補正部11を通過し、P2について、「粗い」周波数オフセット補正を行うことができないため、同期が確立せず、P2を正確に復調することが困難となる。

【0185】

20

すなわち、図10は、OFDM信号に、「粗い」周波数オフセットが存在する場合の、プリセットを用いたOFDM信号の復調を説明する図である。

【0186】

なお、図10Aは、FFTサイズが16K及び32K以外のT2フレームのシーケンスを示し、図10Bは、FFTサイズが16K及び32KのT2フレームのシーケンスを示している。

【0187】

OFDM信号に、「粗い」周波数オフセットが存在する場合には、図2の従来のOFDM受信装置では、最初のT2フレームのP1を用いた「粗い」周波数オフセット検出(Coarse Carrier Offset estimation)を行っている間に、そのP1に続くP2が、周波数オフセット補正部11を通過し、P2について、「粗い」周波数オフセット補正を行うことができないため、同期が確立せず、P2を正確に復調することが困難となる。

30

【0188】

その結果、図2のOFDM受信装置では、次のT2フレームを待って、そのT2フレームのP1に続くP2を復調し、その後、データ(FCを含む)を復調することになる。

【0189】

したがって、図2のOFDM受信装置では、プリセットを用いても、OFDM信号に、「粗い」周波数オフセットが存在する場合には、最初のT2フレームにおいて、P2を復調することができず、その結果、データ(FCを含む)の復調が、T2フレームの1フレーム分だけ遅延する。

【0190】

40

そこで、図5のOFDM受信装置では、周波数領域周波数オフセット補正部23が、FFT演算部22において、OFDM時間領域信号のFFT演算が行われることによって得られるOFDM周波数領域信号を対象として、P1を用いて検出された「粗い」周波数オフセットの推定値に従い、「粗い」周波数オフセット補正を行う。

【0191】

そして、FFT演算部22は、プリアンブル処理部25が、最初のT2フレームのP1を用いた「粗い」周波数オフセット検出を行うのと並列して、そのP1に続くP2を対象としたFFT演算を行う。

【0192】

したがって、FFT演算部22において、最初のT2フレームのP2のFFT演算が行われている

50

間に、プリアンブル処理部 2 5 による、最初のT2フレームのP1を用いた「粗い」周波数オフセット検出が終了し、FFT演算部 2 2 の後段の周波数領域周波数オフセット補正部 2 3 において、FFT演算が終了した後のP2、つまり、最初のT2フレームのP2の「粗い」周波数オフセット補正を行って、同期を確立することができる。

【 0 1 9 3 】

その結果、最初のT2フレームのP2を正確に復調することができ、そのP2の情報を用いて、データ(Normal)、及び、FCを復調すること、すなわち、最初のT2フレームから、データ(FCを含む)を、迅速に復調することができる。

【 0 1 9 4 】

図 1 1 は、OFDM信号に、「粗い」周波数オフセットが存在する場合の、図 5 のOFDM受信装置によるOFDM信号の復調を説明する図である。

10

【 0 1 9 5 】

なお、図 1 1 A は、FFTサイズが16K及び32K以外のT2フレームのシーケンスを示し、図 1 1 B は、FFTサイズが16K及び32KのT2フレームのシーケンスを示している。

【 0 1 9 6 】

図 5 のOFDM受信装置では、FFT演算部 2 2 において、最初のT2フレームのP2のFFT演算が行われている間に、プリアンブル処理部 2 5 において、最初のT2フレームのP1を用いた「粗い」周波数オフセット検出(Coarse Carrier Offset estimation)が行われ、「粗い」周波数オフセットの推定値が検出される。

【 0 1 9 7 】

20

そして、最初のT2フレームのP2のFFT演算の終了後、FFT演算部 2 2 の後段の周波数領域周波数オフセット補正部 2 3 において、FFT演算が終了した後の最初のT2フレームのP2の「粗い」周波数オフセット補正が行われる。

【 0 1 9 8 】

ここで、図 5 のOFDM受信装置は、OFDM信号の受信を開始した後の最初のT2フレームを処理するときには、P2(及び、データ(FCを含む))の復調に必要な伝送パラメータとしては、プリセットを使用する。

【 0 1 9 9 】

なお、図 5 のOFDM受信装置では、P1から認識されるFFTサイズが、16Kか、32Kである場合において、P2(及び、データ(FCを含む))の復調に必要な伝送パラメータのうちのGI長が、プリセットとして用意されていないときには、GI長としては、0、又は、DVB-T2で規定されているGI長の最小の値である1/128を使用する。

30

【 0 2 0 0 】

但し、復調に必要な伝送パラメータのうちのGI長として、0、又は、DVB-T2で規定されているGI長の最小の値である1/128を使用する場合には、このGI長は、正確な値ではないため、最初のT2フレームについては、GI長の推定を行う必要があり、さらに、「粗い」周波数オフセットに起因する、OFDM周波数信号のIQコンスタレーション上での回転を、回転部 2 4 (図 5)で補正することが困難となる。

【 0 2 0 1 】

この場合、「粗い」周波数オフセットに起因する、OFDM周波数信号の回転については、回転部 2 4 の後段で行われる等化で対応することになる。

40

【 0 2 0 2 】

[周波数オフセット補正]

【 0 2 0 3 】

図 1 2 は、図 5 の周波数領域周波数オフセット補正部 2 3 による「粗い」周波数オフセット補正を説明する図である。

【 0 2 0 4 】

図 5 で説明したように、FFT演算部 2 2 は、OFDMシンボルを構成するサブキャリア $c\#i$ の集合について、周波数の低い方から $j+1$ 番目($j=0,1,\dots$)のサブキャリア $c\#i$ のキャリアインデックスを、 $j(=i+K)$ として、そのキャリアインデックス j を、 $j+1$ 番目のサブキャリア

50

に対応付けて、OFDMシンボルを構成するサブキャリア $c\#i$ の集合としての複数のサブキャリア $c\#i$ の並びとともに、周波数領域周波数オフセット補正部23に供給する。

【0205】

OFDM信号に、 $+K$ だけの「粗い」周波数オフセットが存在する場合、FFT演算部22で得られるOFDM時間領域信号であるOFDMシンボルを構成するサブキャリア $c\#i$ は、そのサブキャリア $c\#i$ （の本来）の設定周波数 $f\#i$ から、 $+K$ 個のサブキャリア間隔だけずれた設定周波数 $f\#j$ に近い位置に存在し、その結果、FFT演算部22において、本来のキャリアインデクス i ではないキャリアインデクス $j=i+K$ と対応付けられる。

【0206】

周波数領域周波数オフセット補正部23では、プリアンプル処理部25からの「粗い」周波数オフセットの推定値に従って、サブキャリア $c\#i$ に対応付けられているキャリアインデクスを、本来のキャリアインデクス i ではないキャリアインデクス j から、本来のキャリアインデクス i に変更（補正）することが、「粗い」周波数オフセット補正として行われる。

【0207】

図12は、FFT演算部22で得られるOFDMシンボルを構成するサブキャリア $c\#i$ の集合としての複数のサブキャリア $c\#i$ の並び（FFT出力データ）、及び、サブキャリア $c\#i$ に対応付けられたキャリアインデクス j と、「粗い」周波数オフセット補正後のキャリアインデクス（補正後キャリアインデクス）とを示している。

【0208】

プリアンプル処理部25からの「粗い」周波数オフセットの推定値が、例えば、 $+10$ である場合、周波数領域周波数オフセット補正部23では、FFT演算部22で得られるOFDMシンボルを構成するサブキャリア $c\#i$ に対応付けられたキャリアインデクス j が、そのキャリアインデクス j を -10 だけしたキャリアインデクス $i(=j-10)$ に変更される。

【0209】

〔検出レンジ設定処理〕

【0210】

図13は、図5のプリアンプル処理部25による検出レンジ設定処理を説明するフローチャートである。

【0211】

ここで、図5のOFDM受信装置では、図11で説明したように、FFT演算部22において、最初のT2フレームのP2のFFT演算を行っている間に、プリアンプル処理部25において、最初のT2フレームのP1を用いた「粗い」周波数オフセット検出を行い、「粗い」周波数オフセットの推定値を検出する。

【0212】

そして、最初のT2フレームのP2のFFT演算の終了後、FFT演算部22の後段の周波数領域周波数オフセット補正部23において、FFT演算が終了した後の最初のT2フレームのP2の「粗い」周波数オフセット補正を行う。

【0213】

このように、周波数オフセット補正部23において、FFT演算が終了した後の最初のT2フレームのP2の「粗い」周波数オフセット補正を行うには、プリアンプル処理部25による、最初のT2フレームのP1を用いた「粗い」周波数オフセット検出が終了した以後に、FFT演算部22において、最初のT2フレームのP2のFFT演算が終了する必要がある。

【0214】

しかしながら、P2のFFTサイズが、例えば、1Kや2K等のように、小さいサイズである場合には、FFT演算部22でのP2のFFT演算に要する時間が短時間で済み、P2のFFT演算が、早期に終了する。

【0215】

そして、プリアンプル処理部25において、最初のT2フレームのP1を用いた「粗い」周波数オフセット検出が終了する前に、FFT演算部22において、最初のT2フレームのP2のF

10

20

30

40

50

FFT演算が終了してしまうと、周波数領域周波数オフセット補正部 2 3 において、「粗い」周波数オフセットの推定値に従った、最初のT2フレームのP2の「粗い」周波数オフセット補正を行うことができないことになる。

【 0 2 1 6 】

そこで、FFT演算部 2 2 の前段、又は、後段に、データを遅延するためのメモリを設け、そのメモリで、データの遅延を行うことによって、プリアンプル処理部 2 5 での、最初のT2フレームのP1を用いた「粗い」周波数オフセット検出が終了してから、FFT演算が終了した後の最初のT2フレームのP2を、FFT演算部 2 2 から周波数領域周波数オフセット補正部 2 3 に供給する方法がある。

【 0 2 1 7 】

10

しかしながら、この方法では、メモリを設けるために、OFDM受信装置が、大型化するとともに、高コスト化することになる。

【 0 2 1 8 】

一方、プリアンプル処理部 2 5 では、「粗い」周波数オフセット検出において、上述したように、オフセット量offsetの最小値MINから、オフセット量offsetの最大値MAXまでの範囲である検出レンジの複数のオフセット量offsetそれぞれについて、P1の先頭から、オフセット量offsetだけずれたずらし位置を始点とする複数の位置としての既知位置のサブキャリアのパワーの総和を求める。

【 0 2 1 9 】

したがって、「粗い」周波数オフセット検出には、検出レンジの広さ（幅）に比例するような時間を要するため、検出レンジを狭くすることによって、「粗い」周波数オフセット検出に要する時間を短くすることができる。

20

【 0 2 2 0 】

そこで、プリアンプル処理部 2 5 では、検出レンジを設定する検出レンジ設定処理を行い、必要に応じて、「粗い」周波数オフセット検出を、短時間で行うことで、FFT演算部 2 2 において、最初のT2フレームの、小さいFFTサイズのP2のFFT演算が終了する以前に、「粗い」周波数オフセット検出を終了することができるようになっている。

【 0 2 2 1 】

すなわち、検出レンジ設定処理では、例えば、ユーザがチャンネルを選択すると、ステップ S 1 1 において、プリアンプル処理部 2 5 は、ユーザが選択したチャンネル（注目チャンネル）について、その注目チャンネルを、前回受信したときのオフセット量offsetが、内蔵するメモリ（図示せず）に記憶されているかどうかを判定する。

30

【 0 2 2 2 】

ここで、検出レンジ設定処理では、後述するステップ S 1 4 において、あるチャンネルを受信したときに、「粗い」周波数オフセット検出で検出された「粗い」周波数オフセットとしてのオフセット量offsetを、そのチャンネルと対応付けて、プリアンプル処理部 2 5 が内蔵するメモリに記憶するようになっている。

【 0 2 2 3 】

ステップ S 1 1 において、注目チャンネルについてのオフセット量offsetがメモリに記憶されていないと判定された場合、処理は、ステップ S 1 2 に進み、プリアンプル処理部 2 5 は、検出レンジとして、デフォルトのレンジ（デフォルトレンジ）である、広いレンジを設定し、処理は、ステップ S 1 4 に進む。

40

【 0 2 2 4 】

ここで、デフォルトレンジとしては、例えば、DVB-T2の規格上、最も広いレンジ、すなわち、OFDM信号を送信する伝送帯域が、例えば、8MHzである場合には、前述したように、「粗い」周波数オフセット検出によって検出可能な $\pm 500\text{kHz}$ の範囲に相当するレンジを採用することができる。

【 0 2 2 5 】

一方、ステップ S 1 1 において、注目チャンネルについてのオフセット量offsetがメモリに記憶されていると判定された場合、処理は、ステップ S 1 3 に進み、プリアンプル処

50

理部 25 は、メモリに記憶された注目チャンネルについてのオフセット量offset（前回の注目チャンネルの受信時に、「粗い」周波数オフセット検出で検出された「粗い」周波数オフセットの推定値としてのオフセット量offset）を含む、デフォルトレンジよりも狭いレンジを、検出レンジとして設定し、処理は、ステップ S 14 に進む。

【0226】

ここで、注目チャンネルの「粗い」周波数オフセットは、受信環境が大きく変化しない限り、前回の注目チャンネルの受信時と、今回の注目チャンネルの受信時とで、それほど変化しないと考えられる。

【0227】

したがって、注目チャンネルについてのオフセット量offsetがメモリに記憶されている場合、すなわち、前回の注目チャンネルの受信時に、「粗い」周波数オフセット検出で検出された「粗い」周波数オフセットの推定値としてのオフセット量offsetが、メモリに記憶されている場合には、その前回の受信時の推定値を含む、その推定値付近の狭い範囲を、検出レンジとして設定しても、「粗い」周波数オフセット検出を、正確に行うことができる。

10

【0228】

そして、検出レンジを、狭い範囲に設定することにより、「粗い」周波数オフセット検出に要する時間を短くすることができ、プリアンプ処理部 25 において、最初のT2フレームのP1を用いた「粗い」周波数オフセット検出が終了する前に、FFT演算部 22 において、最初のT2フレームのP2のFFT演算が終了することを防止することができる。

20

【0229】

ステップ S 14 では、例えば、ユーザが、チャンネルを変更することや、電源をオフにすること等によって、注目チャンネルの受信が終了するのを待って、プリアンプ処理部 25 は、例えば、その受信の終了の直前に、P1を用いた「粗い」周波数オフセット検出で検出された「粗い」周波数オフセットの推定値としてのオフセット量offsetを、注目チャンネルと対応付けて、メモリに記憶して（注目チャンネルの前回の受信時のオフセット量offsetが記憶されている場合には、上書きして）、検出レンジ設定処理を終了する。

【0230】

なお、図 13 では、ユーザが、チャンネルを選択することにより、そのチャンネル（注目チャンネル）について、その受信の終了の直前に、P1を用いた「粗い」周波数オフセット検出で検出された「粗い」周波数オフセットの推定値としてのオフセット量offsetを、メモリに記憶するが、チャンネルについての、「粗い」周波数オフセットの推定値としてのオフセット量offsetの、メモリへの記憶は、例えば、そのチャンネルが、最初に選択されたときだけ行うことができる。

30

【0231】

< 第 2 実施の形態 >

【0232】

図 14 は、本発明を適用した、OFDM受信装置として機能する信号処理装置の第 2 実施の形態の構成例を示すブロック図である。

【0233】

なお、図中、図 5 の場合と対応する部分については、同一の符号を付してあり、以下では、その説明は、適宜省略する。

40

【0234】

すなわち、図 14 の OFDM 受信装置は、時間領域周波数オフセット補正部 21 ないしシンボル同期部 26 を含む点で、図 5 の場合と共通し、チャンネル干渉除去部 31、シンボル数カウント部 41、周波数オフセット補正制御部 42、及び、演算部 43 が新たに設けられている点で、図 5 の場合と相違する。

【0235】

OFDM 受信装置には、アナログ放送を受信する TV 等のように、チャンネル（伝送路）干渉を除去する機能を、OFDM 時間領域信号を処理する系に設けることができる。

50

【 0 2 3 6 】

この場合、ある指定された周波数帯域のOFDM時間領域信号を対象としたフィルタリング等の、チャネル干渉の除去の処理（チャネル干渉除去処理）を行うときに、そのチャネル干渉除去処理が行われるOFDM時間領域信号について、周波数オフセット補正が行われている必要がある。

【 0 2 3 7 】

そこで、図 1 4 のOFDM受信装置では、最初のT2フレームについては、「粗い」周波数オフセット補正を、FFT演算部 2 2 の後段の周波数領域周波数オフセット補正部 2 3 で行い、2 番目以降のT2フレームについては、OFDM時間領域信号を対象として、「細かい」周波数オフセット補正を行う時間領域周波数オフセット補正部 2 1 において、「粗い」周波数オフセット補正をも行うようになっている。

10

【 0 2 3 8 】

すなわち、図 1 4 のOFDM受信装置では、チャネル干渉除去部 3 1 には、時間領域周波数オフセット補正部 2 1 が出力するOFDM時間領域信号が供給される。

【 0 2 3 9 】

チャネル干渉除去部 3 1 は、時間領域周波数オフセット補正部 2 1 からのOFDM時間領域信号に、チャネル干渉除去処理を施し、FFT演算部 2 2 に供給する。

【 0 2 4 0 】

シンボル数カウント部 4 1 には、シンボル同期部 2 6 から、FFTトリガ情報が供給される。

20

【 0 2 4 1 】

シンボル数カウント部 4 1 は、シンボル同期部 2 6 からのFFTトリガ情報の数をカウントし、そのカウント値が、T2フレームの 1 フレームに含まれるOFDMシンボルの数となると、T2フレームの終端のタイミングであることを表すフレーム終端フラグを、周波数オフセット補正制御部 4 2 に供給する。

【 0 2 4 2 】

周波数オフセット補正制御部 4 2 には、シンボル数カウント部 4 1 から、フレーム終端フラグが供給される他、プリアンプル処理部 2 5 から、P1を用いた「粗い」周波数オフセット検出によって検出された「粗い」周波数オフセットの推定値（オフセット量offset）が供給される。

30

【 0 2 4 3 】

周波数オフセット補正制御部 4 2 は、OFDM信号の受信の開始後、シンボル数カウント部 4 1 からフレーム終端フラグが供給されるまでは、つまり、最初のT2フレームの処理が行われている間は、プリアンプル処理部 2 5 からの「粗い」周波数オフセットの推定値を、周波数領域周波数オフセット補正部 2 3、及び、回転部 2 4 に供給するとともに、「粗い」周波数オフセットの推定値としての0を、演算部 4 3 に供給する。

【 0 2 4 4 】

また、周波数オフセット補正制御部 4 2 は、OFDM信号の受信の開始後、シンボル数カウント部 4 1 からフレーム終端フラグが供給されると、それ以降は、つまり、2 番目のT2フレームの処理が開始されてからは、プリアンプル処理部 2 5 からの「粗い」周波数オフセットの推定値を、演算部 4 3 に供給するとともに、「粗い」周波数オフセットの推定値としての0を、周波数領域周波数オフセット補正部 2 3、及び、回転部 2 4 に供給する。

40

【 0 2 4 5 】

演算部 4 3 には、周波数オフセット補正制御部 4 2 から、「粗い」周波数オフセットの推定値が供給される他、プリアンプル処理部 2 5 から、P1を用いた「細かい」周波数オフセット検出（P1を用いて「細かい」周波数オフセットを推定し、その推定値を検出すること）によって検出された「細かい」周波数オフセットの推定値が供給される。

【 0 2 4 6 】

演算部 4 3 は、周波数オフセット補正制御部 4 2 からの「粗い」周波数オフセットの推定値と、プリアンプル処理部 2 5 からの「細かい」周波数オフセットの推定値とを加算し

50

、その加算結果としての、周波数オフセットの推定値を、時間領域周波数オフセット補正部 2 1 に供給する。

【 0 2 4 7 】

以上のように構成されるOFDM受信装置では、周波数オフセット補正制御部 4 2 は、OFDM信号の受信の開始後、シンボル数カウンタ部 4 1 からフレーム終端フラグが供給されるまでは、つまり、最初のT2フレームの処理が行われている間は、プリアンブル処理部 2 5 からの「粗い」周波数オフセットの推定値を、周波数領域周波数オフセット補正部 2 3、及び、回転部 2 4 に供給するとともに、「粗い」周波数オフセットの推定値としての0を、演算部 4 3 に供給する。

【 0 2 4 8 】

したがって、周波数領域周波数オフセット補正部 2 3、及び、回転部 2 4 では、最初のT2フレームについては、周波数オフセット補正制御部 4 2 から供給される、プリアンブル処理部 2 5 で検出された「粗い」周波数オフセットの推定値を用いて、図 5 のOFDM受信装置と同様の処理が行われる。

【 0 2 4 9 】

また、演算部 4 3 では、周波数オフセット補正制御部 4 2 からの、「粗い」周波数オフセットの推定値である0と、プリアンブル処理部 2 5 からの「細かい」周波数オフセットの推定値とが加算され、その加算結果としての、周波数オフセットの推定値、すなわち、いまの場合、プリアンブル処理部 2 5 からの「細かい」周波数オフセットの推定値が、時間領域周波数オフセット補正部 2 1 に供給される。

【 0 2 5 0 】

したがって、時間領域周波数オフセット補正部 2 1 では、最初のT2フレームについては、プリアンブル処理部 2 5 で検出された「細かい」周波数オフセットの推定値を用いて、図 5 のOFDM受信装置と同様の処理が行われる。

【 0 2 5 1 】

その後、周波数オフセット補正制御部 4 2 は、OFDM信号の受信の開始後、シンボル数カウンタ部 4 1 からフレーム終端フラグが供給されると、それ以降は、つまり、2 番目のT2フレームの処理が開始されてからは、プリアンブル処理部 2 5 からの「粗い」周波数オフセットの推定値を、演算部 4 3 に供給するとともに、「粗い」周波数オフセットの推定値としての0を、周波数領域周波数オフセット補正部 2 3、及び、回転部 2 4 に供給する。

【 0 2 5 2 】

したがって、周波数領域周波数オフセット補正部 2 3、及び、回転部 2 4 では、2 番目以降のT2フレームについては、周波数オフセット補正制御部 4 2 から供給される、「粗い」周波数オフセットの推定値としての0を用いて、処理が行われる。

【 0 2 5 3 】

すなわち、この場合、周波数領域周波数オフセット補正部 2 3、及び、回転部 2 4 では、実質的に、処理は行われず、OFDM周波数領域信号は、周波数領域周波数オフセット補正部 2 3、及び、回転部 2 4 を通過（バイパス）する。

【 0 2 5 4 】

また、演算部 4 3 では、周波数オフセット補正制御部 4 2 からの、プリアンブル処理部 2 5 で検出された「粗い」周波数オフセットの推定値と、プリアンブル処理部 2 5 からの「細かい」周波数オフセットの推定値とが加算され、その加算結果としての、周波数オフセットの推定値が、時間領域周波数オフセット補正部 2 1 に供給される。

【 0 2 5 5 】

したがって、時間領域周波数オフセット補正部 2 1 では、2 番目以降のT2フレームについては、周波数オフセット補正制御部 4 2 から供給される、プリアンブル処理部 2 5 で検出された「粗い」周波数オフセットの推定値、及び、「細かい」周波数オフセットの推定値との加算結果に従い、OFDM時間領域信号の、「粗い」周波数オフセット補正、及び、「細かい」周波数オフセット補正が同時に（区別なく）施される。

【 0 2 5 6 】

10

20

30

40

50

以上、本発明を、DVB-T2に準拠したOFDM信号を処理する信号処理装置としてのOFDM受信装置に適用した場合について説明したが、本発明は、その他、データの復調に必要な情報がシグナリングされたプリアンブル信号である、第1のプリアンブル信号と、第1のプリアンブル信号に続く第2のプリアンブル信号とを含むOFDM信号を処理する信号処理装置に適用可能である。

【0257】

そして、かかる信号処理装置は、例えば、テレビジョン放送を受信するTVや、チューナ、録画装置等に適用することができる。

【0258】

[本発明を適用したコンピュータの説明]

10

【0259】

次に、上述した一連の処理は、ハードウェアにより行うこともできるし、ソフトウェアにより行うこともできる。一連の処理をソフトウェアによって行う場合には、そのソフトウェアを構成するプログラムが、汎用のコンピュータ等にインストールされる。

【0260】

そこで、図15は、上述した一連の処理を実行するプログラムがインストールされるコンピュータの一実施の形態の構成例を示している。

【0261】

プログラムは、コンピュータに内蔵されている記録媒体としてのハードディスク105やROM103に予め記録しておくことができる。

20

【0262】

あるいはまた、プログラムは、リムーバブル記録媒体111に格納（記録）しておくことができる。このようなリムーバブル記録媒体111は、いわゆるパッケージソフトウェアとして提供することができる。ここで、リムーバブル記録媒体111としては、例えば、フレキシブルディスク、CD-ROM(Compact Disc Read Only Memory)、MO(Magneto Optical)ディスク、DVD(Digital Versatile Disc)、磁気ディスク、半導体メモリ等がある。

【0263】

なお、プログラムは、上述したようなリムーバブル記録媒体111からコンピュータにインストールする他、通信網や放送網を介して、コンピュータにダウンロードし、内蔵するハードディスク105にインストールすることができる。すなわち、プログラムは、例えば、ダウンロードサイトから、ディジタル衛星放送用の人工衛星を介して、コンピュータに無線で転送したり、LAN(Local Area Network)、インターネットといったネットワークを介して、コンピュータに有線で転送することができる。

30

【0264】

コンピュータは、CPU(Central Processing Unit)102を内蔵しており、CPU102には、バス101を介して、入出力インタフェース110が接続されている。

【0265】

CPU102は、入出力インタフェース110を介して、ユーザによって、入力部107が操作等されることにより指令が入力されると、それに従って、ROM(Read Only Memory)103に格納されているプログラムを実行する。あるいは、CPU102は、ハードディスク105に格納されたプログラムを、RAM(Random Access Memory)104にロードして実行する。

40

【0266】

これにより、CPU102は、上述したフローチャートにしたがった処理、あるいは上述したブロック図の構成により行われる処理を行う。そして、CPU102は、その処理結果を、必要に応じて、例えば、入出力インタフェース110を介して、出力部106から出力、あるいは、通信部108から送信、さらには、ハードディスク105に記録等させる。

【0267】

なお、入力部107は、キーボードや、マウス、マイク等で構成される。また、出力部

50

106は、LCD(Liquid Crystal Display)やスピーカ等で構成される。

【0268】

ここで、本明細書において、コンピュータがプログラムに従って行う処理は、必ずしもフローチャートとして記載された順序に沿って時系列に行われる必要はない。すなわち、コンピュータがプログラムに従って行う処理は、並列的あるいは個別に実行される処理（例えば、並列処理あるいはオブジェクトによる処理）も含む。

【0269】

また、プログラムは、1のコンピュータ（プロセッサ）により処理されるものであっても良いし、複数のコンピュータによって分散処理されるものであっても良い。さらに、プログラムは、遠方のコンピュータに転送されて実行されるものであっても良い。

10

【0270】

なお、本発明の実施の形態は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。

【符号の説明】

【0271】

11 周波数オフセット補正部， 12 FFT演算部， 13 時間領域周波数オフセット検出部， 14 周波数領域周波数オフセット検出部， 15 周波数オフセット補正量推定部， 21 時間領域周波数オフセット補正部， 22 FFT演算部， 23 周波数領域周波数オフセット補正部， 24 回転部， 25 プリアンプル処理部， 26 シンボル同期部， 31 チャンネル干渉除去部， 41 シンボル数カウント部， 42 周波数オフセット補正制御部， 43 演算部， 101 バス， 102 CPU， 103 ROM， 104 RAM， 105 ハードディスク， 106 出力部， 107 入力部， 108 通信部， 109 ドライブ， 110 入出力インタフェース， 111 リムーバブル記録媒体

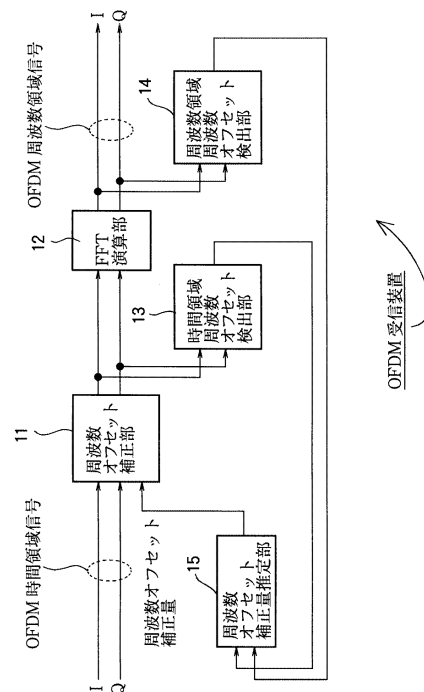
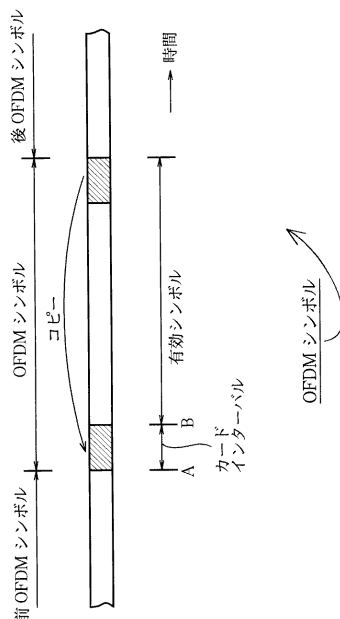
20

【図1】

【図2】

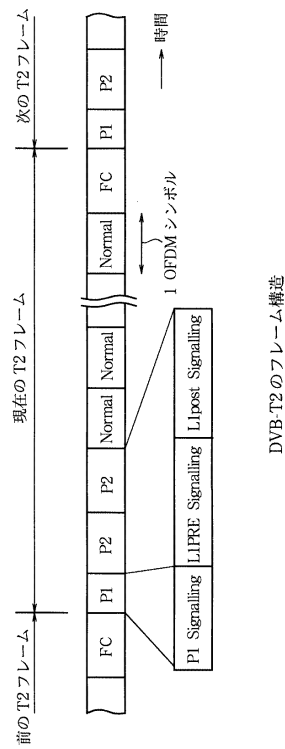
図2

図1



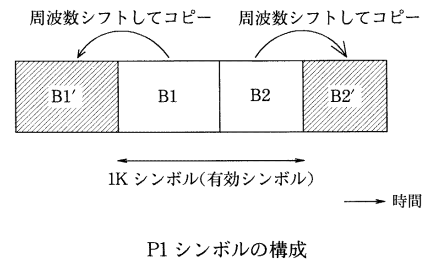
【 図 3 】

图 3



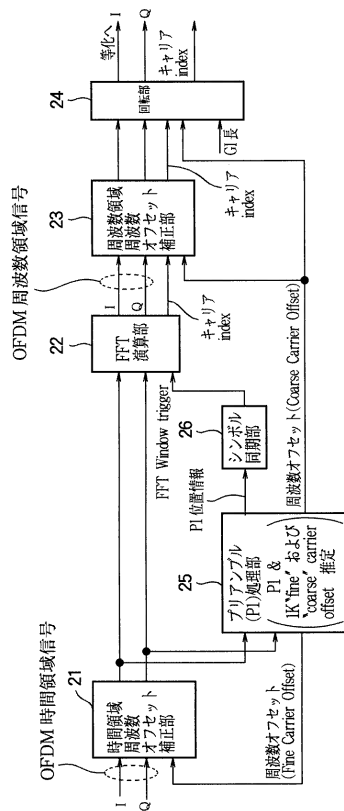
【 図 4 】

图 4



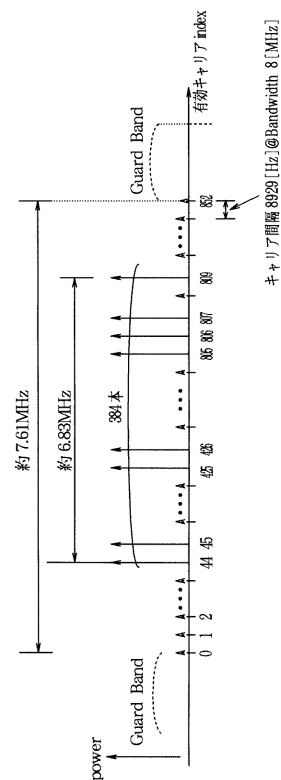
【 図 5 】

图 5



【 図 6 】

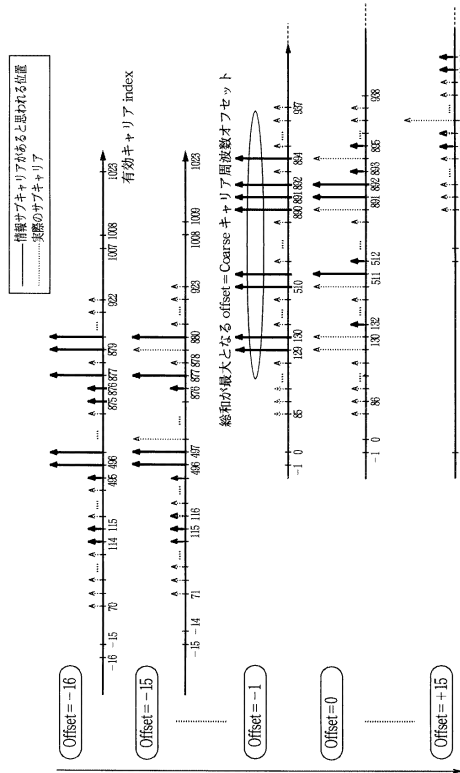
图 6



P1 シンボルのサブキャリア配置

【図 7】

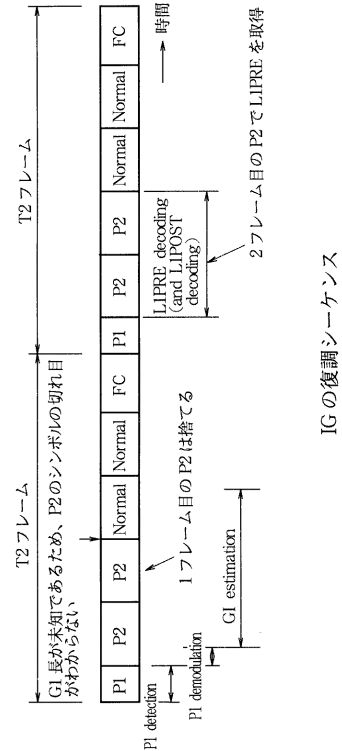
図 7



P1 を使った Coarse キャリア周波数オフセット検出

【図 8】

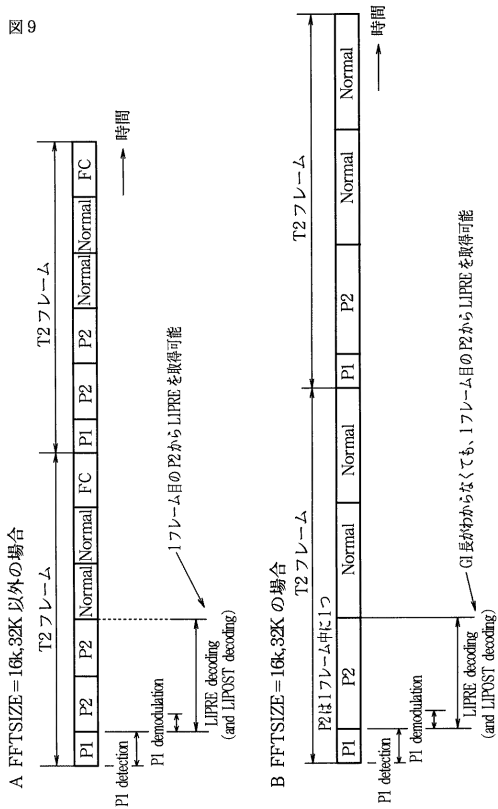
図 8



IG の復調シーケンス

【図 9】

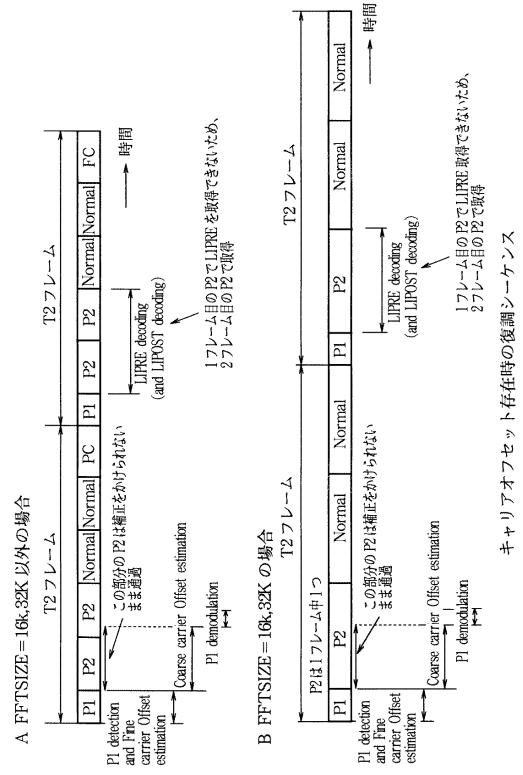
図 9



同期高速化の復調シーケンス

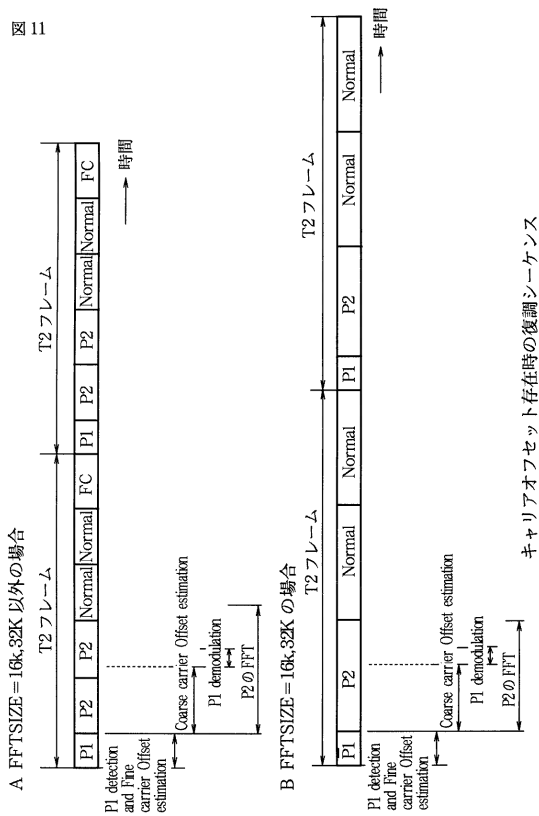
【図 10】

図 10

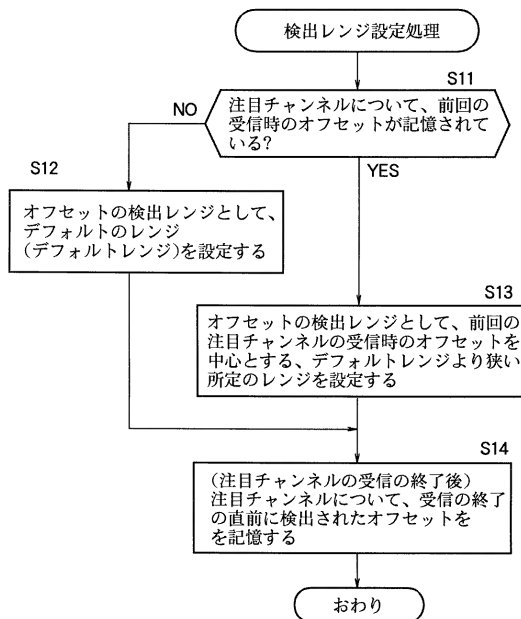


キャリアオフセット存在時の復調シーケンス

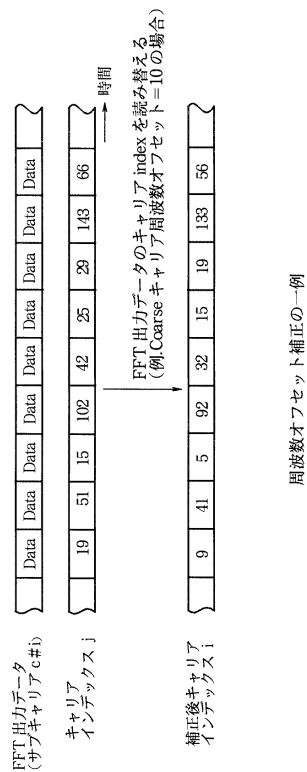
【 図 1 1 】



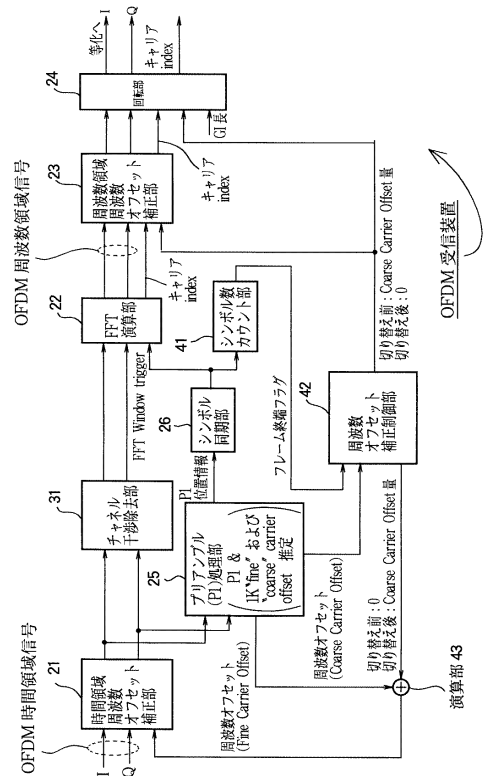
【 図 1 3 】



【 図 1 2 】

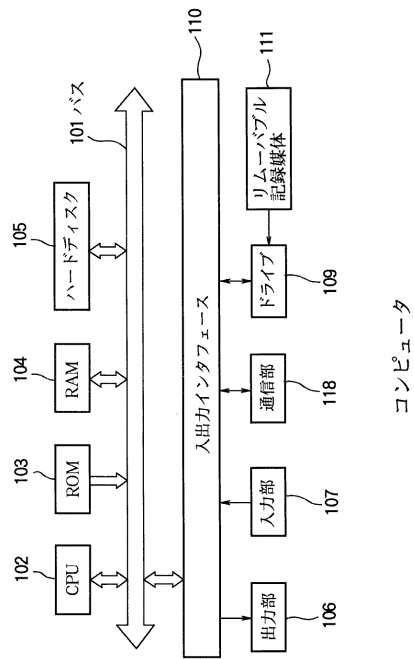


【 図 1 4 】



【図 15】

図 15



フロントページの続き

- (72)発明者 岡本 卓也
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内
- (72)発明者 ロックラン ブルース マイケル
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内

審査官 大野 友輝

- (56)参考文献 国際公開第2005/101711(WO, A1)
特開2008-236704(JP, A)
特開2006-211608(JP, A)
特開2011-023993(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04J 11/00
IEEE Explore
Cinii