

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

F F T (Fast Fourier Transform) を行なう帯域よりも狭い帯域に配置されたパイロット信号を用いてインパルス応答の推定を行なう受信装置であって、
所定のリソース単位で割り当てられた情報データおよびパイロット信号を受信する受信部と、

前記パイロット信号を用いて伝搬路推定値を算出する伝搬路推定部と、

前記情報データを検出する信号検出部と、を備え、

前記伝搬路推定部は、前記情報データ信号を送信した送信装置と同一の送信装置が送信したパイロット信号であって、前記情報データ信号が割り当てられたリソースとは異なるリソースに属するパイロット信号を用いて、インパルス応答の推定を行なうことを特徴とする受信装置。

10

【請求項 2】

前記伝搬路推定部は、前記情報データが割り当てられたリソースとは周波数帯域が異なるリソースに属するパイロット信号を用いて、前記インパルス応答の推定を行なうことを特徴とする請求項 1 記載の受信装置。

【請求項 3】

前記伝搬路推定部は、前記情報データ信号が割り当てられたリソースとはサブフレームが異なるリソースに属するパイロット信号を用いて、前記インパルス応答の推定を行なうことを特徴とする請求項 1 記載の受信装置。

20

【請求項 4】

前記伝搬路推定部は、前記情報データが割り当てられたリソースとは周波数帯域およびサブフレームが異なるリソースに属するパイロット信号を用いて、前記インパルス応答の推定を行なうことを特徴とする請求項 1 記載の受信装置。

【請求項 5】

前記受信部は、初送および前記初送に対する再送において、所定のリソース単位で割り当てられた情報データおよびパイロット信号を受信し、

前記伝搬路推定部は、前記初送および前記再送で受信したパイロット信号を用いて、インパルス応答の推定を行なうことを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載の受信装置。

30

【請求項 6】

前記信号検出部は、前記推定したインパルス応答を用いて、前記初送における情報データを検出することを特徴とする請求項 5 記載の受信装置。

【請求項 7】

前記信号検出部は、前記推定したインパルス応答を用いて、前記再送における情報データを検出することを特徴とする請求項 5 記載の受信装置。

【請求項 8】

前記インパルス応答の推定値を用いて、伝搬路補償を行なう伝搬路補償部を更に備えることを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のいずれかに記載の受信装置。

【請求項 9】

前記インパルス応答の推定値を用いて、干渉除去処理を行なう干渉除去部を更に備えることと特徴とする請求項 8 記載の受信装置。

40

【請求項 10】

前記干渉除去部は、

前記信号検出部が出力する情報データの軟判定結果と、前記インパルス応答の推定値とを用いて、干渉レプリカを生成するレプリカ生成部と、

前記受信した信号から前記干渉レプリカを減算する減算部と、を備えることを特徴とする請求項 9 記載の受信装置。

【請求項 11】

受信装置が F F T (Fast Fourier Transform) を行なう帯域よりも狭い帯域にパイロッ

50

ト信号を配置して、前記受信装置に対して信号を送信する送信装置と、
請求項 1 記載の受信装置と、から構成されることを特徴とする通信システム。

【請求項 1 2】

前記送信装置は、

初送および前記初送に対する再送において、所定のリソース単位で情報データおよびパイロット信号を割り当てて前記受信装置に対して送信し、

前記受信装置は、

前記初送および前記初送に対する再送において、所定のリソース単位で割り当てられた情報データおよびパイロット信号を受信し、前記初送および前記再送で受信したパイロット信号を用いて、インパルス応答の推定を行なうことを特徴とする請求項 1 1 記載の通信システム。 10

【請求項 1 3】

前記送信装置は、

前記再送における情報データのリソースを、前記初送における情報データを割り当てたリソースとは周波数帯域が異なるリソースに割り当ててことを特徴とする請求項 1 2 記載の通信システム。

【請求項 1 4】

FFT (Fast Fourier Transform) を行なう帯域よりも狭い帯域に配置されたパイロット信号を用いてインパルス応答の推定を行なう受信装置の制御プログラムであって、
所定のリソース単位で割り当てられた情報データおよびパイロット信号を受信する処理と、 20

前記パイロット信号を用いて伝搬路推定値を算出する処理と、

前記情報データを検出する処理と、

前記情報データ信号を送信した送信装置と同一の送信装置が送信したパイロット信号であって、前記情報データ信号が割り当てられたリソースとは異なるリソースに属するパイロット信号を用いて、インパルス応答の推定を行なう処理と、の一連の処理を、コンピュータに読み取り可能および実行可能にコマンド化したことを特徴とする受信装置の制御プログラム。

【請求項 1 5】

初送および前記初送に対する再送において、所定のリソース単位で割り当てられた情報データおよびパイロット信号を受信する処理と、 30

前記初送および前記再送で受信したパイロット信号を用いて、インパルス応答の推定を行なう処理と、を更に含むことを特徴とする請求項 1 4 記載の受信装置の制御プログラム。

【請求項 1 6】

受信装置に実装されることにより、前記受信装置に複数の機能を発揮させる集積回路であって、

FFT (Fast Fourier Transform) を行なう帯域よりも狭い帯域に配置されたパイロット信号を用いてインパルス応答の推定を行なう機能と、

所定のリソース単位で割り当てられた情報データおよびパイロット信号を受信する機能と、 40

前記パイロット信号を用いて伝搬路推定値を算出する機能と、

前記情報データを検出する機能と、

前記情報データ信号を送信した送信装置と同一の送信装置が送信したパイロット信号であって、前記情報データ信号が割り当てられたリソースとは異なるリソースに属するパイロット信号を用いて、インパルス応答の推定を行なう機能と、を前記受信装置に発揮させることを特徴とする集積回路。

【請求項 1 7】

初送および前記初送に対する再送において、所定のリソース単位で割り当てられた情報データおよびパイロット信号を受信する機能と、 50

前記初送および前記再送で受信したパイロット信号を用いて、インパルス応答の推定を行なう機能と、を更に含むことを特徴とする請求項16記載の集積回路。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、FFT (Fast Fourier Transform) を行なう帯域よりも狭い帯域に配置されたパイロット信号を用いてインパルス応答の推定を行なう技術に関する。

10

【背景技術】

【0002】

無線通信において、OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex: 直交周波数分割多重)、MC-CDMA (Multi Carrier - Code Division Multiple Access) 等のマルチキャリア伝送方式は、マルチキャリア化とガードインターバル (GI: Guard Interval) の挿入によって、高速デジタル信号伝送における周波数選択性マルチパスフェージング、マルチパス遅延広がりの影響を軽減することができる。しかしながら、OFDM等において、ガードインターバル区間を超える遅延波が存在すると、前のシンボルが高速フーリエ変換 (FFT: Fast Fourier Transform) 区間に入り込むことにより生じるシンボル間干渉 (ISI: Inter Symbol Interference) や、高速フーリエ変換区間にシンボルの切れ目、つまり信号の不連続区間が入ることによって生じるキャリア間干渉 (ICI: Inter Carrier Interference) が生じ、特性劣化の原因となる。

20

【0003】

図23は、マルチパス環境を経て送信装置から受信装置に到達する信号の概要を示す図である。図23において、横軸は時間である。OFDMシンボルは、有効シンボルと、この有効シンボルの前に配置され当該有効シンボルの後半部分をコピーして付加したガードインターバルとにより構成されている。

【0004】

先行波 s_1 (最初に到来した波) と同期をとり、区間 t_4 でFFT処理を行なった場合に、遅延波 s_2 は遅延時間がガードインターバル以内の遅延 t_1 におさまった場合の例を示しており、遅延波 s_3 および s_4 はガードインターバルを超える遅延 t_2 および t_3 が生じた遅延波を示している。なお、先行波、遅延波は、到来波とも称する。図23の斜線部は、所望OFDMシンボルの前のOFDMシンボルの成分を示す。

30

【0005】

遅延波 s_3 および s_4 については、斜線部に示されるように、所望OFDMシンボルの前のOFDMシンボルがFFT区間 t_4 内に入り、シンボル間干渉 (ISI: Inter-Symbol Interference) が生じる。また、遅延波 s_3 では、区間 t_4 に所望OFDMシンボルと所望OFDMシンボルの前のOFDMシンボルとの切れ目が入ることになり、キャリア間干渉 (ICI: Inter-Carrier Interference) が生じる。遅延波 s_4 においても、同様に、区間 t_4 に所望OFDMシンボルと所望OFDMシンボルの前のOFDMシンボルとの切れ目が入り、キャリア間干渉が生じる。

40

【0006】

これらのシンボル間干渉、キャリア間干渉による特性劣化を改善するための一手法が、下記の特許文献1、特許文献2、非特許文献1において提案されている。これらの技術では、受信装置において、一度復調動作を行なった後に、誤り訂正結果 (MAP (Maximum A posteriori Probability: 最大事後確率) 復号器出力) を利用し、上記シンボル間干渉成分および上記キャリア間干渉成分を含む所望以外のサブキャリアの複製信号 (干渉レプリカ信号) を作成した後、これを受信信号から除去した信号に対し、MMSE (最小平均二乗誤差) 規範に基づいた信号等化処理、再度復調動作を行なう過程を繰り返し行なうこ

50

とにより、シンボル間干渉、キャリア間干渉による特性劣化の改善を行なっている。このように、干渉除去、等化処理および復号処理を、軟判定結果をやり取りしながら繰り返し行なう技術をターボ等化と呼ぶ。

【0007】

上述のターボ等化において、干渉レプリカ信号の生成をするために、伝搬路のインパルス応答が必要となる。特許文献1では、受信信号に含まれる既知信号であるパイロット信号および復号処理結果である対数尤度比の期待値から求めた変調レプリカを用いたインパルス応答の推定方法が開示されている。具体的には、受信信号と前記パイロット信号および前記変調レプリカとの差の絶対値2乗値が最少となるように最小2乗法で制御することでチャンネル応答を推定している。

10

【0008】

図24は、OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) において、データ信号とパイロット信号を割り当てた場合の例を示す図である。図24は、非特許文献2に記載のLTE (Long Term Evolution) におけるCRS (Common Reference Signal) を示している。OFDMAとは、OFDMを構成するサブキャリアに複数ユーザのデータを割り当てる多元接続である。縦軸が周波数、横軸が時間である。ここで、一つのサブキャリアと一つのOFDMシンボルとからなる単位をリソースエレメントと呼び、12個のサブキャリアと14個のOFDMシンボルとからなる単位をリソースブロックと呼ぶ。ユーザのデータ信号は、リソースブロック単位で割り当てられる。図24において、塗潰し部は伝搬路推定に用いるパイロット信号を配置するリソースエレメント、右斜め上がりのハッチング部はユーザ1のデータ信号を配置するリソースエレメント、左斜め上がりのハッチング部はユーザ2のデータ信号を配置するリソースエレメントを示す。前記パイロット信号はシステム帯域に分散して配置され、セル固有の系列からなるパイロット信号である。ユーザ1の端末が上述のターボ等化を具備する受信装置である場合、伝搬路推定において、前記パイロット信号を用いてインパルス応答を算出する。前記パイロット信号はセル固有であるから、ユーザ2においても同様に伝搬路推定を行なうことができる。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開2004-221702号公報

30

【特許文献2】WO2007/136056号公報

【非特許文献】

【0010】

【非特許文献1】K、Shimezawa, "A Novel SC/MMSE Turbo Equalization for Multicarrier Systems with Insufficient Cyclic Prefix" IEEE PIMRC2008

【非特許文献2】"3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical Channels and Modulation (Release 8)" 3GPP TS 36.211 V8.3.0, 2008年5月

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

しかしながら、上述のターボ等化における伝搬路推定において、パイロット信号がユーザ固有である場合、或いはパイロット信号がシステム帯域に分散していない場合にインパルス応答の推定精度が劣化し、その結果、ターボ等化の干渉除去性能が低下する。

【0012】

50

図 25 は、OFDMA において、ユーザ固有のパイロット信号が配置されている例を示す図である。縦軸が周波数、横軸が時間である。上記図 25 において、右斜め上がりのハッチング部はユーザ 1 のデータ信号を配置するリソースエレメント、左斜め上がりのハッチング部はユーザ 2 のデータ信号を配置するリソースエレメントを示す。また、塗潰し部はユーザ 1 が伝搬路推定に用いるパイロット信号 1 を配置するリソースエレメント、網掛け部はユーザ 2 が伝搬路推定に用いるパイロット信号 2 を配置するリソースエレメントである。パイロット信号 1 およびパイロット信号 2 は各ユーザ固有の系列からなる。すなわち、ユーザが異なれば、異なる系列となる。前記パイロット信号の系列として、例えば、CAZAC (Constant Amplitude - Zero Auto Correlation) などがある。

【0013】

10

ここで、ターボ等化機能を具備するユーザ 1 の受信装置が、図 24 で示したフォーマットで信号を受信した場合と、図 25 で示したフォーマットで信号を受信した場合を比較する。図 24 のフォーマットで受信した場合、システム帯域全体 (サブキャリアインデックス 0 ~ 299) にばら撒かれたパイロット信号を用いてインパルス応答を推定することができる。例えば、第 1 のサブフレーム (OFDM シンボル 0 ~ OFDM シンボル 13) においてインパルス応答を推定する場合、その区間においてシステム帯域全体にばら撒かれたパイロット信号を用いることができる。一方、図 25 のフォーマットで受信した場合、ユーザ 1 はパイロット信号 1 のみが既知信号であり、パイロット信号 1 のみを用いてインパルス応答を推定することとなる。例えば、第 1 のサブフレームにおいてインパルス応答を推定する場合、その区間においてユーザ 1 に割当てられた帯域 (サブキャリアインデックス 0 ~ 11) に配置されたパイロット信号 1 のみを用いることができる。この場合、パイロット信号 1 が配置されている帯域 (サブキャリアインデックス 0 ~ 11) は、システム帯域 (サブキャリアインデックス 0 ~ 299) に対して大きく狭いため (すなわち、ガードバンドが広くなることと等価となるため)、インパルス応答を構成する各パスが広がる。

20

【0014】

図 26 は、受信信号の遅延プロファイルの一例を示す図である。図 26 において、横軸は時間、縦軸は電力である。前記電力は、インパルス応答の振幅・位相成分から算出したものである。図 26 は、2 つのパス (p1、p2) が到来した場合である。実線は図 24 で示したフォーマットで送信された信号を受信装置が受信し、パイロット信号 (塗潰し部) を用いてインパルス応答を算出した場合である。ただし、スカッター配置による影響はないものとしている。破線は図 25 で示したフォーマットで送信された信号を受信装置が受信し、パイロット信号 (塗潰し部) を用いてインパルス応答を算出した場合である。この場合、FFT 帯域 (サブキャリアインデックス 0 ~ 299) に対して、パイロット信号が配置された帯域 (サブキャリアインデックス 0 ~ 11) が狭いため、各パスが広がっている。その結果、到来した 2 つのパスの範囲をフィルタにより抽出すると、フィルタ範囲外に広がった信号成分の損失が生じ、インパルス応答の推定誤差を低下させるという問題を生じさせることになる。

30

【0015】

本発明は、上記問題に鑑みてなされたものであり、パイロット信号の配置が、FFT を行なう帯域に対して狭い場合においても、伝搬路のインパルス応答が精度良く推定することができる受信装置、通信システム、受信装置の制御プログラムおよび集積回路を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0016】

(1) 上記の目的を達成するために、本発明は、以下のような手段を講じた。すなわち、本発明の受信装置は、FFT (Fast Fourier Transform) を行なう帯域よりも狭い帯域に配置されたパイロット信号を用いてインパルス応答の推定を行なう受信装置であって、所定のリソース単位で割り当てられた情報データおよびパイロット信号を受信する受信部と、前記パイロット信号を用いて伝搬路推定値を算出する伝搬路推定部と、前記情報データを検出する信号検出部と、を備え、前記伝搬路推定部は、前記情報データ信号を送信し

50

た送信装置と同一の送信装置が送信したパイロット信号であって、前記情報データ信号が割り当てられたリソースとは異なるリソースに属するパイロット信号を用いて、インパルス応答の推定を行なうことを特徴とする。

【0017】

このように、情報データ信号が割り当てられたリソースとは異なるリソースに属するパイロット信号を用いて、インパルス応答の推定を行なうので、FFTを行なう帯域よりも狭い帯域にパイロット信号が配置された場合であっても、伝搬路推定の精度を維持することが可能となる。

【0018】

(2)また、本発明の受信装置において、前記伝搬路推定部は、前記情報データが割り当てられたリソースとは周波数帯域が異なるリソースに属するパイロット信号を用いて、前記インパルス応答の推定を行なうことを特徴とする。

10

【0019】

このように、情報データが割り当てられたリソースとは周波数帯域が異なるリソースに属するパイロット信号を用いて、前記インパルス応答の推定を行なうので、FFTを行なう帯域よりも狭い帯域にパイロット信号が配置された場合であっても、伝搬路推定の精度を維持することが可能となる。

【0020】

(3)また、本発明の受信装置において、前記伝搬路推定部は、前記情報データ信号が割り当てられたリソースとはサブフレームが異なるリソースに属するパイロット信号を用いて、前記インパルス応答の推定を行なうことを特徴とする。

20

【0021】

このように、情報データ信号が割り当てられたリソースとはサブフレームが異なるリソースに属するパイロット信号を用いて、前記インパルス応答の推定を行なうので、FFTを行なう帯域よりも狭い帯域にパイロット信号が配置された場合であっても、伝搬路推定の精度を維持することが可能となる。

【0022】

(4)また、本発明の受信装置において、前記伝搬路推定部は、前記情報データが割り当てられたリソースとは周波数帯域およびサブフレームが異なるリソースに属するパイロット信号を用いて、前記インパルス応答の推定を行なうことを特徴とする。

30

【0023】

このように、情報データが割り当てられたリソースとは周波数帯域およびサブフレームが異なるリソースに属するパイロット信号を用いて、前記インパルス応答の推定を行なうので、FFTを行なう帯域よりも狭い帯域にパイロット信号が配置された場合であっても、伝搬路推定の精度を維持することが可能となる。

【0024】

(5)また、本発明の受信装置において、前記受信部は、初送および前記初送に対する再送において、所定のリソース単位で割り当てられた情報データおよびパイロット信号を受信し、前記伝搬路推定部は、前記初送および前記再送で受信したパイロット信号を用いて、インパルス応答の推定を行なうことを特徴とする。

40

【0025】

このように、初送および再送で受信したパイロット信号を用いて、インパルス応答の推定を行なうので、再送時において、FFTを行なう帯域幅に対して、パイロット信号を配置した帯域を拡大することが可能となる。その結果、インパルス応答を推定する際に、到来パスが広がることを抑制することが可能となり、伝搬路推定精度を向上させることが可能となる。このようにインパルス応答の推定精度が向上すると、再送時の受信性能が向上するので、例えば、ハイブリッドARQの再送回数を低減することができ、伝送効率の向上を図ることが可能となる。

【0026】

(6)また、本発明の受信装置において、前記信号検出部は、前記推定したインパルス

50

応答を用いて、前記初送における情報データを検出することを特徴とする。

【0027】

このように、推定したインパルス応答を用いて、初送における情報データを検出するので、受信性能の向上を図ることが可能となる。

【0028】

(7)また、本発明の受信装置において、前記信号検出部は、前記推定したインパルス応答を用いて、前記再送における情報データを検出することを特徴とする。

【0029】

このように、推定したインパルス応答を用いて、再送における情報データを検出するので、受信性能の向上を図ることが可能となる。

【0030】

(8)また、本発明の受信装置は、前記インパルス応答の推定値を用いて、伝搬路補償を行なう伝搬路補償部を更に備えることを特徴とする。

【0031】

このように、インパルス応答の推定値を用いて、伝搬路補償を行なうので、受信性能の向上を図ることが可能となる。

【0032】

(9)また、本発明の受信装置は、前記インパルス応答の推定値を用いて、干渉除去処理を行なう干渉除去部を更に備えることと特徴とする。

【0033】

このように、インパルス応答の推定値を用いて、干渉除去処理を行なうので、受信性能の向上を図ることが可能となる。

【0034】

(10)また、本発明の受信装置において、前記干渉除去部は、前記信号検出部が出力する情報データの軟判定結果と、前記インパルス応答の推定値とを用いて、干渉レプリカを生成するレプリカ生成部と、前記受信した信号から前記干渉レプリカを減算する減算部と、を備えることを特徴とする。

【0035】

この構成により、干渉除去、等化処理および復号処理を、軟判定結果をやり取りしながら繰り返し行なうターボ等化を行なうことができるので、FFTを行なう帯域幅に対して、高ゲインのパイロット信号が配置された帯域幅を拡大することができる。その結果、インパルス応答を推定する際、到来パスが広がることを抑制することとなり、伝搬路推定精度を向上させることが可能となる。

【0036】

(11)また、本発明の通信システムは、受信装置がFFT (Fast Fourier Transform) を行なう帯域よりも狭い帯域にパイロット信号を配置して、前記受信装置に対して信号を送信する送信装置と、上記(1)記載の受信装置と、から構成されることを特徴とする。

【0037】

このように、情報データ信号が割り当てられたリソースとは異なるリソースに属するパイロット信号を用いて、インパルス応答の推定を行なうので、FFTを行なう帯域よりも狭い帯域にパイロット信号が配置された場合であっても、伝搬路推定の精度を維持することが可能となる。

【0038】

(12)また、本発明の通信システムにおいて、前記送信装置は、初送および前記初送に対する再送において、所定のリソース単位で情報データおよびパイロット信号を割り当てて前記受信装置に対して送信し、前記受信装置は、前記初送および前記初送に対する再送において、所定のリソース単位で割り当てられた情報データおよびパイロット信号を受信し、前記初送および前記再送で受信したパイロット信号を用いて、インパルス応答の推定を行なうことを特徴とする。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 9 】

このように、初送および再送で受信したパイロット信号を用いて、インパルス応答の推定を行なうので、再送時において、FFTを行なう帯域幅に対して、パイロット信号を配置した帯域を拡大することが可能となる。その結果、インパルス応答を推定する際に、到来パスが広がることを抑制することが可能となり、伝搬路推定精度を向上させることが可能となる。このようにインパルス応答の推定精度が向上すると、再送時の受信性能が向上するので、例えば、ハイブリッドARQの再送回数を低減することができ、伝送効率の向上を図ることが可能となる。

【 0 0 4 0 】

(13) また、本発明の通信システムにおいて、前記送信装置は、前記再送における情報データのリソースを、前記初送における情報データを割り当てたリソースとは周波数帯域が異なるリソースに割り当てることを特徴とする。

10

【 0 0 4 1 】

このように、再送における情報データのリソースを、初送における情報データを割り当てたリソースとは周波数帯域が異なるリソースに割り当てるので、受信装置の再送時において、FFTを行なう帯域幅に対して、パイロット信号を配置した帯域を拡大することが可能となる。その結果、インパルス応答を推定する際に、到来パスが広がることを抑制することが可能となり、伝搬路推定精度を向上させることが可能となる。このようにインパルス応答の推定精度が向上すると、再送時の受信性能が向上するので、例えば、ハイブリッドARQの再送回数を低減することができ、伝送効率の向上を図ることが可能となる。

20

【 0 0 4 2 】

(14) また、本発明の受信装置の制御プログラムは、FFT (Fast Fourier Transform) を行なう帯域よりも狭い帯域に配置されたパイロット信号を用いてインパルス応答の推定を行なう受信装置の制御プログラムであって、所定のリソース単位で割り当てられた情報データおよびパイロット信号を受信する処理と、前記パイロット信号を用いて伝搬路推定値を算出する処理と、前記情報データを検出する処理と、前記情報データ信号を送信した送信装置と同一の送信装置が送信したパイロット信号であって、前記情報データ信号が割り当てられたリソースとは異なるリソースに属するパイロット信号を用いて、インパルス応答の推定を行なう処理と、の一連の処理を、コンピュータに読み取り可能および実行可能にコマンド化したことを特徴とする。

30

【 0 0 4 3 】

このように、情報データ信号が割り当てられたリソースとは異なるリソースに属するパイロット信号を用いて、インパルス応答の推定を行なうので、FFTを行なう帯域よりも狭い帯域にパイロット信号が配置された場合であっても、伝搬路推定の精度を維持することが可能となる。

【 0 0 4 4 】

(15) また、本発明の受信装置の制御プログラムは、初送および前記初送に対する再送において、所定のリソース単位で割り当てられた情報データおよびパイロット信号を受信する処理と、前記初送および前記再送で受信したパイロット信号を用いて、インパルス応答の推定を行なう処理と、を更に含むことを特徴とする。

40

【 0 0 4 5 】

このように、初送および再送で受信したパイロット信号を用いて、インパルス応答の推定を行なうので、再送時において、FFTを行なう帯域幅に対して、パイロット信号を配置した帯域を拡大することが可能となる。その結果、インパルス応答を推定する際に、到来パスが広がることを抑制することが可能となり、伝搬路推定精度を向上させることが可能となる。このようにインパルス応答の推定精度が向上すると、再送時の受信性能が向上するので、例えば、ハイブリッドARQの再送回数を低減することができ、伝送効率の向上を図ることが可能となる。

【 0 0 4 6 】

(16) また、本発明の集積回路は、受信装置に実装されることにより、前記受信装置

50

に複数の機能を発揮させる集積回路であって、FFT (Fast Fourier Transform) を行なう帯域よりも狭い帯域に配置されたパイロット信号を用いてインパルス応答の推定を行なう機能と、所定のリソース単位で割り当てられた情報データおよびパイロット信号を受信する機能と、前記パイロット信号を用いて伝搬路推定値を算出する機能と、前記情報データを検出する機能と、前記情報データ信号を送信した送信装置と同一の送信装置が送信したパイロット信号であって、前記情報データ信号が割り当てられたリソースとは異なるリソースに属するパイロット信号を用いて、インパルス応答の推定を行なう機能と、を前記受信装置に発揮させることを特徴とする。

【0047】

このように、情報データ信号が割り当てられたリソースとは異なるリソースに属するパイロット信号を用いて、インパルス応答の推定を行なうので、FFTを行なう帯域よりも狭い帯域にパイロット信号が配置された場合であっても、伝搬路推定の精度を維持することが可能となる。

【0048】

(17) また、本発明の集積回路は、初送および前記初送に対する再送において、所定のリソース単位で割り当てられた情報データおよびパイロット信号を受信する機能と、前記初送および前記再送で受信したパイロット信号を用いて、インパルス応答の推定を行なう機能と、を更に含むことを特徴とする。

【0049】

このように、初送および再送で受信したパイロット信号を用いて、インパルス応答の推定を行なうので、再送時において、FFTを行なう帯域幅に対して、パイロット信号を配置した帯域を拡大することが可能となる。その結果、インパルス応答を推定する際に、到来パスが広がることを抑制することが可能となり、伝搬路推定精度を向上させることが可能となる。このようにインパルス応答の推定精度が向上すると、再送時の受信性能が向上するので、例えば、ハイブリッドARQの再送回数を低減することができ、伝送効率の向上を図ることが可能となる。

【発明の効果】

【0050】

本発明によれば、パイロット信号の配置が、FFT帯域に対して狭い場合において、精度よく伝搬路推定ができる。

【図面の簡単な説明】

【0051】

【図1】本発明の実施形態における通信システムの一例を示す図である。

【図2】上りリンク r_2 および r_4 におけるフレームフォーマットを示す図である。

【図3】本発明の第1の実施形態に係る移動局装置100の一構成例を示すブロック図である。

【図4】本発明の第1の実施形態に係る基地局装置300の一構成例を示すブロック図である。

【図5】伝搬路推定部304の一構成例を示すブロック図である。

【図6】伝搬路推定の手順を示すフローチャートである。

【図7】干渉除去部305の一構成例を示すブロック図である。

【図8】レプリカ生成部342の一構成例を示すブロック図である。

【図9】基地局装置300の動作を示すフローチャートである。

【図10】本発明の第2の実施形態に係る通信システムにおける上りリンク r_2 および r_4 におけるフレームフォーマットを示す図である。

【図11】本発明におけるシステム帯域、FFT帯域およびパイロット信号帯域の関係を示す図である。

【図12】本発明の第3の実施形態に係る移動局装置100の一構成例を示すブロック図である。

【図13】プレコーディング行列の一例を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 1 4】本発明の第 4 の実施形態に係る符号部 1 1 1 の一構成例を示すブロック図である。

【図 1 5】誤り訂正符号化部 6 0 3 が、符号化率 $R = 1 / 3$ で誤り訂正符号化する際の符号化方式として、ターボ符号を適用した場合の誤り訂正符号化部 6 0 3 の内部構成を示す図である。

【図 1 6】パンクチャ部 6 0 7 が保持する前述のある所定のパターン群の例を示す図である。

【図 1 7】本発明の第 4 の実施形態に係る基地局装置 3 0 0 の一構成例を示すブロック図である。

【図 1 8】第 4 の実施形態における伝搬路推定部 3 0 4 の概略構成を示す図である。

【図 1 9】移動局装置 1 0 0 と基地局装置 7 0 0 との間でハイブリッド自動再送要求 H A R Q を行なう通信システムのシーケンスの一例を示す図である。

【図 2 0】初送信号において、データ信号、パイロット信号および制御信号の割当の一例を示す図である。

【図 2 1】再送信号において、データ信号、パイロット信号および制御信号の割当の一例を示す図である。

【図 2 2】ステップ S 3 0 7 において干渉除去処理、復調処理、復号処理等を行なう際のインパルス応答推定に用いるパイロット信号配置を示す図である。

【図 2 3】マルチパス環境を経て送信装置から受信装置に到達する信号の概要を示す図である。

【図 2 4】O F D M A (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) において、データ信号とパイロット信号を割り当てた場合の例を示す図である。

【図 2 5】O F D M A において、ユーザ固有のパイロット信号が配置されている例を示す図である。

【図 2 6】受信信号の遅延プロファイルの一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0 0 5 2】

(第 1 の実施形態)

図 1 は、本発明の実施形態における通信システムの一例を示す図である。本発明の通信システムでは基地局装置に複数の移動局装置が接続されている。図 1 は、基地局装置 3 0 0 に移動局装置 1 0 0 - 1 および移動局装置 1 0 0 - 2 (移動局装置 1 0 0 - 1 および移動局装置 1 0 0 - 2 を合わせて移動局装置 1 0 0 と表す) が接続されている場合である。r 1 は基地局装置 3 0 0 と移動局装置 1 0 0 - 1 との接続における下りリンク、r 2 は基地局装置 3 0 0 と移動局装置 1 0 0 - 1 との接続における上りリンク、r 3 は基地局装置 3 0 0 と移動局装置 1 0 0 - 2 との接続における下りリンク、r 4 は基地局装置 3 0 0 と移動局装置 1 0 0 - 2 との接続における上りリンクである。r 1 および r 3 は、例えば、L T E における下りリンク共通チャネル (P D S C H)、下りリンク制御チャネル (P D C C H)、同期チャネル (S C H) などが該当する。r 2 および r 4 は、例えば、L T E における上りリンク共通チャネル (P U S C H)、上りリンク制御チャネル (P U C C H)、ランダムアクセスチャネル (R A C H) などが該当する。

【0 0 5 3】

図 2 は、上りリンク r 2 および r 4 におけるフレームフォーマットを示す図である。横軸は時間、縦軸は周波数である。図 2 において、システム帯域の両端の周波数帯域は上りリンク制御チャネル (サブキャリアインデックス 0 ~ 2 3 および 2 7 6 ~ 2 9 9) に割り当てられている。上りリンク制御チャネルでは、応答信号、C Q I (Channel Quality Indicator)、R I (Rank Indicator) などの制御データが送信される。応答信号とは、基地局装置 3 0 0 から下りリンクで送信されたデータ信号が正しく受信できたか否かを通知する信号である。C Q I とは、移動局装置 1 0 0 が上りリンク共通チャネルで、Q o s を満たす M C S (Modulation and Channel coding Scheme) などを通知する信号である。R I は、移動局装置 1 0 0 が上りリンク共通チャネルで、Q o s を満たす空間多重数などを

10

20

30

40

50

通知する信号である。

【 0 0 5 4 】

上りリンク共通チャネルでは、各移動局装置 1 0 0 が基地局装置 3 0 0 に送信する情報データなどが送信される。図 2 において、右斜め上がりのハッチング部（サブフレーム # 1 のサブキャリアインデックス 2 4 ~ 4 7）は、移動局装置 1 0 0 - 1 が基地局装置 3 0 0 に送信する情報データを割り当てるリソースエレメントである。また、塗潰し部は、伝搬路推定に用いるパイロット信号 1 を配置するリソースエレメント（例えば、D M R S（Demodulation Reference Signal））である。

【 0 0 5 5 】

左斜め上がりのハッチング部（サブフレーム # 2 のサブキャリアインデックス 2 4 ~ 4 7 および 2 6 4 ~ 2 7 5）は、移動局装置 1 0 0 - 2 が基地局装置 3 0 0 に送信する情報データを割り当てるリソースエレメントである。また、網掛け部は、伝搬路推定に用いるパイロット信号 2 を配置するリソースエレメント（例えば、D M R S（Demodulation Reference Signal））である。

10

【 0 0 5 6 】

なお、前記情報データおよび前記パイロット信号を割り当てるリソースエレメントのスケジューリングは、各移動局装置 1 0 0 が基地局装置 3 0 0 に送信する C Q I 等に基づき、基地局装置 3 0 0 が設定する。各移動局装置 1 0 0 の情報データ等を割り当てるリソースエレメントは、下りリンク制御情報チャネルにより通知される。

【 0 0 5 7 】

図 3 は、本発明の第 1 の実施形態に係る移動局装置 1 0 0 - 1 の一構成例を示すブロック図である。本実施形態では、上りリンクの伝送方式として、D F T（Discrete Fourier Transform）- S p r e a d - O F D M が適用されている場合で説明するが、その限りではない。例えば、O F D M 伝送であってもよい。

20

【 0 0 5 8 】

移動局装置 1 0 0 - 1 は、上位レイヤ 1 0 2、シンボル生成部 1 0 3、リソースマッピング部 1 0 5 - m（リソースマッピング部 1 0 5 - 1 ~ 1 0 5 - m を合わせてリソースマッピング部 1 0 5 と表す）、I F F T（逆高速フーリエ変換）部 1 0 6 - m、G I 挿入部 1 0 7 - m、送信部 1 0 8 - m およびパイロットシンボル生成部 1 0 9、制御シンボル生成部 1 1 0 を含んで構成され、送信部 1 0 8 - m に送信アンテナ部 1 0 1 m（送信アンテナ部 1 0 1 - 1 ~ 1 0 1 m を合わせて送信アンテナ部 1 0 1 と表す）が接続されている。また、移動局装置 1 0 0 - 1 は、受信部 1 2 2、制御信号検出部 1 2 3 を含んで構成され、受信部 1 2 2 に受信アンテナ部 1 2 1 が接続されている。ここで、m は送信アンテナ数である。図 3 では、m = 1 の場合である。

30

【 0 0 5 9 】

なお、上記移動局装置 1 0 0 - 1 の一部あるいは全部をチップ化して集積回路となる場合、各機能ブロックに対して制御を行なうチップ制御回路（図には未記載）を有する。

【 0 0 6 0 】

シンボル生成部 1 0 3 は、上位レイヤ 1 0 2（M A C 層（Media Access Control、媒体アクセス制御）、ネットワーク層などの上位層に位置する機能を有するレイヤ）から入力される情報データからデータ変調シンボルのスペクトルを生成する。

40

【 0 0 6 1 】

シンボル生成部 1 0 3 は、符号部 1 1 1、インターリーブ部 1 1 2、変調部 1 1 3 および D F T 部 1 1 4 から構成される。符号部 1 1 1 は、情報データに対して、C R C（Cyclic Redundancy Check、巡回冗長検査）などの受信側において誤り検出をするための誤り検出符号化を行なう。また、符号部 1 1 1 は誤り検出符号化された情報データに対して、ターボ符号、L D P C（Low Density Parity Check：低密度パリティ検査）、畳込み符号などのいずれかの誤り訂正符号化処理を行なう。前記誤り訂正符号化処理された情報データを符号化ビットと呼ぶ。

【 0 0 6 2 】

50

なお、前記誤り検出符号化する機能は、前記上位レイヤ102で行なってもよい。その場合、誤り検出符号化された情報データが符号部111に入力される。

【0063】

インターリーブ部112は、周波数選択性フェージングによる受信電力の落ち込みに起因するバースト誤りが生ずるのを改善するために、符号部111から出力される符号化ビットの並び順を入れ替える。変調部113は、インターリーブ部112が出力する符号化ビットをマッピングし、BPSK(Binary Phase Shift Keying: 2相位相偏移変調)、QPSK(Quadrature Phase Shift Keying: 4相位相偏移変調)、16QAM(16 Quadrature Amplitude Modulation: 16値直交振幅変調)、64QAM(64 Quadrature Amplitude Modulation: 64値直交振幅変調)などのデータ変調シンボルを生成する。

10

【0064】

DFIT部114は、前記データ変調シンボルに対してDFIT処理を行なうことで、データ変調シンボルのスペクトルを生成する。

【0065】

パイロットシンボル生成部109は、基地局装置300において伝搬路を推定できるパイロットシンボルを生成する。パイロットシンボルは、上位レイヤ102からの指令に基づき、移動局装置100毎に固有の系列で生成する。パイロットシンボルを構成する符号系列は、アダマール符号、CAZAC(Constant Amplitude Zero Auto-Correlation)系列などの直交した系列であることが好ましい。

20

【0066】

制御シンボル生成部110は、上位レイヤ102が出力する上りリンク制御チャンネル(応答信号、CQI、RIなどの各種制御データ)を誤り訂正符号化、変調マッピングし、制御シンボルを生成する。

【0067】

リソースマッピング部105-mは、前記データ上位レイヤ102から通知される信号割当情報に基づいて、前記データ変調シンボルのスペクトル、パイロットシンボル、制御シンボルとをサブキャリアにマッピングする(以後、スケジューリングと呼ぶ)。信号割当情報とは、前記データ変調シンボルのスペクトル、パイロットシンボル、制御シンボルとを割り当てるリソースエレメントを示した情報である。例えば、図2のフレームフォーマットに基づいた各シンボルの配置を示す情報である。リソースエレメントとは、1つのサブキャリアと1つのSC-FDMシンボルからなる単位をいう。なお、図3では、リソースマッピング部105をm個備え、送信アンテナ101毎にスケジューリングを行っているが、一つのリソースマッピング部105が全送信アンテナ101に対するスケジューリングを一括で行うようにしてもよい。

30

【0068】

IFFT部106-mは、リソースマッピング部105-mが出力する信号に対してIFFT処理を行なうことで、それぞれのシンボルを周波数領域の信号から時間領域の信号に変換する。

40

【0069】

次に、GI挿入部107-mは、IFFT部106-mが変換した時間領域の信号にガードインターバル(GI)を付加する。例えば、IFFT部106-mが出力する時間領域の信号(有効シンボル)の後半の一部をコピーし、有効シンボルの先頭に付加する。GIを付加した有効シンボルをSC-FDMシンボルと呼ぶ。GI挿入部107-mが出力する信号をベクトル s_i とすると、次式(1)で表せる。ベクトル s_i は、第iシンボル第kサブキャリアの変調信号を $C_{i,k}$ とすると第iシンボルのSC-FDM信号である。

【0070】

【数 1】

$$\mathbf{s}_i = \mathbf{F}_I \mathbf{M} \mathbf{F}_D \mathbf{c}_i$$

$$(\mathbf{F}_I)_{p,q} = \frac{1}{\sqrt{N_f}} \exp \left[j \frac{2\pi q}{N_f} (p - N_c) \right]$$

$$(\mathbf{F}_D)_{p,q} = \frac{1}{\sqrt{N_D}} \exp \left[-j \frac{2\pi q}{N_D} p \right] \quad \text{式 (1)}$$

$$\mathbf{c}_i = (c_{i,0} \quad \cdots \quad c_{i,N_D-1})^T$$

10

ただし、 T は転置を表す。また、 \mathbf{F}_I はGI挿入を含んだ $N_s \times N_f$ のIFFT行列であり、 \mathbf{M} は信号割当情報に基づくマッピング行列であり、 N_c はGIポイント数である。 $(\mathbf{F}_I)_{p,q}$ は \mathbf{F}_I の p 行 q 列要素を表す。また、 N_s は $N + N_c$ である。

【0071】

送信部108-mは、GI挿入部107-mが出力するSC-FDMシンボルをアナログ信号に変換し(Digital to Analog変換)、アナログ信号に変換された信号に対して帯域制限を行なうフィルタリング処理を行ない、さらにフィルタリング処理された信号を送信可能な周波数帯域にアップコンバートし、送信アンテナ部101-mを介して送信する。この送信装置100が出力する信号をSC-FDMA信号と呼ぶ。また、移動局装置100-1は、基地局装置300から送信された信号を受信する機能を有する。

20

【0072】

移動局装置100-1は、受信アンテナ部121を介して、基地局装置300が送信した制御信号等を受信し、受信部122は、制御信号等を信号検出処理などのデジタル信号処理が可能な周波数帯へダウンコンバートし、さらにスプリアスを除去するフィルタリング処理を行ない、フィルタリング処理した信号をアナログ信号からデジタル信号に変換(Analog to Digital変換)を行なう。

【0073】

制御信号検出部123は、前記受信部122が出力した制御信号に対して復調処理、復号処理などを行ない、下りリンク共通チャネル(PDSCH)、下りリンク制御チャネル(PDCCH)、同期チャネル(SCH)などを検出する。そして、上位レイヤ102は、前記制御信号検出部123から入力された上記チャネルのいずれかに含まれる各基地局装置300へ送信する上りリンクのデータ信号のパラメータ(MCS、空間多重数、パイロット信号系列、周波数割当など)を取得する。そして、前記パラメータに基づき、データ信号、パイロット信号、制御信号などをシンボル生成部103、パイロットシンボル生成部109、制御シンボル生成部110に出力する。

30

【0074】

なお、上位レイヤ102は、移動局装置100-1を構成する各部位が、機能を発揮するために必要なパラメータを通知する。なお、図1の移動局装置100-2も図3と同様の構成を有する。

40

【0075】

図4は、本発明の第1の実施形態に係る基地局装置300の一構成例を示すブロック図である。基地局装置300は、受信部302、受信信号記憶部303、伝搬路推定部304、干渉除去部305、GI除去部306、FFT部307、伝搬路補償部308、信号検出部309-n($n=1, 2, \dots, N$ 、 N は基地局装置300と接続をしている移動局装置数(ユーザ数))を具備し、受信部302に受信アンテナ部301が接続されている。また、基地局装置300は、制御信号生成部312、送信部313を具備し、送信部313に送信アンテナ部311が接続されている。図4は、 $N=2$ の場合である。なお、

50

移動局装置 100 - 1 あるいは移動局装置 100 - 2 が m 個の複数アンテナから送信した信号を基地局装置 300 が受信する場合、受信アンテナ 301 ~ 上位レイヤ 310 の機能は m 個の送信信号に対して処理を実施する（図 4 は m = 1 の場合）。

【0076】

また、上記基地局装置 300 の一部あるいは全部をチップ化して集積回路となる場合、各機能ブロックに対して制御を行なうチップ制御回路（非表示）を有する。以下では、図 1 に示す基地局装置 300 に移動局装置 100 - 1 および移動局装置 100 - 2 が接続されている場合で説明する。

【0077】

基地局装置 300 において、制御信号生成部 312 は、移動局装置 100 - 1 および 100 - 2 が基地局装置 300 に送信するデータ信号の MCS、ランク情報、スケジューリング（リソースブロック割当）などの各種制御データを誤り訂正符号化、変調マッピングし、制御シンボルを生成する。

【0078】

送信部 313 は、前記制御信号生成部 312 が出力する制御信号を含む信号を、下りリンクにおいて送信可能な周波数帯にアップコンバートする。

【0079】

基地局装置 300 において、受信部 302 は、受信アンテナ部 301 を介して移動局装置 100 - 1 および移動局装置 100 - 2 からの信号を受信すると、信号検出処理などのデジタル信号処理が可能な周波数帯へダウンコンバートし、さらにスプリアスを除去するフィルタリング処理を行ない、フィルタリング処理した信号をアナログ信号からデジタル信号に変換（Analog to Digital 変換）を行なって、受信信号記憶部 303、干渉除去部 305 および伝搬路推定部 304 に出力する。移動局装置 100 - 1 および移動局装置 100 - 2 は、図 2 のフォーマットに従って、SC-FDM 信号を送信している。

【0080】

受信信号記憶部 303 は、受信部 302 が出力する信号を記憶する。また、干渉除去部 305 の干渉除去処理において、繰り返し処理が行なわれる場合、格納しているこの信号を出力する。

基地局装置 300 が受信する第 i シンボルにおける信号ベクトルを r_i とすると、式（2）となる。

【0081】

【数 2】

$$\mathbf{r}_i = \mathbf{h}_i \mathbf{s}_i + \mathbf{n}_i \quad \text{式 (2)}$$

ただし、 \mathbf{h}_i は伝搬路インパルス応答の置み込み行列、 \mathbf{n}_i は雑音である。

【0082】

伝搬路推定部 304 は、基地局装置（受信装置）300 と移動局装置（送信装置）100 - 1 或いは移動局装置（送信装置）100 - 2 との間におけるフェージングなどによる振幅と位相の変動を推定する伝搬路推定を行ない、伝搬路推定結果である伝搬路推定値を干渉除去部 305 と伝搬路補償部 308 とに出力する。伝搬路推定部 304 は、移動局装置 100 - 1 と基地局装置 300 との間の伝搬路推定値の推定を、移動局装置 100 - 1 のデータが配置されたリソースブロックに割当てられたパイロットシンボルを用いて行なう。また、伝搬路推定部 304 は、移動局装置 100 - 2 と基地局装置 300 との間の伝搬路推定値の推定を、移動局装置 100 - 2 のデータが配置されたリソースブロックに割当てられたパイロットシンボルを用いて行なう。すなわち、移動局装置 100 - 1 に対する伝搬路推定はパイロット信号 1 を用い、移動局装置 100 - 2 に対する伝搬路推定はパイロット信号 2 を用いる。

【0083】

図 5 は、伝搬路推定部 304 の一構成例を示すブロック図である。伝搬路推定部 304

は、FFT部331、パイロット信号抽出部332、パイロット周波数応答算出部333、インパルス応答推定部334、データ周波数応答推定部335を具備している。

【0084】

FFT部331は、受信部302から入力されるダウンコンバートしたSC-FDM信号に対してFFT処理を行なうことにより、時間領域の信号を周波数領域に変換する。パイロット信号抽出部332は、前記周波数領域信号のうち、移動局装置100毎に所定のパイロット信号を抽出する。移動局装置100-1に対する伝搬路推定を行なう場合は、パイロット信号1を抽出する。すなわち、図2において、サブフレーム#1に配置された移動局装置100-1のデータ信号の検出のために、サブフレーム#1の第3のSC-FDMシンボルのサブキャリアインデックス24~47に配置したパイロット信号あるいはサブフレーム#1の第10のSC-FDMシンボルのサブキャリアインデックス24~47に配置したパイロット信号、またはその両方のパイロット信号を抽出する。すなわち、同一サブフレーム内の複数リソースブロックに配置された移動局装置100-1が送信したパイロット信号を抽出する。

10

【0085】

次に、パイロット周波数応答算出部333は前記抽出したパイロット信号と基地局装置300が保持している該当パイロット信号とを用いてパイロット信号を配置したサブキャリアの周波数応答を算出する。前記抽出したパイロット信号を $R_{p_{k,i}}$ とすると、第 i SC-FDMシンボルの第 k サブキャリアの周波数応答推定値 $H_{k,i}$ は式(3)となる。ここで、第 i SC-FDMシンボルの第 k サブキャリアは前記パイロット信号を配置したリソースブロックである。すなわち、図2の移動局装置100-1に対する周波数応答の場合、サブフレーム#1の $i=3, 10$ 、 $k=24\sim 47$ である。

20

【0086】

【数3】

$$\hat{H}_{k,i} = \frac{R_{p_{k,i}}}{S_{p_{k,i}}} = \frac{H_{k,i} S_{p_{k,i}} + I_{k,i}}{S_{p_{k,i}}} \quad \text{式(3)}$$

なお、 $S_{p_{k,i}}$ は第 i SC-FDMシンボルの第 k サブキャリアに配置されたパイロット信号、 $H_{k,i}$ は第 i SC-FDMシンボルの第 k サブキャリアの基地局装置300と移動局装置100-1間の伝搬路の周波数応答、 $I_{k,i}$ は第 i SC-FDMシンボルの第 k サブキャリアに発生する干渉(ISI、ICI)である。

30

【0087】

ここで、サブフレーム#1の第3のSC-FDMシンボルのサブキャリアインデックス24~47に配置したパイロット信号およびサブフレーム#1の第10のSC-FDMシンボルのサブキャリアインデックス24~47に配置したパイロット信号の両方のパイロット信号を抽出した場合、同じサブキャリアインデックスの周波数応答を重み付け合成する(等重み付け合成は平均にあたる)。これにより、該サブキャリアインデックスにおける周波数応答算出において、SNRを向上することが可能となる。

40

【0088】

次に、インパルス応答推定部334は、前記周波数応答推定値を用いてインパルス応答を推定する。推定方法の一例を以下に示す。

【0089】

まず、前記抽出した周波数応答 $H_{k,i}$ に対してIFFTを行なう。前記抽出した周波数応答 $H_{k,i}$ のIFFT後の信号をベクトル h_i とすると、式(4)で表せる。

【0090】

【数 4】

$$\hat{\mathbf{h}}_i = \mathbf{F}_I \mathbf{M}_p \hat{\mathbf{H}}_i$$

$$\hat{\mathbf{H}}_i = \left(\hat{H}_{0,i}, \dots, \hat{H}_{N_p,i} \right) \quad \text{式 (4)}$$

ここで、 N_p はパイロット信号数、 M_p はパイロット信号のマッピング行列である。図 2 における移動局装置 100 - 1 の場合、 M_p は、サブフレーム # 1 の第 3 番の SC - FDM シンボルのサブキャリアインデックス 24 ~ 47 に配置したパイロット信号あるいはサブフレーム # 1 の第 10 番の SC - FDM シンボルのサブキャリアインデックス 24 ~ 47 に配置したパイロット信号、またはその両方のパイロット信号配置に基づくものである。

10

【0091】

そして、前記ベクトル $\hat{\mathbf{h}}_i$ において、パスが到来していると推定する区間の位相および振幅、またはパスが到来していると推定する離散ポイントの位相および振幅を抽出し、干渉除去部 305 およびデータ周波数応答推定部 335 に入力する。ここで、前記抽出した位相および振幅をインパルス応答推定値と呼ぶ。

【0092】

なお、同様に、他の移動局装置 100 に対するインパルス応答推定もすることが可能である。図 2 の移動局装置 100 - 2 に対してインパルス応答推定を行なう場合、パイロット信号抽出部 332 において、サブフレーム # 2 の第 3 の SC - FDM シンボルのサブキャリアインデックス 24 ~ 47 並びにサブキャリアインデックス 264 ~ 275 に配置したパイロット信号あるいはサブフレーム # 2 の第 10 の SC - FDM シンボルのサブキャリアインデックス 24 ~ 47 並びにサブキャリアインデックス 264 ~ 275 に配置したパイロット信号、またはその両方のパイロット信号（パイロット信号 2）を抽出する。すなわち、同一サブフレーム内の散在する複数リソースブロックに配置された移動局装置 100 - 2 が送信したパイロット信号を抽出する。そして、前記抽出したパイロット信号を用いて、上述のパイロット周波数応答算出、インパルス応答推定を行なう。

20

【0093】

次に、データ周波数応答推定部 335 は、前記インパルス応答推定値からデータを配置したサブキャリアの周波数応答を算出する。例えば、前記インパルス応答推定値に対して FFT をすることにより算出する（FFT 補間と呼ぶ）。そして、前記周波数応答は伝搬路補償部 308 に入力される。

30

【0094】

図 6 は、伝搬路推定の手順を示すフローチャートである。基地局装置 300 は、接続している移動局装置 100 の信号を受信すると、該信号を FFT 処理することで、時間領域の信号を周波数領域に変換する（ステップ S101）。次に、前記周波数領域の信号のうち、前記移動局装置 100 が送信したパイロット信号であって、同一のサブフレームに配置されたパイロット信号を抽出する（ステップ S102）。そして、前記パイロット信号と保有している既知のパイロット信号が配置されていたサブキャリアの周波数応答を算出する（ステップ S103）。

40

【0095】

次に、前記パイロット信号が配置されたサブキャリアに対する周波数応答のみを IFFT することでインパルス応答を推定する（ステップ S104）。インパルス応答推定は、基地局装置 300 が接続している移動局装置 100 毎に算出する。なお、ステップ S104 において、前記パイロット信号に加えて、他の既知信号を用いてもよい。

【0096】

前記インパルス応答推定値は、干渉除去部 305 に入力される。また、前記インパルス応答推定値は、パスが到来していると推定する区間或いは離散ポイントをフィルタ等により抽出後、FFT 処理を行なうことによりデータ周波数応答の算出を行なう（ステップ S

50

105)。そして、算出したデータ周波数応答を伝搬路補償部308に入力して、フローは終了する。

【0097】

以上のように、複数のリソースブロックにデータ信号が配置されている場合、前記複数のリソースブロックにわたり配置されているパイロット信号を用いることにより、IFFT帯域幅に対して、パイロット信号が配置された帯域が大幅に狭くなることを防ぐことができる。その結果、インパルス応答推定の際、到来パスが広がることを抑圧することとなり、インパルス応答の推定精度を向上させることが可能となる。また、インパルス応答を構成する到来パスのパス位置の検出精度を向上させることができる。

【0098】

また、複数のリソースブロックにわたるパイロット信号を用いることでFFT補間の精度を上げることができるため、パイロット信号を配置していないサブキャリアの周波数応答を精度よく算出することが可能となる。

【0099】

図4に戻り、干渉除去部305は、伝搬路推定部304から出力されるインパルス応答推定値、信号検出部309-nから出力される復号結果を用いて、受信部302あるいは受信信号記憶部303から出力される信号から、干渉成分を除去する処理を繰り返し行なう。具体的には、信号検出部309-1が出力する復号後の符号化ビットの対数尤度比LLR(Log Likelihood Ratio)を用いて、受信した信号の送信元である移動局装置100-1および移動局装置100-2が基地局装置300宛に送信したであろう信号レプリカを生成する。すなわち、基地局装置300では移動局装置100-1および移動局装置100-2の送信信号に対する送信信号レプリカを生成する。さらに、この送信信号レプリカと伝搬路推定部304からのインパルス応答推定値を用いて移動局装置100-1および移動局装置100-2に対する干渉レプリカを生成し、受信部302あるいは受信信号記憶部303から出力される信号から減算する(詳細は後述する)。

【0100】

GI除去部306は、干渉除去部305から出力される干渉成分レプリカを除去した信号のうち、遅延波による歪を回避するために移動局装置100で付加されたガードインターバル区間を除去する。FFT部307は、GI除去部306がガードインターバル区間を除去した信号を時間領域信号から周波数領域信号に変換するフーリエ変換の処理を行なう。伝搬路補償部308は、伝搬路推定部304で推定した周波数応答推定値を用いてZF(Zero Forcing)、MMSE(Minimum Mean Square Error)などによりフェージングによる伝搬路歪を補正する重み係数を算出し、この重み係数をFFT部307からの周波数領域信号に乗算して伝搬路補償をする。この処理を等化処理とも呼ぶ。なお、基地局装置300が、移動局装置100がm個の送信アンテナ101から送信した信号を受信した場合、伝搬路補償部308は空間多重された信号を分離する機能も有する。

【0101】

次に、信号検出部309-nは、伝搬路補償部308が出力する信号のうち、所望の移動局装置100のデータ信号がマッピングされているサブキャリアの信号を抽出し、復調、復号処理を行ない、情報ビットを取得する。また、前記情報ビットに対する符号化ビットLLRを干渉除去部305に出力する。図4において、信号検出部309-1および信号検出部309-2は各々、移動局装置100-1が送信したデータ信号および移動局装置100-2が送信したデータ信号を検出する。以下、代表して、信号検出部309-1を説明する。

【0102】

信号検出部309-1は、IDFT部320-1、復調部321-1、デインターリーブ部322-1、復号部323-1を備える。IDFT部320-1は、伝搬路補償部308が出力する信号(等化後信号)のうち、移動局装置100のデータ変調シンボルがマッピングされたリソースエレメントの等化後信号を抽出し、前記抽出した等化後信号に対

10

20

30

40

50

してIDFT処理を行うことで、周波数領域から時間領域の信号に変換する。復調部321-1は、IDFT部320-1から出力される信号に対して復調処理を行ない、軟判定値（符号化ビットLLR）を出力する。具体的には、図2で記載したデータ変調シンボル割当ての場合、サブフレーム#1のリソースエレメント（K1、L1）、（K1=24、・・・、47、L1=0、・・・、13、ただし、パイロットシンボルを配置したリソースエレメントは除く。）に対応する等化後信号（離散スペクトル）を時間領域に変換した信号に対して復調処理を行なう。

【0103】

復調部321-1の処理を、移動局装置100が送信したデータ変調シンボルがQPSK変調の場合を例として説明する。送信側で送信されたQPSKシンボルをXとし、受信側において復調部321-1に入力されるシンボルをXcとして説明する。Xを構成しているビットをb0、b1（b0、b1=±1）とすると、Xは、下記の式（5）で表せる。ただし、jは虚数単位を表す。そして、Xの受信側における推定値Xcからビットb0、b1の対数尤度比LLRである（b0）、（b1）は下記の式（6）により求められる。

10

【0104】

【数5】

$$X = \frac{1}{\sqrt{2}}(b_0 + jb_1) \quad \text{式(5)}$$

20

【数6】

$$\lambda(b_0) = \frac{2\text{Re}(X_c)}{\sqrt{2}(1-\mu)} \quad \text{式(6)}$$

但し、Re(Xc)は複素数の実部を表す。μは伝搬路補償後の等価振幅であり、例えば、第1のSC-FDMシンボルの第kサブキャリアにおける伝搬路推定値をH1(k)、乗算したMMSE基準の伝搬路補償重みをW1(k)とすると、μはW1(k)・H1(k)となる。

30

【0105】

また（b1）は、式（6）、すなわち（b0）を求める式において、Xcの実部と虚部を置き換えて求める。なお、16QAMなどの他の変調が施されたデータに対しても同様の原理に基づいて算出可能である。また、復調部321-1は、軟判定結果ではなく硬判定結果を算出するようにしてもよい。

【0106】

デインターリーブ部322-1は、移動局装置100のインターリーブ部112が施したインターリーブのパターンに対応するビット配置の並べ替え、すなわちインターリーブのパターンの逆操作となるビット配置並べ替えを、復調部321-1による軟判定結果のデータ系列に対して行なう。

40

【0107】

復号部323-1は、移動局装置100が施したターボ符号化、畳み込み符号化などの誤り訂正符号化に対する誤り訂正復号処理をデインターリーブ部322-1からの出力信号に対して行ない、符号化ビットのLLR（対数尤度比）などの軟判定出力結果を算出し、干渉除去部305および上位レイヤ310に入力する。上位レイヤ310は前記軟判定出力から硬判定、誤り検出処理等を行ない、各移動局装置100からのデータを得る。

【0108】

図7は、干渉除去部305の一構成例を示すブロック図である。干渉除去部305は、減算部341、レプリカ生成部342を具備する。図7は移動局装置100-1および移

50

動局装置 100 - 2 から信号を受信した場合である。前記インパルス応答推定値は伝搬路推定部 304 により生成したものである。

【0109】

レプリカ生成部 342 は、インパルス応答推定値および各移動局装置 100 のデータ信号に対する軟判定値（符号化ビットの対数尤度比 LLR）を用いて、干渉成分のレプリカ（干渉レプリカ）を生成する。基地局装置 300 が図 2 で示すフレームで信号を受信した場合、レプリカ生成部 342 は、サブフレーム # 1 において、移動局装置 100 - 1 のデータ信号に対する軟判定結果および前記伝搬路推定部 304 が算出した移動局装置 100 に対するインパルス応答推定値を用いて干渉レプリカを生成する。また、サブフレーム # 2 においては、移動局装置 100 - 2 のデータ信号に対する軟判定結果および前記伝搬路推定部 304 が算出した移動局装置 100 - 2 に対するインパルス応答推定値を用いて干渉レプリカを生成する。なお、前記干渉レプリカは、前記軟判定結果に対する硬判定結果から生成してもよい。

10

【0110】

減算部 341 は、前記干渉レプリカを、受信部 302 あるいは受信信号記憶部 303 から入力される信号から減算する。

【0111】

受信部 302 あるいは受信信号記憶部 303 から入力される信号ベクトル r 、 u 回目の繰り返し処理における干渉レプリカのベクトルを $r_{i,u}$ とすると、減算部が出力する信号ベクトル $r_{i,u}$ は、式 (7) で表せる。なお、「 r^{\wedge} 」、「 r_{\sim} 」という表記は、式 (7) に表わされているように文字「 r 」の上に「 \wedge 」、「 \sim 」が記載されたものを意味し、後述する「 s^{\wedge} 」、「 c^{\wedge} 」、「 h^{\wedge} 」も同様である。

20

【0112】

【数 7】

$$\tilde{r}_{i,u} = r_i - \hat{r}_{i,u} \quad \text{式 (7)}$$

ただし、初回処理 ($u = 0$) の場合は、 $r_{\sim i}$ 、 $u = 0$ である。

【0113】

図 8 は、レプリカ生成部 342 の一構成例を示すブロック図である。レプリカ生成部 342 は、インターリーブ部 351 - n 、シンボルレプリカ生成部 352 - n 、DFT 部 353 - n 、IFFT 部 354 - n 、GI 挿入部 355 - n ($n = 1, 2, \dots, N$ 、 N は移動局装置数)、干渉レプリカ生成部 356 を具備する。図 8 は $N = 2$ の場合である。まず、レプリカ生成部 342 は、信号検出部 309 - n が出力する復号後の符号化ビットの対数尤度比 LLR を用いて、受信した信号の送信元である各移動局装置 100 が自受信装置宛に送信したであろう信号レプリカを生成する。すなわち、基地局装置 300 では移動局装置 100 - 1 および移動局装置 100 - 2 が送信したであろう信号に対する送信信号レプリカを生成する。

30

【0114】

以下、代表して、移動局装置 100 - 1 のデータ信号に対する送信信号干渉レプリカを生成する場合で説明する。

40

【0115】

インターリーブ部 351 - 1 は、信号検出部 309 - 1 が出力する復号後の符号化ビットの対数尤度比 LLR を、移動局装置 100 - 1 がデータ変調を施した符号化したデータ信号と同じ並び順に並べ替える。すなわち、移動局装置 100 - 1 のインターリーブ部 112 と同じインターリーブパターンで信号検出部 309 - 1 が出力する復号後の符号化ビットの対数尤度比 LLR をインターリーブする。すなわち、信号検出部 309 - 1 が備えるデインターリーブ部 322 - 1 と逆の並べ替えを行なう。

【0116】

50

シンボルレプリカ生成部 3 5 2 - 1 は、インターリーブ部 3 5 1 - 1 が出力する符号化ビットの対数尤度比 L L R を用いて所望ユーザの信号に対するデータ変調シンボルのレプリカ（変調シンボルレプリカ）を生成する。例えば、シンボルレプリカ生成部 3 5 2 - 1 は、移動局装置 1 0 0 - 1 の変調部 1 1 3 の変調方式が Q P S K 変調の場合、Q P S K 変調シンボルを構成するビット b_0 、 b_1 の対数尤度比を (b_0) 、 (b_1) としたとき、下記の式（8）で表される Q P S K の変調シンボルのレプリカシンボルを生成する。なお、シンボルレプリカ生成部 3 5 2 - 1 は、1 6 Q A M などの他の変調の場合も、同様の原理で変調シンボルレプリカを生成する。

【 0 1 1 7 】

【 数 8 】

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \tanh(\lambda(b_0)/2) + \frac{j}{\sqrt{2}} \tanh(\lambda(b_1)/2) \quad \text{式 (8)}$$

10

D F T 部 3 5 3 - 1 は、変調シンボルレプリカに対して D F T 処理を行ない、離散スペクトルレプリカを生成する。

【 0 1 1 8 】

I F F T 部 3 5 4 - 1 は、前記離散スペクトルレプリカを、受信した S C - F D M 信号において前記離散スペクトルレプリカに対応する離散スペクトル（移動局装置 1 0 0 - 1 の離散スペクトル）が割り当てられているリソースエレメントに該当する I F F T 入力ポイントにマッピングし、I F F T 処理を行なうことで、移動局装置 1 0 0 - 1 の離散スペクトルレプリカを周波数領域の信号から時間領域の信号に変換する。また、I F F T 部 3 5 4 - 1 は、既知の信号であるパイロットシンボルが配置されていたリソースエレメントに該当する I F F T 入力ポイントに、該パイロットシンボルを配置することが好ましい。

20

【 0 1 1 9 】

受信した S C - F D M 信号が図 2 のフレームフォーマットである場合、D F T 部 3 5 3 - 1 が出力する離散スペクトルレプリカは、サブフレーム # 1 のリソースエレメント（ K_1 、 L_1 ）、（ $K_1 = 2 4 \dots 4 7$ 、 $L_1 = 0 \dots 1 3$ 、ただし、パイロットシンボルを配置したリソースエレメントは除く。）に該当する I F F T 入力ポイントに割り当てる。

【 0 1 2 0 】

G I 挿入部 3 5 5 - 1 は、I F F T 部 3 5 4 - 1 が変換した時間領域の信号にガードインターバル（G I）を付加する。G I 挿入部 3 5 5 - 1 が出力する信号レプリカ $\hat{s}_{i,v}$ は、式（9）で表すことができる。

30

【 0 1 2 1 】

【 数 9 】

$$\hat{s}_{i,v} = \mathbf{F}_I \mathbf{M} \mathbf{F}_D \hat{\mathbf{c}}_{i,v}$$

$$\hat{\mathbf{c}}_{i,v} = (\hat{c}_{i,0}, \dots, \hat{c}_{i,v-1}, 0, \hat{c}_{i,v+1}, \dots, \hat{c}_{i,N_D-1})^T \quad \text{式 (9)}$$

40

但し、ベクトル $\hat{\mathbf{c}}_{i,v}$ は、第 v 要素が 0 の変調シンボルレプリカのベクトルである。なお、パイロットシンボル等の既知のシンボルを含んでもよい。

【 0 1 2 2 】

なお、移動局装置 1 0 0 - 2 に対しても同様の処理が、インターリーブ部 3 5 1 - 2、シンボルレプリカ生成部 3 5 2 - 2、D F T 部 3 5 3 - 2、I F F T 部 3 5 4 - 2、G I 挿入部 3 5 5 - 2 で行なう。

【 0 1 2 3 】

図 2 に示す受信した S C - F D M 信号が図 2 のフレームフォーマットである場合、D F T 部 3 5 3 - 2 が出力する離散スペクトルレプリカは、サブフレーム # 2 のリソースエレメント（ K_1 、 L_1 ）、（ $K_1 = 2 4 \dots 4 7$ 、 $2 6 4 \dots 2 7 5$ 、 $L_1 = 0 \dots 1 3$ 、ただし

50

、パイロットシンボルを配置したリソースエレメントは除く。)に該当するIFFT入力ポイントに割り当てる。

【0124】

干渉レプリカ生成部356は、GI挿入部355-nが出力する信号とインパルス応答推定値を用いて、基地局装置300が受信するSC-FDM信号が受けた干渉成分の干渉レプリカを生成する。干渉成分として、シンボル間干渉、キャリア間干渉などがあり、各干渉成分に対して干渉レプリカを生成する。

【0125】

たとえば、SC-FDM信号がシンボル間干渉を受けている場合、干渉除去部305の第u回目の繰り返し処理においてGI挿入部355-nが出力する信号を $s^{u,n}$ 、伝搬路推定値を $h^{u,n}$ とすると、干渉レプリカ生成部356が生成するシンボル間干渉レプリカ $r^{u,d}$ は、下記式(10)となる。

【0126】

【数10】

$$\hat{r}_{u,v} = \hat{h}_i \hat{s}_{i,u,v} \quad \text{式(10)}$$

ただし、初回処理の場合($u=0$)、 $r^{0,i}=0$ であり、 $h^{0,i}$ はインパルス応答推定値である。

【0127】

式(10)のレプリカ生成はすべてのvに対して行なわれ、受信信号 r_i から減算される。

【0128】

なお、上述では、時間領域の干渉レプリカを受信信号から減算することによりシンボル間干渉の除去を行なった場合を示しているが、この場合に限るものではない。例えば、時間領域の干渉レプリカに加え、周波数領域の干渉レプリカを用いてシンボル間干渉の除去を行なっても良い。

【0129】

図9は、基地局装置300の動作を示すフローチャートである。基地局装置300は、移動局装置100からの送信信号を受信すると、前記送信信号に含まれるパイロット信号を用いて伝搬路推定を行なう(ステップS201)。前記伝搬路推定において、前記移動局装置100のデータ信号が同一サブフレームにおいて複数のリソースブロックに散在しているパイロット信号を用いる。

【0130】

次に、干渉除去部305における繰り返し干渉除去処理において、その繰り返し回数を判定し(ステップS202)、初回処理($u=0$)である場合は、受信信号をそのまま出力する。この信号はGI除去部306における処理の後、FFT部307に入力される。一方、繰り返し処理($u>0$)である場合、第 $u-1$ 回目の繰り返し処理における各移動局装置100のデータ信号に対する復号処理により算出した符号化ビットLLRから生成した干渉レプリカを用いて干渉除去を行なう(ステップS203)。

【0131】

次に、ステップS202およびステップS203の処理を行なった信号に対して、FFT部307においてFFT処理を行ない(ステップS204)、周波数領域に変換された信号に対して伝搬路補償部308において伝搬路歪の補償(等化处理)を行なう(ステップS205)。前記等化处理は、前記伝搬路推定により算出する周波数応答を用いて行なう。等化处理を行なった周波数領域の信号(等化後信号)から各移動局装置100に対する等化後信号を抽出し、IDFT処理、復調処理、復号処理を行なった後(ステップS206)、干渉除去処理において所定の繰り返し回数が終了した場合(ステップS207のYES)、各移動局装置100の復号処理結果の硬判定した結果をMAC部等に渡して、処理を終了し次のデータを受信待機する。一方、所定の繰り返し回数が終了していない場

10

20

30

40

50

合（ステップS207のNO）、各移動局装置100のデータ信号の誤りの有無を判定し（ステップS208）、誤りがない場合、各移動局装置100の復号処理結果の硬判定した結果をMAC部等に渡して、処理を終了し次のデータを受信待機する。一方、誤りがある場合、復号部323-nが出力する符号化ビットLLRを用いて各移動局装置100のデータ信号に対する変調シンボルレプリカを生成する（ステップS209）。そして、上記各移動局装置100のデータ信号に対する変調シンボルレプリカを用いて干渉レプリカを生成し（ステップS210）、干渉除去部305に入力し、再度干渉除去処理を行なう（ステップS202に戻る）。すなわち、予め設定した回数だけ処理が繰り返されるか、または、データ信号の誤りがないと判定されるか、いずれかの条件が満たされるまで処理を繰り返す。

10

【0132】

以上のように、本実施形態では、伝搬路のインパルス応答を用いて繰り返し処理（ターボ等化）する基地局装置300において、前記インパルス応答推定を、複数のリソースブロックにわたって配置されたパイロット信号を用いる。これにより、各リソースブロックの帯域がFFT帯域より狭い場合においても、精度よくインパルス応答を推定することが可能となる。

【0133】

（第2の実施形態）

図10は、本発明の第2の実施形態に係る通信システムにおける上りリンクr2およびr4におけるフレームフォーマットを示す図である（図1の通信システムを想定）。横軸は時間、縦軸は周波数である。図10のフレームフォーマットには、上りリンク制御チャンネル、上りリンク共通チャンネルが割当てられている。以下、図2と相違点について記す。

20

【0134】

図10において、右斜め上がりのハッチング部（サブフレーム#1のサブキャリアインデックス24~47およびサブフレーム#3のサブキャリアインデックス264~275）は、移動局装置100-1が基地局装置300に送信する情報データを割り当てるリソースエレメントである。また、塗潰し部は、移動局装置100-1が送信するパイロット信号1を配置するリソースエレメント（例えば、DMRS（Demodulation Reference Signal））である。

30

【0135】

左斜め上がりのハッチング部（サブフレーム#1のサブキャリアインデックス264~275、サブフレーム#2のサブキャリアインデックス24~47および264~275）は、移動局装置100-2が基地局装置300に送信する情報データを割り当てるリソースエレメントである。また、網掛け部は、移動局装置100-2が送信するパイロット信号2を配置するリソースエレメントである。

【0136】

なお、前記情報データおよび前記パイロット信号を割り当てるリソースエレメントのスケジューリングは、各移動局装置100が基地局装置300に送信するCQI等に基づき、基地局装置300が設定する。各移動局装置100の情報データ等を割り当てるリソースエレメントは、上りリンク制御情報チャンネルにより通知される。

40

【0137】

次に、第2の実施形態における基地局装置300の伝搬路推定について説明する。

【0138】

第2の実施形態における伝搬路推定部は、異なる周波数帯域および異なるサブフレームに配置されたパイロット信号を用いて伝搬路推定を行なう。

【0139】

第2の実施形態における伝搬路推定部304について、基地局装置300が図10のフレームフォーマットで信号を受信した場合で説明する。

【0140】

50

F F T部 3 3 1は、受信部 3 0 2から入力されるダウンコンバートした S C - F D M 信号に対して F F T 処理を行なうことにより、時間領域の信号を周波数領域に変換する。

【 0 1 4 1 】

パイロット信号抽出部 3 3 2は、前記周波数領域信号のうち、移動局装置 1 0 0 毎に、異なる周波数帯域および異なるサブフレームに配置されたパイロット信号を抽出する。

【 0 1 4 2 】

移動局装置 1 0 0 - 1のデータ信号検出時に使用する伝搬路推定値（インパルス応答推定値あるいは周波数応答推定値）を算出するために、サブフレーム # 1における第 3 および第 1 0 の S C - F D M シンボルのサブキャリアインデックス 2 4 ~ 4 7 およびサブフレーム # 3 における第 3 および第 1 0 の S C - F D M シンボルのサブキャリアインデックス 2 6 4 ~ 2 7 5 に配置したパイロット信号を抽出する。

10

【 0 1 4 3 】

また、移動局装置 1 0 0 - 2のデータ信号検出時に使用する伝搬路推定値（インパルス応答推定値あるいは周波数応答推定値）を算出するために、サブフレーム # 1における第 3 および第 1 0 の S C - F D M シンボルのサブキャリアインデックス 2 6 4 ~ 2 7 5 およびサブフレーム # 2 における第 3 および第 1 0 の S C - F D M シンボルのサブキャリアインデックス 2 4 ~ 4 7 および 2 6 4 ~ 2 7 5 に配置したパイロット信号を抽出する。

【 0 1 4 4 】

次に、パイロット周波数応答算出部 3 3 3 は前記抽出したパイロット信号と基地局装置 3 0 0 が保持している該当パイロット信号とを用いて、式 (3) に基づき、パイロット信号を配置したサブキャリアの周波数応答を算出する。

20

【 0 1 4 5 】

ここで、異なるサブフレームかつ同一のサブキャリアインデックスに配置したパイロット信号は、サブキャリア毎に重み付け合成を行なう。

【 0 1 4 6 】

サブフレーム # 1 のサブキャリアインデックス 2 6 4 ~ 2 7 5 に配置したパイロット信号並びにサブフレーム # 2 のサブキャリアインデックス 2 6 4 ~ 2 7 5 に配置したパイロット信号の両方のパイロット信号を抽出した場合、同じサブキャリアインデックスの周波数応答を重み付け合成する（等重み付け合成は平均にあたる）。これにより、該サブキャリアインデックスにおける周波数応答算出において、S N R を向上することが可能となる。

30

【 0 1 4 7 】

次に、インパルス応答推定部 3 3 4 は、前記周波数応答推定値を用いて、式 (4) に基づいて、インパルス応答を推定する。

【 0 1 4 8 】

サブフレーム # 1 に配置した移動局装置 1 0 0 - 1 のデータ信号に対する干渉除去処理に用いるインパルス応答を推定する場合、サブフレーム # 1 のサブキャリアインデックス 2 4 ~ 4 7 およびサブフレーム 3 のサブキャリアインデックス 2 6 4 ~ 2 7 5 に配置したパイロット信号により算出した周波数応答を用いる。

【 0 1 4 9 】

40

また、サブフレーム # 3 に配置した移動局装置 1 0 0 - 1 のデータ信号に対する干渉除去処理に用いるインパルス応答を推定する場合、サブフレーム # 1 のサブキャリアインデックス 2 4 ~ 4 7 およびサブフレーム # 3 のサブキャリアインデックス 2 6 4 ~ 2 7 5 に配置したパイロット信号により算出した周波数応答を用いる。

【 0 1 5 0 】

また、サブフレーム # 1 に配置した移動局装置 1 0 0 - 2 のデータ信号に対する干渉除去処理に用いるインパルス応答を推定する場合、サブフレーム # 1 のサブキャリアインデックス 2 6 4 ~ 2 7 5 およびサブフレーム # 2 のサブキャリアインデックス 2 4 ~ 4 7 および 2 6 4 ~ 2 7 5 に配置したパイロット信号により算出した周波数応答を用いる。

【 0 1 5 1 】

50

また、サブフレーム# 2に配置した移動局装置100-2のデータ信号に対する干渉除去処理に用いるインパルス応答を推定する場合、サブフレーム# 1のサブキャリアインデックス264~275およびサブフレーム# 2のサブキャリアインデックス24~47および264~275に配置したパイロット信号により算出した周波数応答を用いる。

【0152】

データ周波数応答推定部335は、前記インパルス応答推定値からデータを配置したサブキャリアの周波数応答を算出する。

【0153】

図11は、本発明におけるシステム帯域、FFT帯域およびパイロット信号帯域の関係を示す図である。図11は、図10において、移動局装置100に対するパイロット信号帯域を示している。塗潰し部はパイロット信号が配置されているリソースブロック、白抜き部はその他の信号が配置されているリソースブロックである。ここでは、FFT帯域(FFTポイント数)は2048ポイント、システム帯域幅(サブキャリア数)300とした場合である。

10

【0154】

帯域Aはサブフレーム# 1における移動局装置100が送信したパイロット信号帯域、帯域Bはサブフレーム# 2における移動局装置100が送信したパイロット信号帯域である。パイロット信号抽出部332は、前記帯域Aと帯域Bのパイロット信号を抽出する。パイロット周波数応答算出部333は、前記帯域Aと帯域Bの周波数応答を算出する。前記インパルス応答推定部334は、前記前記帯域Aと帯域Bの周波数応答に対してIFFTをすることによりインパルス応答推定を行なう。すなわち、インパルス応答推定時のパイロット信号帯域幅は帯域A+帯域Bとなり、FFT帯域幅に対する比を拡張することが可能となる。

20

【0155】

以上のように、異なる周波数帯域および異なるサブフレームから構成される複数のリソースブロックにデータ信号が配置されている場合、異なるサブフレームに配置されているパイロット信号も用いてインパルス応答推定を行なうことにより、IFFT帯域幅に対して、パイロット信号が配置された帯域幅を拡大することができる。その結果、インパルス応答推定の際、到来パスが広がることを抑圧することとなり、推定精度を向上させることが可能となる。

30

【0156】

なお、第2の実施形態における基地局装置300のその他の部位、および移動局装置100-1並びに移動局装置100-2の各部位は、第1の実施形態と同等の機能を有する。

【0157】

(第3の実施形態)

図12は、本発明の第3の実施形態に係る移動局装置500の一構成例を示すブロック図である。移動局装置500は、上位レイヤ102、シンボル生成部103、プレコーディング部501、リソースマッピング部105-m、IFFT(逆高速フーリエ変換)部106-m、GI挿入部107-m、送信部108-mおよびパイロットシンボル生成部109、制御シンボル生成部110を含んで構成され、送信部108-mに送信アンテナ部101mが接続されている。また、移動局装置500は、受信部122、制御信号検出部123を含んで構成され、受信部122に受信アンテナ部121が接続されている。ここで、mは送信アンテナ数である。図12では、m=2の場合である。

40

【0158】

第3の実施形態に係る移動局装置500は、第1の実施形態に係る移動局装置100と、プレコーディング部501を追加し、前記プレコーディング部501のプレコーディング処理に基づいて、リソースマッピング部105-m、IFFT(逆高速フーリエ変換)部106-m、GI挿入部107-m、送信部108-mおよび送信アンテナ部101mの個数が設定されることが異なる。以下異なる部位を中心に説明する。

50

【0159】

プレコーディング部501は、シンボル生成部103が出力するデータ変調シンボルのスペクトル、パイロットシンボル生成部109が出力するパイロット信号、および制御シンボル生成部110が出力する制御信号（以下、これら全てを指す場合は、スペクトル等と呼ぶ。）に、移動局装置固有（ユーザ固有）のプレコーディング行列を乗算する。

【0160】

図13は、プレコーディング行列の一例を示す図である。スペクトル等の一つの入力に対して、図13の行列が乗算されることにより、プレコーディングされた2つのスペクトル等が出力される。この出力数に基づいて、リソースマッピング部105-m、IFFT（逆高速フーリエ変換）部106-m、GI挿入部107-m、送信部108-mおよび送信アンテナ部101 mの個数が設定される。

10

【0161】

乗算するプレコーディング行列は、本発明の通信システムにおいて既知であり、移動局装置500が基地局装置300から受信する下りリンク制御チャネルにより通知される。基地局装置300は、移動局装置500が送信するパイロット信号を用いた伝搬路推定結果から、各移動局装置500が送信するスペクトル等に乗算するプレコーディング行列を選定する。例えば、基地局装置300は、前記伝搬路推定結果から、プレコーディング行列を乗算することによりコーディングゲインが大きくなる行列を選定する。すなわち、前記伝搬路推定結果とコーディング行列とが同相となる行列を選定する。

【0162】

リソースマッピング部105-mは、プレコーディング部501が出力するプレコーディング後のスペクトル等を、上位レイヤ102から通知される信号割当情報に基づいて、リソースにマッピングする。例えば、図10のフレームフォーマットで送信する場合、プレコーディング後のスペクトルは、サブフレーム#1のサブキャリアインデックス#24~#47およびサブフレーム#3のサブキャリアインデックス#264~#275に配置される。リソースマッピング部105-mが出力する信号は、IFFT（逆高速フーリエ変換）部106-m、GI挿入部107-m、送信部108-mおよび送信アンテナ部101 mにおいて、第1の実施形態で示した処理と同等の処理を行なう。

20

【0163】

次に、本発明の第3の実施形態に係る基地局装置300について説明する。第3の実施形態に係る基地局装置300は、第1の実施形態に係る基地局装置300と同等の構成を有する。

30

【0164】

第3の実施形態に係る基地局装置300は、図12の移動局装置500が送信アンテナ部101-1および送信アンテナ部101-2から出力したSC-FDM信号を受信アンテナ部301で受信することになる。基地局装置300は、移動局装置500に対してプレコーディングゲインが大きくなるプレコーディング行列を通知し、前記プレコーディング行列によりプレコーディングされたSC-FDM信号を受信するから、ダイバーシチゲインをえることができる。すなわち、パイロット信号においても、ダイバーシチゲインを得ることができる。

40

【0165】

第3の実施形態に係る基地局装置300が具備する伝搬路推定部304は、第1の実施形態で示した処理により、インパルス応答推定、周波数応答推定が行なわれる。第3の実施形態に係る実施形態では、前記ダイバーシチゲインを得たパイロット信号を用いてインパルス応答推定、周波数応答推定されることになる。

【0166】

以上のように、本実施形態では、伝搬路のインパルス応答を用いて繰り返し処理（ターボ等化）する基地局装置300において、前記インパルス応答推定を、複数のリソースブロックにわたって配置されたパイロット信号であって、プレコーディング行列が乗算されたパイロット信号を用いる。これにより、IFFT帯域幅に対して、高ゲインのパイロ

50

ト信号が配置された帯域幅を拡大することができる。その結果、インパルス応答推定の際、到来パスが広がることを抑圧することとなり、推定精度を向上させることが可能となる。

【0167】

(第4の実施形態)

本発明の第4の実施形態に係る通信システムでは、図1において、移動局装置100は基地局装置300とハイブリッド自動再送要求HARQ (Hybrid Automatic Repeat request) によりデータ信号を送信する。

【0168】

本発明の第4の実施形態に係る移動局装置100は、第1の実施形態に係る移動局装置100の上位レイヤ102、符号部111、制御シンボル生成部110、制御信号検出部123の機能が異なる。その他の部位については、同様の機能を有する。以下異なる部位を中心に説明する。

【0169】

制御信号検出部123は、前記受信部122が出力した基地局装置300が送信した制御信号に対して復調処理、復号処理などを行ない、下りリンク共通チャネル(PDSCH)、下りリンク制御チャネル(PDCCH)、同期チャネル(SCH)のいずれかに含まれる応答信号(ACK/NACK信号)を検出する。応答信号とは、移動局装置100が基地局装置300に対して送信したデータ信号が誤りなく受信できたか否かを通知する信号である。

【0170】

上位レイヤ102は、前記制御信号検出部123から入力された上記チャネルのいずれかに含まれる各基地局装置300へ送信する上りリンクのデータ信号のパラメータ(MCS、空間多重数、パイロット信号系列、周波数割当など)を取得する。また、上位レイヤ102は制御信号検出部123により検出された応答信号により、再送の要否を取得するとともに、その再送回数について算出する。具体的には、正しく受信した旨の応答信号(ACK信号)を得た場合には、新たな情報データを符号部111に入力するとともに、その旨を符号部111に通知する。一方、正しく受信できなかった旨の応答信号(NACK信号)を得た場合には、その旨を符号部111に通知する。

【0171】

また、上位レイヤ102は、情報データに対するMCS情報、ランク情報など各種制御データに加え、前記再送回数を制御シンボル生成部110に入力する。

【0172】

図14は、本発明の第4の実施形態に係る符号部111の一構成例を示すブロック図である。符号部111は、誤り検出符号化部601、誤り訂正符号化部603、符号化ビット記憶部605、パンクチャ部607から構成される。

【0173】

誤り検出符号化部601は、情報データを受信した基地局装置300において、誤りがあるか否かを検出できるように、情報データにCRC (Cyclic Redundancy Check : 巡回冗長検査) などの誤り検出符号化を行ない、誤り検出ビットを情報データに付加して出力する。誤り訂正符号化部603は、誤り検出符号化部601からの出力データに対して、ターボ符号、畳み込み符号、LDPC (Low Density Parity Check : 低密度パリティ検査) 符号などの誤り訂正符号化を行なう。

【0174】

図15は、誤り訂正符号化部603が、符号化率 $R = 1/3$ で誤り訂正符号化する際の符号化方式として、ターボ符号を適用した場合の誤り訂正符号化部603の内部構成を示す図である。誤り訂正符号化部603は、内部符号器611-1、611-2、内部インターバ613を具備し、誤り検出符号化部601からの誤り検出符号化された情報ビット系列が入力されると、誤り訂正符号化部603は、システムティックビット x 、パリティビット z 、パリティビット z' の3種類の情報ビット系列を出力する。ここで、シス

10

20

30

40

50

システムティックビット x は、誤り検出符号化部 601 から入力されたビット系列そのものである。パリティビット z は誤り検出符号化部 601 からのビット系列を内部符号器 611 - 1 が符号化処理を行なった出力結果である。パリティビット z' は誤り検出符号化部 601 からのビット系列をまず内部インターリーブ部 613 がインターリーブ処理し、このインターリーブ処理した結果を入力された内部符号器 611 - 2 が符号化処理を行なった出力結果である。ここで、内部符号器 611 - 1 と内部符号器 611 - 2 は同じ符号化方式の符号化を行なう同様の符号器でもよいし、異なる符号器であっても良い。好ましくは、内部符号器 611 - 1、内部符号器 611 - 2 とともに再帰的畳み込み符号器を用いる。以降では、誤り訂正符号化部 603 は、図 15 に示す構成でターボ符号を用いた場合で説明する。

10

【0175】

図 14 に戻り、パンクチャ部 607 は、誤り訂正符号化部 603 からの出力である符号化ビットを、保持しているある所定のパターン群に基づいて、ビットを間引き（パンクチャ処理と呼ぶ。）、送信するデータ量を制御する（符号化率を制御する）。また、パンクチャ部 607 は、NACK 信号が入力された場合には、符号化ビット記憶部 605 に格納されている符号化ビットについて、前述のある所定のパターン群に基づいてパンクチャ処理を行なう。この、パンクチャ部 607 が保持しているある所定のパターン群については、後述する。符号化ビット記憶部 605 は、誤り訂正符号化部 603 で生成した符号化ビットを記憶し、パンクチャ部 607 から要求があった場合に、記憶している要求に該当する符号化ビットを出力する。なお、符号化ビット記憶部 605 に上位レイヤ 102 からの

20

【0176】

図 16 は、パンクチャ部 607 が保持する前述のある所定のパターン群の例を示す図である。図 16 には、図 15 に示した誤り訂正符号化部 603 が、符号化率 $R = 1/3$ でターボ符号化した後、パンクチャ部 607 が、符号化率 $R = 1/2$ 、あるいは $R = 3/4$ にパンクチャ処理を行なう場合に、このパンクチャ処理に用いられるパンクチャパターンの例を示す。図 16 において、 x は、誤り検出符号化部 601 から誤り訂正符号化部 603 に入力されたデータ、すなわち誤り検出ビットと情報データとからなるシステムティックビットに対するパンクチャ処理を表すビット列である。このビット列 x において、'1' は該当位置のビットを残し、'0' は該当位置のビットを間引くことを表す。

30

【0177】

z 、 z' は、誤り訂正符号化部 603 がシステムティックビットから生成した冗長ビット（図 15 のパリティビット z 、パリティビット z' ）に対するパンクチャ処理を表すビット列である。ビット列 z 、 z' の各ビットの値 '1'、'0' は、ビット列 x と同様に残すビットと間引くビットとを表す。パンクチャ部 607 は、これらのビット列 x 、 z 、 z' で表されるパンクチャ処理を、誤り訂正符号化部 603 あるいは符号化ビット記憶部 605 が出力したシステムティックビットと冗長ビットとに対して行ない、図 16 に示すパンクチャパターンにて「1」となっているビット位置のビットを出力する。

40

【0178】

なお、図 16 のパンクチャパターン群は、一例であり、パンクチャパターン群のうち、一部のパターンのみシステムティックビットを残すパターンであるパターン群（HARQ type II に対応したパターン）や、全てのパターンが必ずシステムティックビットを残すパターンであるパターン群（HARQ type III に対応したパターン）などであってもよい。

【0179】

ハイブリッド自動再送要求 HARQ における代表的な再送の仕方には、Chase 合成 CC（Chase Combining）と、増加冗長 IR（Incremental Redundancy）とがある。再送の仕方として Chase 合成 CC が適用されている場合、初送信号のデータに対して、パンクチャ部 607 は、例えば、図 16 の $R = 3/4$ のパターン 1 にしたがってパンクチャ

50

処理を行ない、図16の「1」で示したビットのみを出力する。パターン1でパンクチャ処理したパンクチャ部607からの出力信号は、シンボル生成部103その他処理が行なわれた後、送信部108-1により送信アンテナ部101-1から送信される。そして、この初送信号に対する応答信号としてNACK信号が入力された場合（再送要求された場合）、パンクチャ部607は、符号化ビット記憶部605から該初送信号で送信した情報データの符号化ビットを呼び出し、該初送信号と同じパターン1でパンクチャ処理を行なった信号を再送信号として出力する。

【0180】

このように、チェース合成CCでは、パンクチャ部607は、ACK信号が入力されるまで、初送信号と同じパターンでパンクチャした信号の出力を続ける。そして、ACK信号が入力されると、さきの初送信号にて送信した情報データとは異なる次の情報データに関する誤り訂正符号化部603の出力データに対してパターン1あるいはパターン2に基づいてパンクチャ処理を行なう。

10

【0181】

一方、ハイブリッド自動再送要求HARQの再送の仕方として増加冗長IRが適用されている場合、初送信号のデータに対して、パンクチャ部607は、例えば、図16のR=3/4のパターン1にしたがってパンクチャ処理を行ない、図16の「1」で示したビットのみを出力する。パターン1でパンクチャ処理したパンクチャ部607からの出力信号は、シンボル生成部103その他処理が行なわれた後、送信部108-1により送信アンテナ部101-1から送信される。そして、この初送信号に対する応答信号としてNACK信号が入力された場合（再送要求された場合）、パンクチャ部607は、符号化ビット記憶部605から該初送信号で送信したデータの符号化ビットを呼び出し、こんどは図16のR=3/4のパターン2でパンクチャ処理を行なった信号を再送信号として出力する。

20

【0182】

このように、パンクチャ部607は、ACK信号が入力されるまで、パターン1でパンクチャした信号と、パターン2でパンクチャした信号とを交互に出力し続ける。そして、ACK信号が入力されると、さきの初送パケット信号にて送信した情報データとは異なる次の情報データに対する誤り訂正符号化部603の出力データに対してパターン1に基づいてパンクチャ処理を行なう。なお、ある所定回数のNACK信号が入力されたら、それ以上再送せず、異なる次の情報データに対する誤り訂正符号化部603の出力データを送信するようにしてもよい。

30

【0183】

制御シンボル生成部110は、第1の実施形態における制御シンボル生成部110に機能に加え、上位レイヤ102から入力される再送回数に関する情報を示す制御データを誤り訂正符号化、変調マッピングし、制御シンボルを生成する。

【0184】

図17は、本発明の第4の実施形態に係る基地局装置700の一構成例を示すブロック図である。第4の実施形態に係る基地局装置700は、第1の実施形態に係る基地局装置300から、合成部701-n、LLR記憶部703-n、伝搬路記憶部705が追加されている。また、伝搬路推定部304、上位レイヤ310の機能が異なる。以下、異なる部位を中心説明する。

40

【0185】

合成部701-nは、デインターリーブ部322-nから初送信号に対する復調後の軟判定結果（対数尤度比LLR）が入力された場合、特に処理は行なわず、前記入力信号を復号部323-nに出力する。一方、デインターリーブ部322-nから再送信号に対する復調後の軟判定結果が入力された場合、前記入力された復調後の軟判定結果とLLR記憶部703-nに格納されている初送信号および再送信号の復調後の軟判定結果と合成処理を行なう。

【0186】

50

例えば、 p 回目の再送信号に対する復調後の軟判定結果が入力された場合、前記 p 回目の再送信号に対する復調後の軟判定結果と LLR 記憶部 703 - n からの $1 \sim p - 1$ 回目の再送信号（初送信号を含む）に対する復調後の軟判定結果との合成を行なう。 p 回目の再送信号を受信した場合のインターリーブ部 322 - n からの出力を $g_p(m)$ （ただし、 m は符号化データのインデックスで、最大値は、符号化サイズ）とすると、第 p 回目のパケット信号を受信した場合の合成部出力信号 λ_p は式 (11) となる。

【0187】

【数11】

$$\lambda_p = \sum_{u=1}^p g_u(m) \quad \text{式 (11)}$$

10

なお、上記では、すべての再送パケットの信号を合成する場合を示しているが、再送パケットの信号のいずれかのみでの合成も可能である。

【0188】

LLR 記憶部 703 - n は、デインターリーブ部 322 - n が出力する復調後の軟判定結果を格納する。また、LLR 記憶部 703 - n は、デインターリーブ部 322 - n が再送信号に対する復調後の軟判定結果を合成部 701 - n に入力した場合、合成部 701 - n に前記再送信号に対する初送信号および既受信した再送信号を合成部 701 - n に出力する。

20

【0189】

伝搬路推定部 304 は、基地局装置 700 が再送信号を受信した場合、前記再送信号に対する初送信号および既受信した再送信号の受信時に算出したパイロット周波数応答を用いて該再送信号時のインパルス応答を推定する。

【0190】

図 18 は、第 4 の実施形態における伝搬路推定部 304 の概略構成を示す図である。第 4 の実施形態における伝搬路推定部 304 は、第 1 の実施形態における伝搬路推定部 304 とインパルス応答推定部 334 の機能が異なる。

【0191】

インパルス応答推定部 334 は、受信部 302 から伝搬路推定部 304 に初送信号に含まれるパイロット信号が入力された場合、パイロット周波数応答算出部 333 から出力される周波数応答のみを用いてインパルス応答を推定する。

30

【0192】

また、インパルス応答推定部 334 は、受信部 302 から伝搬路推定部 304 に再送信号に含まれるパイロット信号が入力された場合、パイロット周波数応答算出部 333 から出力される周波数応答と前記再送信号に対する初送信号および既受信した再送信号の受信時に算出したパイロット周波数応答を用いてインパルス応答を推定する。

【0193】

前記再送信号に対する初送信号および既受信した再送信号の受信時に算出したパイロット周波数応答は、伝搬路記憶部 705 に格納されている。

40

【0194】

図 19 は、移動局装置 100 と基地局装置 700 との間でハイブリッド自動再送要求 HARQ を行なう通信システムのシーケンスの一例を示す図である。まず、移動局装置 100 は、初送信号を生成し、基地局装置 700 に送信する（ステップ S301）。図 20 は、初送信号において、データ信号、パイロット信号および制御信号の割当の一例を示す図である。制御信号は、サブフレームを構成する全 SC-FDM シンボルのサブキャリアインデックス 0 ~ 23 および 276 ~ 299 に配置されている。パイロット信号は、サブフレームを構成する第 3 および第 10 の SC-FDM シンボルのサブキャリアインデックス 24 ~ 47 に配置されている（塗潰し部）。データ信号は、前記パイロットシンボルが配

50

置されたSC-FDMシンボルを除いたSC-FDMシンボルのサブキャリアインデックス24～47に配置されている（左斜め上がりのハッチング部）。

【0195】

次に、基地局装置700は、図20のフォーマットにより移動局装置100の初送信号を受信すると、前記初送信号に対して干渉除去処理、復調処理、復号処理等を行なう（ステップS302）。この際、干渉除去処理および復調処理で用いる伝搬路のインパルス応答および周波数応答は、第3および第10のSC-FDMシンボルのサブキャリアインデックス24～47に配置されているパイロット信号を用いて行なう。

【0196】

次に、基地局装置700は、ステップS302における復号結果を移動局装置100に送信する。前記復号結果に誤りがある場合は、正しく受信できなかった旨の応答信号（NACK）を生成し（ステップS303）、移動局装置100に送信する（ステップS304）。誤りがない場合は、正しく受信できた旨の応答信号（ACK）を生成し（ステップS303）、移動局装置100に送信する（ステップS304）。図19は、NACK信号を送信した場合を示している。

【0197】

次に、移動局装置100は、ステップS304においてNACK信号を受信すると、前記初送信号に対する再送信号を生成し（ステップS305）、基地局装置700に送信する（ステップS306）。図21は、再送信号において、データ信号、パイロット信号および制御信号の割当の一例を示す図である。制御信号は、サブフレームを構成する全SC-FDMシンボルのサブキャリアインデックス0～23および276～299に配置されている。パイロット信号は、サブフレームを構成する第3および第10のSC-FDMシンボルのサブキャリアインデックス24～35および264～275に配置されている（塗潰し部）。データ信号は、前記パイロットシンボルが配置されたSC-FDMシンボルを除いたSC-FDMシンボルのサブキャリアインデックス24～35および264～275に配置されている（左斜め上がりのハッチング部）。

【0198】

次に、基地局装置700は、図21のフォーマットにより移動局装置100の再送信号を受信すると、前記再送信号に対して干渉除去処理、復調処理、復号処理等を行なう（ステップS307）。この際、干渉除去処理および復調処理で用いる伝搬路のインパルス応答および周波数応答は、図20の第3および第10のSC-FDMシンボルのサブキャリアインデックス24～47に配置されているパイロット信号および図21の第3および第10のSC-FDMシンボルのサブキャリアインデックス24～35並びに264～275を用いて行なう。

【0199】

図22は、ステップS307において干渉除去処理、復調処理、復号処理等を行なう際のインパルス応答推定に用いるパイロット信号配置を示す図である。FFT帯域は2048FFTポイント、システム帯域はサブキャリア数300とした場合である。塗潰し部は、伝搬路推定に使用するパイロット信号、白抜き部はヌルを示す。図22のパイロット配置に従い、IFFT処理を行なうことによりインパルス応答推定を行なう。

【0200】

なお、初送信号パイロット信号と再送信号パイロット信号の重複帯域においては、両パイロット信号を重み付け合成してもよいし、一方のみを用いてもよい。

【0201】

上位レイヤ310では、移動局装置100-1および100-2が基地局装置700に送信するデータ信号のMCS、ランク情報、スケジューリング（リソースブロック割当）を、移動局装置100が送信する上り制御チャネルのCQI、RIなどにより決定する。第4の実施形態における上位レイヤ310では、前記情報に加えて、初送のデータ信号のスケジューリングを考慮することができる。

【0202】

10

20

30

40

50

具体的には、初送において、移動局装置 100 が送信するデータ信号が図 20 のリソース割当（サブキャリアインデックス 24 ~ 47）されている場合、再送では、サブキャリアインデックス 48 ~ 275 に優先的に割当てて。

【0203】

これにより、再送時において、初送および再送において送信されたパイロット信号を用いることで、パイロット信号帯域を広げることが可能となる。

【0204】

以上のように、再送信号時において、初送信号時に配置されたパイロット信号を用いてインパルス応答推定する。これにより、再送時において、FFT 帯域幅に対して、パイロット信号を配置した帯域を拡大することができる。その結果、インパルス応答推定の際、到来パスが広がることを抑圧することとなり、推定精度を向上させることが可能となる。そして、インパルス応答の推定精度が向上すると、再送時の受信性能が向上する。再送時の受信性能が向上すると、ハイブリッド自動再送要求 HARQ の再送回数を低減でき、伝送効率の向上が可能となる。

10

【0205】

以上のような本願発明の特徴的な動作は、コンピュータにプログラムを実行させることによっても行わせることが可能である。すなわち、本実施形態に係る受信装置の制御プログラムは、FFT (Fast Fourier Transform) を行なう帯域よりも狭い帯域に配置されたパイロット信号を用いてインパルス応答の推定を行なう受信装置の制御プログラムであって、所定のリソース単位で割り当てられた情報データおよびパイロット信号を受信する処理と、前記パイロット信号を用いて伝搬路推定値を算出する処理と、前記情報データを検出する処理と、前記情報データ信号を送信した送信装置と同一の送信装置が送信したパイロット信号であって、前記情報データ信号が割り当てられたリソースとは異なるリソースに属するパイロット信号を用いて、インパルス応答の推定を行なう処理と、の一連の処理を、コンピュータに読み取り可能および実行可能にコマンド化したことを特徴とする。

20

【0206】

このように、情報データ信号が割り当てられたリソースとは異なるリソースに属するパイロット信号を用いて、インパルス応答の推定を行なうので、FFT を行なう帯域よりも狭い帯域にパイロット信号が配置された場合であっても、伝搬路推定の精度を維持することが可能となる。

30

【0207】

また、本実施形態に係る受信装置の制御プログラムは、初送および前記初送に対する再送において、所定のリソース単位で割り当てられた情報データおよびパイロット信号を受信する処理と、前記初送および前記再送で受信したパイロット信号を用いて、インパルス応答の推定を行なう処理と、を更に含むことを特徴とする。

【0208】

このように、初送および再送で受信したパイロット信号を用いて、インパルス応答の推定を行なうので、再送時において、FFT を行なう帯域幅に対して、パイロット信号を配置した帯域を拡大することが可能となる。その結果、インパルス応答を推定する際に、到来パスが広がることを抑制することが可能となり、伝搬路推定精度を向上させることが可能となる。このようにインパルス応答の推定精度が向上すると、再送時の受信性能が向上するので、例えば、ハイブリッド ARQ の再送回数を低減することができ、伝送効率の向上を図ることが可能となる。

40

【0209】

なお、上記の実施の形態において、添付図面に図示されている構成等については、これらに限定されるものではなく、本発明の効果を発揮する範囲内で適宜変更することが可能である。その他、本発明の目的の範囲を逸脱しない限りにおいて適宜変更して実施することが可能である。

【0210】

また、本実施の形態で説明した機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取

50

り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することにより各部の処理を行なってもよい。尚、ここでいう「コンピュータシステム」とは、OSや周辺機器等のハードウェアを含むものとする。

【0211】

また、「コンピュータシステム」は、WWWシステムを利用している場合であれば、ホームページ提供環境（あるいは表示環境）も含むものとする。

【0212】

また、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、ROM、CD-ROM等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことをいう。さらに「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、インターネット等のネットワークや電話回線等の通信回線を介してプログラムを送信する場合の通信線のように、短時間の間、動的にプログラムを保持するもの、その場合のサーバやクライアントとなるコンピュータシステム内部の揮発性メモリのように、一定時間プログラムを保持しているものも含むものとする。また前記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであっても良く、さらに前述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるものであっても良い。

【0213】

また、図3、図12、図14、図15における送信装置の全部または一部と、図4、図5、図7、図8、図17、図18における受信装置の全部または一部の機能を集積回路に集約して実現してもよい。送信装置および受信装置の各機能ブロックは個別にチップ化してもよいし、一部、または全部を集積してチップ化してもよい。また、チップ化した送信装置および受信装置の各機能ブロックに対して制御を行なうチップ制御回路を集積してもよい。上記チップ制御回路は、少なくとも干渉除去部305に対して制御を行なう。指定、集積回路化の手法はLSIに限らず専用回路、または汎用プロセッサで実現しても良い。また、半導体技術の進歩によりLSIに代替する集積回路化の技術が出現した場合、当該技術による集積回路を用いることも可能である。

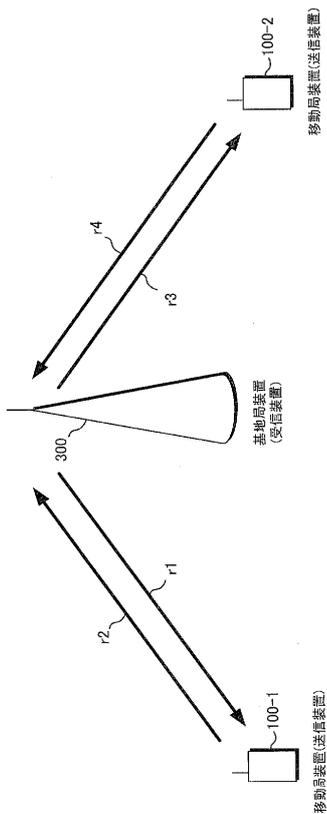
【符号の説明】

【0214】

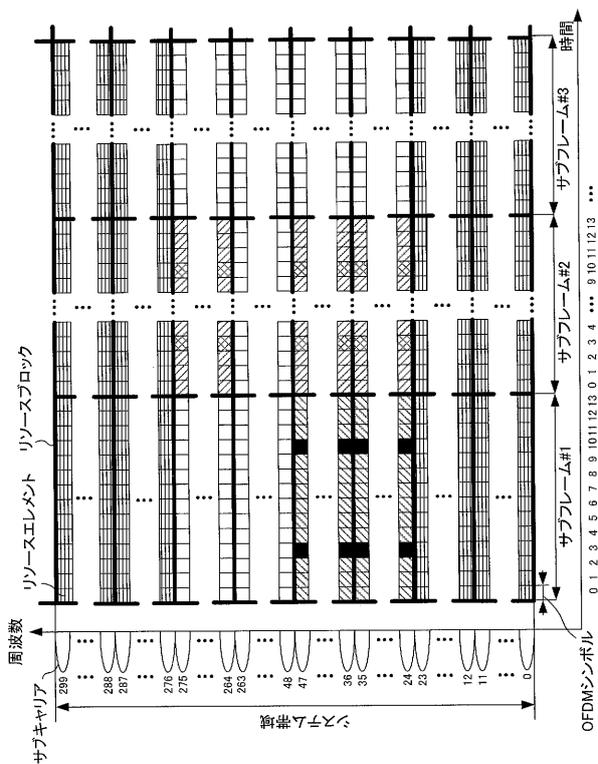
100、100-1、100-2	移動局装置	30
101、101-1、101-m	送信アンテナ部	
102	上位レイヤ	
103	シンボル生成部	
105、105-1、105-2、105-m	リソースマッピング部	
106-1、106-2	IFFT部	
107-1、107-2	GI挿入部	
108-1、108-2	送信部	
109	パイロットシンボル生成部	
110	制御シンボル生成部	
111	符号部	40
112	インターリーブ部	
113	変調部	
114	DFT部	
121	受信アンテナ部	
122	受信部	
123	制御信号検出部	
300	基地局装置	
301	受信アンテナ部	
302	受信部	
303	受信信号記憶部	50

3 0 4	伝搬路推定部	
3 0 5	干渉除去部	
3 0 6	G I 除去部	
3 0 7	F F T 部	
3 0 8	伝搬路補償部	
3 0 9 - 1、3 0 9 - 2	信号検出部	
3 1 0	上位レイヤ	
3 1 1	送信アンテナ部	
3 1 2	制御信号生成部	
3 1 3	送信部	10
3 2 0 - 1、3 2 0 - 2	I D F T 部	
3 2 1 - 1、3 2 1 - 2	復調部	
3 2 2 - 1、3 2 2 - 2	デインターリーブ部	
3 2 3 - 1、3 2 3 - 2	復号部	
3 3 1	F F T 部	
3 3 2	パイロット信号抽出部	
3 3 3	パイロット周波数応答算出部	
3 3 4	インパルス応答推定部	
3 3 5	データ周波数応答推定部	
3 4 1	減算部	20
3 4 2	レプリカ生成部	
3 5 1 - 1、3 5 1 - 2	インターリーブ部	
3 5 2 - 1、3 5 2 - 2	シンボルレプリカ生成部	
3 5 3 - 1、3 5 3 - 2	D F T 部	
3 5 4 - 1、3 5 4 - 2	I F F T 部	
3 5 5 - 1、3 5 5 - 2	G I 挿入部	
3 5 6	干渉レプリカ生成部	
5 0 0	移動局装置	
5 0 1	プレコーディング部	
6 0 1	誤り検出符号化部	30
6 0 3	誤り訂正符号化部	
6 0 5	符号化ビット記憶部	
6 0 7	パンクチャ部	
6 1 1、6 1 1 - 1、6 1 1 - 2	内部符号器	
6 1 3	内部インターリーバ	
7 0 0	基地局装置	
7 0 1 - 1、7 0 1 - 2、7 0 1 - n	合成部	
7 0 3 - 1、7 0 3 - 2、7 0 3 - n	L L R 記憶部	
7 0 5	伝搬路記憶部	40

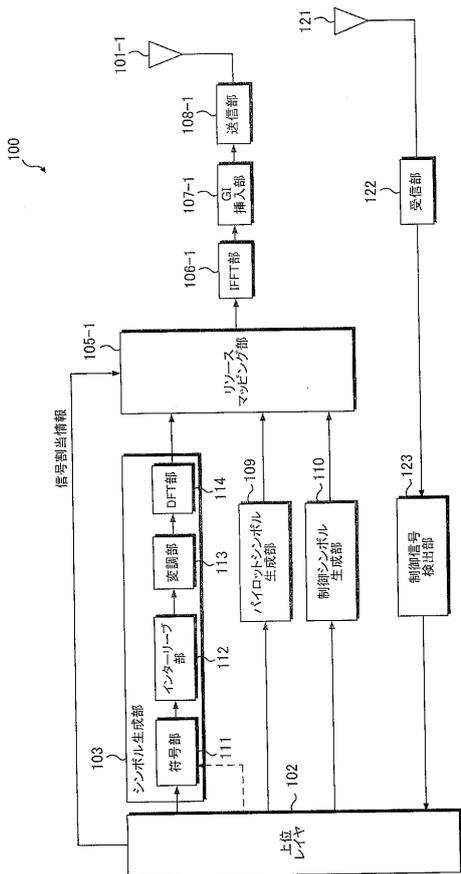
【図1】



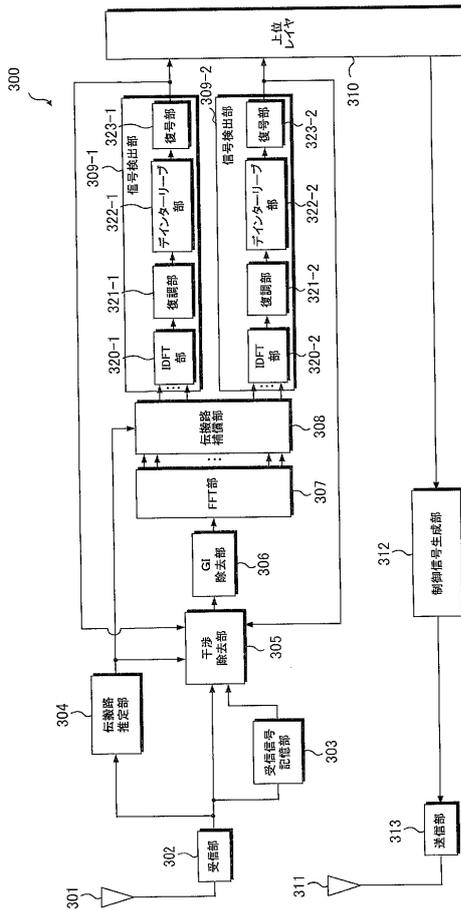
【図2】



【図3】



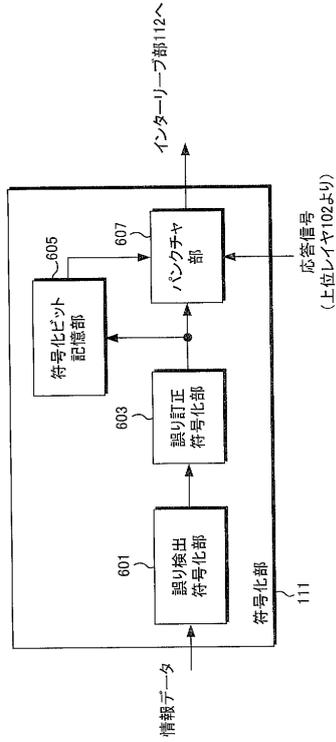
【図4】



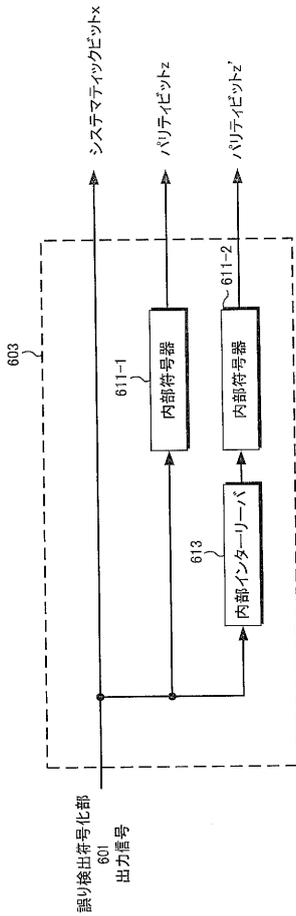
【図 1 3】

Index	
0	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$
1	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}$
2	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ j \end{bmatrix}$
3	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -j \end{bmatrix}$
4	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$
5	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$

【図 1 4】



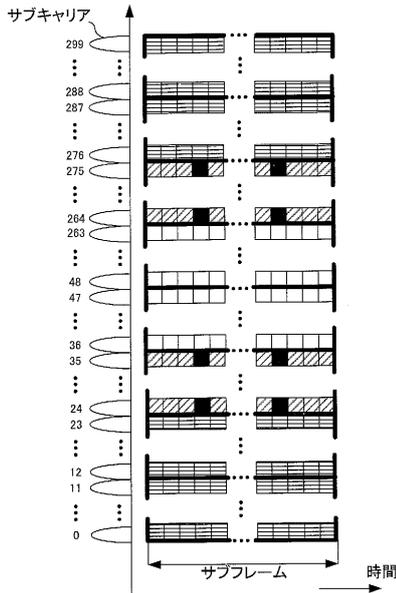
【図 1 5】



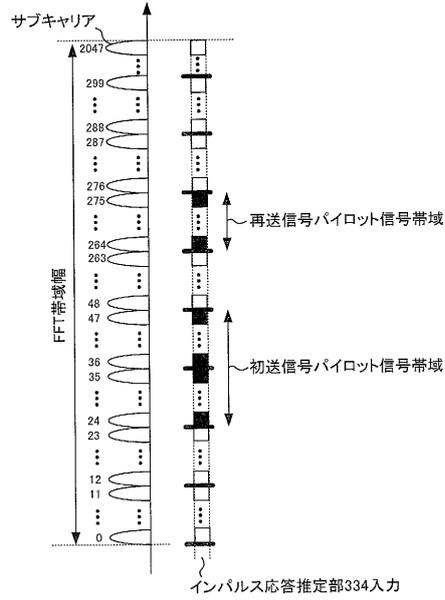
【図 1 6】

	R=1/2	R=3/4
パターン1	$\begin{pmatrix} x \\ z \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 11 \\ 10 \\ 01 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} x \\ z \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 111111 \\ 100000 \\ 000100 \end{pmatrix}$
パターン2	$\begin{pmatrix} x \\ z \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 11 \\ 01 \\ 10 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} x \\ z \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 000000 \\ 011110 \\ 110011 \end{pmatrix}$

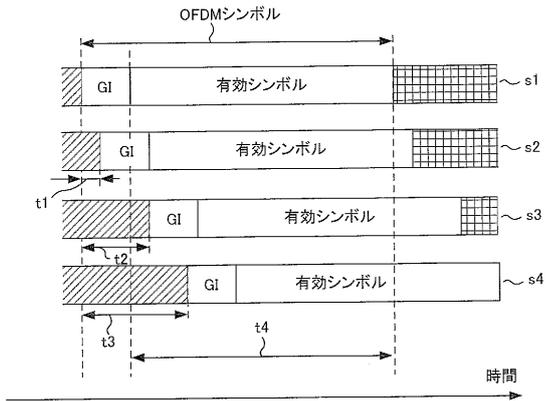
【図 2 1】



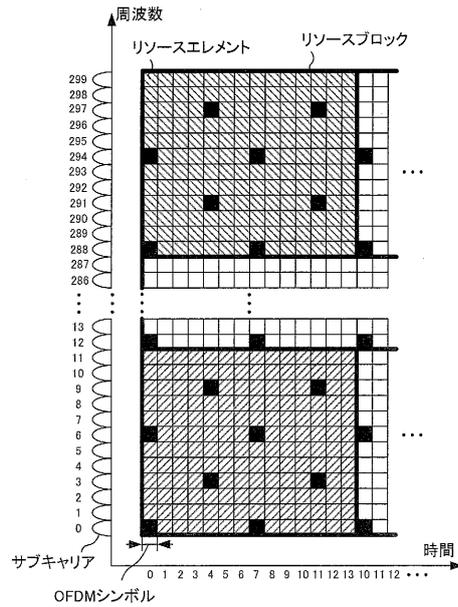
【図 2 2】



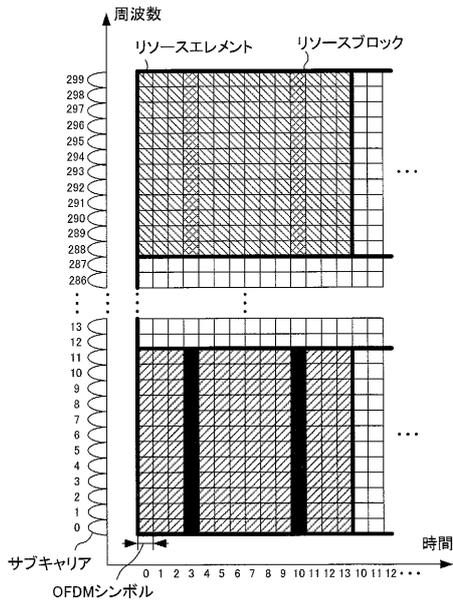
【図 2 3】



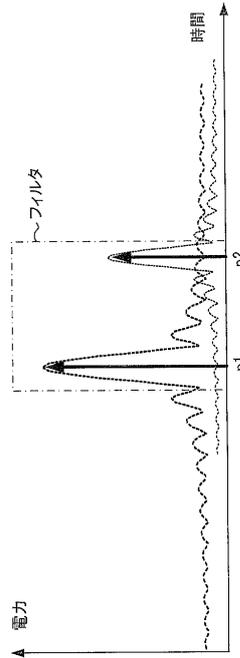
【図 2 4】



【 図 2 5 】



【 図 2 6 】



フロントページの続き

(72)発明者 加藤 勝也

大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号 シャープ株式会社内

Fターム(参考) 5K022 DD01 DD13 DD18 DD19 DD33