

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5605897号
(P5605897)

(45) 発行日 平成26年10月15日(2014.10.15)

(24) 登録日 平成26年9月5日(2014.9.5)

(51) Int. Cl. F I
H04 J 11/00 (2006.01) H04 J 11/00 Z

請求項の数 14 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2010-127264 (P2010-127264)	(73) 特許権者	593081408
(22) 出願日	平成22年6月2日(2010.6.2)		ソニー ヨーロッパ リミテッド
(65) 公開番号	特開2010-283822 (P2010-283822A)		イギリス国 サリー, ウェブリッジ, プ
(43) 公開日	平成22年12月16日(2010.12.16)		ルックランズ, ザ ハイツ (番地なし)
審査請求日	平成25年3月12日(2013.3.12)	(74) 代理人	100104215
(31) 優先権主張番号	0909579.5		弁理士 大森 純一
(32) 優先日	平成21年6月3日(2009.6.3)	(74) 代理人	100117330
(33) 優先権主張国	英国 (GB)		弁理士 折居 章
		(72) 発明者	オビオマ チェドジー ドナルド オケヒ
			ー
			イギリス サリー アールエイチ1 3ジ
			ューエス レッドヒル マーズサム ハド
			ルストーン クレセント 26

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 受信装置及び受信方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

データを送信する複数のデータサブキャリアと、パイロットサブキャリアパターンに従って直交周波数分割多重(OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing)シンボル内に配置された、パイロットデータを送信する複数のパイロットサブキャリアとをそれぞれ有し、チャンネルを介して送信された一連の複数のOFDMシンボルを受信する受信装置であって、

前記各OFDMシンボルの前記パイロットサブキャリアから前記パイロットデータを抽出するパイロットデータ抽出部と、

前記パイロットサブキャリアから抽出された前記パイロットデータに基づいて、外挿パイロットデータを生成するパイロットデータ外挿部と、

前記外挿パイロットデータを時間領域及び周波数領域において補間することにより、前記パイロットデータを処理して、前記チャンネルのチャンネル推定値を生成するパイロットデータ補間部と

を有するチャンネル推定部と、

第1のOFDMシンボル上での前記パイロットサブキャリアの分散が、当該第1のOFDMシンボルよりも前に受信された第2のOFDMシンボル上でのパイロットサブキャリアの分散に関する前記パイロットサブキャリアパターンに対応していないことによって生じる、前記パイロットサブキャリアパターンにおける不連続性を検出する不連続性検出部と、

10

20

前記不連続性検出部により前記パイロットデータにおける不連続性が検出されると、前記チャンネル推定部に制御信号を提供することで、前記パイロットデータ抽出部に、前記第1のOFDMシンボルが前記第2のOFDMシンボルのパイロットサブキャリアパターンに準拠していた場合に前記パイロットデータが位置していたはずのサブキャリアからではなく、前記第1のOFDMシンボルの前記パイロットサブキャリアから前記パイロットデータを抽出させる制御部と

を具備する受信装置。

【請求項2】

請求項1に記載の受信装置であって、

前記不連続性検出部は、前記パイロットデータ外挿部の初期化によって前記外挿パイロットデータの生成に遅延が生じるために発生する、前記パイロットデータ補間部によって処理されたパイロットデータにおける不連続性を検出し、

前記制御部は、前記チャンネル推定部に前記制御信号を送信することで、前記パイロットデータ補間部に、以前の外挿パイロットデータと現在の外挿パイロットデータとの間の補間に基づくチャンネル推定を一時停止させ、少なくとも、前記パイロットデータ外挿部が外挿パイロットデータの生成を開始するために十分な数のOFDMシンボルを受信するのに必要とされる期間に対応する所定期間の間、外挿パイロットデータ間の周波数補間のみを行なわせることにより、前記チャンネル推定値を生成させる

受信装置。

【請求項3】

請求項1に記載の受信装置であって、

前記不連続性検出部は、前記受信された一連のOFDMシンボルの前記パイロットサブキャリアパターンにおける不連続性を検出し、

前記制御部は、前記不連続性検出部により前記パイロットサブキャリアパターンにおける不連続性が検出されると、前記チャンネル推定部に前記制御信号を送信することで、前記パイロットデータ抽出部、前記パイロットデータ外挿部、及び前記パイロットデータ補間部の動作を、複数のOFDMシンボルに対応する所定期間の間、一時停止させ、前記パイロットサブキャリアパターンにおける不連続性を有するOFDMシンボルが前記チャンネル推定部によって処理されないようにする

受信装置。

【請求項4】

請求項3に記載の受信装置であって、

前記パイロットサブキャリアパターンにおける不連続性は、パイロットデータが前記パイロットサブキャリアパターンに準拠して構成されていないためか、或いはパイロットデータを一切含まない1つ又は複数のOFDMシンボルが存在するために発生する

受信装置。

【請求項5】

請求項4に記載の受信装置であって、

前記パイロットサブキャリアパターンに準拠して構成されていないパイロットデータ、或いは前記パイロットデータを一切含まない1つ又は複数のOFDMシンボルは、前記受信された一連のOFDMシンボルがFEF (Future Extension Frame) を有しているために生じたものであり、

前記パイロットデータ抽出部、前記パイロットデータ外挿部、及び前記パイロットデータ補間部の前記動作が一時停止される前記所定期間は、前記FEF由来のOFDMシンボルが前記チャンネル推定部によって処理されないような、所定の数のOFDMシンボルに対応する

受信装置。

【請求項6】

請求項1に記載の受信装置であって、

前記不連続性検出部は、前記受信されたOFDMシンボルのうち、以前のOFDMシン

10

20

30

40

50

ボルにおいては反転されていなかった反転パイロットデータか、又は以前のOFDMシンボルにおいては反転されていた非反転パイロットデータのいずれかである不連続なパイロットデータを、パイロットサブキャリアにおいて有するOFDMシンボルを検出するように構成され、

前記制御部は、前記不連続性検出部が前記不連続なパイロットデータを検出すると、前記チャンネル推定部に前記制御信号を送信することで、前記パイロットデータ抽出部、前記パイロットデータ外挿部、及び前記パイロットデータ補間部の動作を、所定の数のOFDMシンボルに対応する期間の間、一時停止させ、前記不連続なパイロットデータが前記チャンネル推定部によって処理されないようにする

受信装置。

10

【請求項7】

請求項1に記載の受信装置であって、

前記不連続性検出部は、前記受信されたOFDMシンボルのうち、以前のOFDMシンボルにおいては反転されていなかった反転パイロットデータか、又は以前のOFDMシンボルにおいては反転されていた非反転パイロットデータのいずれかである不連続なパイロットデータを、パイロットサブキャリアにおいて有するOFDMシンボルを検出するように構成され、

当該受信装置は、パイロットコピー部をさらに具備し、

前記パイロットコピー部は、前記不連続性検出部により前記不連続なパイロットデータが検出されると、前記不連続なパイロットデータを有する前記OFDMシンボルが前記チャンネル推定部によって処理される前に、前記不連続なパイロットデータを、当該不連続なパイロットデータが位置するパイロットサブキャリアに隣接するパイロットサブキャリアからのパイロットデータと置換することにより、前記不連続なパイロットデータを有する前記OFDMシンボルを適応させる

20

受信装置。

【請求項8】

請求項1に記載の受信装置であって、

前記OFDMシンボルのシーケンスは、DVB-C2を含むDVB規格に従って送信される

受信装置。

30

【請求項9】

データを送信する複数のデータサブキャリアと、パイロットサブキャリアパターンに従ってOFDMシンボル内に配置された、パイロットデータを送信する複数のパイロットサブキャリアとをそれぞれ有する、受信装置において受信される一連の複数のOFDMシンボルを有するデータフレームが送信されるチャンネルのチャンネル応答推定方法であって、

前記各OFDMシンボルの前記パイロットサブキャリアから前記パイロットデータを抽出し、

前記パイロットサブキャリアから抽出された前記パイロットデータに基づいて、外挿パイロットデータを生成し、

前記外挿パイロットデータを時間領域及び周波数領域において補間することにより、前記パイロットデータを処理して、前記チャンネルの推定値を生成し、

40

第1のOFDMシンボル上での前記パイロットサブキャリアの分散が、当該第1のOFDMシンボルよりも前に受信された第2のOFDMシンボル上でのパイロットサブキャリアの分散に関する前記パイロットサブキャリアパターンに対応していないことによって生じる、前記パイロットサブキャリアパターンにおける不連続性を検出し、

当該不連続性の検出に応じて、前記第1のOFDMシンボルが前記第2のOFDMシンボルのパイロットサブキャリアパターンに準拠していた場合に前記パイロットデータが位置していたはずのサブキャリアからではなく、前記第1のOFDMシンボルの前記パイロットサブキャリアから前記パイロットデータを抽出する

チャンネル応答推定方法。

50

【請求項 10】

データを送信する複数のデータサブキャリアと、パイロットサブキャリアパターンに従って OFDM シンボル内に配置された、パイロットデータを送信する複数のパイロットサブキャリアとをそれぞれ有する、チャンネルを介して送信された一連の複数の OFDM シンボルのチャンネルインパルス応答を推定するチャンネル推定装置であって、

前記各 OFDM シンボルの前記パイロットサブキャリアから前記パイロットデータを抽出するパイロットデータ抽出部と、

前記パイロットデータサブキャリアから抽出された前記パイロットデータに基づいて、外挿パイロットデータを生成するパイロットデータ外挿部と、

前記外挿パイロットデータを時間領域及び周波数領域において補間することにより、前記パイロットデータを処理して、前記チャンネルの推定値を生成するパイロットデータ補間部とを具備し、

前記パイロットデータ抽出部は、第 1 の OFDM シンボル上での前記パイロットサブキャリアの分散が、当該第 1 の OFDM シンボルよりも前に受信された第 2 の OFDM シンボル上でのパイロットサブキャリアの分散に関する前記パイロットサブキャリアパターンに対応していないことによって生じる、前記パイロットサブキャリアパターンにおける不連続性が検出されたことを通知する制御信号を制御部から受信すると、前記第 1 の OFDM シンボルが前記第 2 の OFDM シンボルのパイロットサブキャリアパターンに準拠していた場合に前記パイロットデータが位置していたはずのサブキャリアからではなく、前記第 1 の OFDM シンボルの前記パイロットサブキャリアから前記パイロットデータを抽出するように構成される

チャンネル推定装置。

【請求項 11】

コンピュータに、請求項 9 に記載のチャンネル応答推定方法の各ステップを実行させるためのコンピュータ実行可能な命令を有するプログラム。

【請求項 12】

請求項 11 に記載のプログラムを記録した記録媒体。

【請求項 13】

請求項 10 に記載のチャンネル推定装置であって、

前記 OFDM シンボルのシーケンスは、DVB-C2 を含む DVB 規格に従って送信される

チャンネル推定装置。

【請求項 14】

請求項 9 に記載のチャンネル応答推定方法であって、

前記 OFDM シンボルのシーケンスは、DVB-C2 を含む DVB 規格に従って送信される

チャンネル応答推定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、直交周波数分割多重 (OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexed) シンボルを受信するための受信装置及び受信方法、チャンネル推定装置、プログラム、及び記憶媒体に関する。当該 OFDM シンボルのうちの少なくともいくつかは、複数のデータ保持サブキャリアと、複数のパイロットサブキャリアとを有する。

【背景技術】

【0002】

直交周波数分割多重 (OFDM) を利用してデータが通信される無線通信システムとして、多くの例が存在する。例えば、DVB (Digital Video Broadcasting) 規格に準拠して動作するように構成されたシステムが、OFDM を利用する。一般に、OFDM は、K 個の並行して変調された狭帯域サブキャリア (ここで、K は整数) を提供するものとして

10

20

30

40

50

説明される。ここで、各サブキャリアは、直交振幅変調（QAM: Quadrature Amplitude Modulated）シンボル又は直交位相変調（QPSK: Quadrature Phase-shift Keying）シンボル等の変調されたデータシンボルを通信する。これらのサブキャリアの変調は、周波数領域において形成され、時間領域において変換されて送信される。データシンボルは、複数のサブキャリア上で並行して通信されるため、各サブキャリア上で同じ変調シンボルが長期間にわたって通信されることがある。この期間は、無線チャネルのコヒーレンス時間より長いこともある。サブキャリアは同時に並行して変調されるため、これらの変調されたキャリアが組み合わさって、OFDMシンボルを形成する。したがって、OFDMシンボルは、他の変調シンボルと並行して変調された複数のサブキャリアを有する。

【0003】

受信装置におけるデータの検出及び再生を促進するために、OFDMシンボルは、受信装置にとって既知のデータシンボルを通信するパイロットサブキャリアを有する場合がある。このパイロットサブキャリアは、位相及びタイミングの基準を提供する。この基準を用いて、OFDMシンボルが送信されるチャネルのインパルス応答を推定し、受信装置におけるデータシンボルの検出及び再生を促進することができる。いくつかの例では、OFDMシンボルは、OFDMシンボルにおいて同じ相対周波数位置に留まる連続したパイロット（CP: Continuous Pilot）キャリアと、スカッタードパイロット（SP: Scattered Pilot）との両方を有する。OFDMシンボルにおけるSPの相対的な位置は、連続したシンボル間で変化するため、チャネルインパルス応答の推定を、より正確に、冗長さを抑えて行うことができるようになる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】欧州特許出願公開第2031783号明細書

【特許文献2】欧州特許出願公開第1968268号明細書

【特許文献3】英国特許出願公開第2412551号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

いくつかのシステムでは、OFDMシンボル毎に、パイロットサブキャリアの位置及び性質が異なる。したがって、受信装置において、これらの違いに対処し、正確なチャネル応答を生成することが必要である。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一実施形態によれば、チャネルを介して送信された一連の複数のOFDMシンボルを受信する受信装置が提供される。各OFDMシンボルは、データを送信する複数のデータサブキャリアと、パイロットデータを送信する複数のパイロットサブキャリアとを有する。前記パイロットサブキャリアは、パイロットサブキャリアパターンに従って、前記一連の各OFDMシンボルの全体に分散される。当該受信装置は、チャネル推定部を具備し、当該チャネル推定部は、前記各OFDMシンボルの前記パイロットサブキャリアから前記パイロットデータを抽出するパイロットデータ抽出部と、前記パイロットデータサブキャリアから抽出された前記パイロットデータに基づいて、外挿パイロットデータを生成するパイロットデータ外挿部と、前記外挿パイロットデータを時間領域及び周波数領域において補間することにより、前記パイロットデータを処理して、前記チャネルの推定値を生成するパイロットデータ補間部とを有する。また、当該受信装置は、前記チャネル推定部により処理されたパイロットデータにおける不連続性を検出する不連続性検出部と、前記不連続性検出部が前記パイロットデータにおける不連続性を検出すると、前記チャネル推定部に制御信号を提供することで、前記パイロットデータ抽出部、前記パイロットデータ外挿部、及び前記パイロットデータ補間部のうちの少なくとも一つに、前記パイロットデータにおける不連続性を補償させる制御部とを具備する。

【 0 0 0 7 】

前記パイロットデータ抽出部は、以前に受信し、抽出したパイロットデータから、時間領域及び周波数領域におけるチャンネルの推定サンプルを生成する。

【 0 0 0 8 】

いくつかの実施形態では、前記パイロットデータ補間部は、周波数領域において補間を行う周波数補間部と、時間領域において補間を行う時間補間部を有する。

【 0 0 0 9 】

DVB-T2等のいくつかのOFDMシステムは、受信装置において抽出されたパイロットデータにおける不連続性を生じさせる複数の特徴を有する。このパイロットデータにおける不連続性に対処するために、本発明の一態様によれば、受信装置にてパイロットデータにおける不連続性を検出する検出部と、前記パイロットデータにおける不連続性の検出に応じて、チャンネル推定部の構成要素のうち少なくとも1つを、前記不連続性に対処するように適応させる制御部とが設けられる。

10

【 0 0 1 0 】

本発明の一実施形態では、前記不連続性検出部は、前記パイロットデータ外挿部の初期化によって前記外挿パイロットデータの生成に遅延が生じるために発生する、前記パイロットデータ補間部によって処理されたパイロットデータにおける不連続性を検出する。前記制御部は、前記チャンネル推定部に前記制御信号を送信することで、前記パイロットデータ補間部に、以前の外挿パイロットデータと現在の外挿パイロットデータとの間の補間に基づくチャンネル推定を一時停止させ、少なくとも、前記パイロットデータ外挿部が外挿パイロットデータの生成を開始するために十分な数のOFDMシンボルを受信するのに必要とされる期間に対応する所定期間の間、外挿パイロットデータ間の周波数補間のみを行うことにより、チャンネル推定値を生成する。

20

【 0 0 1 1 】

いくつかの実施形態では、前記周波数領域のみにおいて補間されたパイロットデータは、前記パイロットデータ抽出部の入力部に戻される。

【 0 0 1 2 】

前記パイロットデータ外挿部は、以前に受信されたOFDMシンボルから抽出されたパイロットデータに基づき、未来のパイロットデータの推定値を生成する。しかしながら、まず前記受信装置が初期化されると、外挿パイロットデータ（ひいてはチャンネル推定値）が生成されるまでに、遅延が発生する。これは、前記パイロットデータ外挿部は、未来のパイロットデータを外挿するために、「以前の」シンボルからの以前のパイロットデータを必要とするからである。したがって、本発明の実施形態では、制御信号により、前記パイロットデータ補間部が、周波数補間のみを用いて（すなわち、外挿パイロットデータを必要とする時間補間を一切行わずに）チャンネル推定値を生成するように、前記パイロットデータ補間部の動作を適応させる。これは、前記受信装置の初期化後、チャンネル推定値をより迅速に生成できることを意味する。

30

【 0 0 1 3 】

本発明の別の実施形態では、前記不連続性検出部は、前記受信された一連のOFDMシンボルの前記パイロットサブキャリアパターンにおける不連続性を検出する。前記制御部は、前記不連続性検出部が前記パイロットサブキャリアパターンにおける不連続性を検出すると、前記チャンネル推定部に前記制御信号を送信することで、前記パイロットデータ抽出部、前記パイロットデータ外挿部、及び前記パイロットデータ補間部に、複数のOFDMシンボルに対応する所定期間の間、動作を一時停止させ、前記パイロットサブキャリアパターンにおける不連続性を有するOFDMシンボルが前記チャンネル推定部によって処理されないようにする。

40

【 0 0 1 4 】

DVB-T2は、種々の長さのフレームを含むため、パイロットサブキャリアパターンの「位相」をフレーム間で常に維持できるわけではない。パイロットサブキャリアパターンの位相が崩れることにより、従来のチャンネル推定部は、スカッタードパイロットサブ

50

キャリアの位置を追跡できず、パイロットではないサブキャリアをスキップサブキャリアとして解釈してしまい、機能しなくなってしまう場合がある。したがって、前記不連続性検出部を、前記パイロットサブキャリアパターンにおける不連続性を検出するように構成することで、前記チャンネル推定部の動作を適時に一時停止することができ、チャンネル推定が機能しなくなる可能性が低減される。

【 0 0 1 5 】

本発明の別の実施形態では、前記不連続性検出部は、前記パイロットサブキャリアパターンにおける不連続性が、パイロットデータが前記パイロットサブキャリアパターンに準拠して構成されていないために発生したものが、或いはパイロットデータを一切含まない1つ又は複数のOFDMシンボルが存在するために発生したものを検出するように構成される。これは、受信したOFDMシンボルのシーケンスがFEF (Future Extension Frames) を有している場合に当てはまる。前記制御部は、前記不連続性検出部が、パイロットデータが前記パイロットサブキャリアパターンに準拠して構成されていないか、或いはパイロットデータを一切含まない1つ又は複数のOFDMシンボルが存在することを検出すると、前記チャンネル推定部に前記制御信号を送信することで、前記パイロットデータ抽出部、前記パイロットデータ外挿部、及び前記パイロットデータ補間部の動作を、所定の数のOFDMシンボルに対応する期間の間、一時停止させて、FEF等の前記不連続なパイロットデータが前記チャンネル推定部によって処理されないようにする。

10

【 0 0 1 6 】

FEFは、DVB-T2規格に含まれており、この規格に従って動作する装置が、将来、新しいタイプのデータフレームに対処できるように、未定義となっているフレームである。しかしながら、受信したDVB-T2信号にFEFを挿入する際に、パイロットデータにおいて不連続性が生じ、チャンネル推定システムを阻害してしまうことがある。これは、そのFEFが、現在定義されているパイロット方式に準拠していないこと、そのFEFが一切パイロットデータを含まないことによるものである。本発明の態様によれば、FEFが前記受信装置を通過するまで、前記チャンネル推定部の動作を一時停止させることにより、この問題は解決される。

20

【 0 0 1 7 】

本発明の別の実施形態では、前記不連続性検出部は、前記受信されたOFDMシンボルのうち、以前のOFDMシンボルにおいては反転されていなかった反転パイロットデータか、又は以前のOFDMシンボルにおいては反転されていた非反転パイロットデータのいずれかである不連続なパイロットデータを、パイロットサブキャリアにおいて有するOFDMシンボルを検出するように構成される。前記制御部は、前記不連続性検出部が前記不連続なパイロットデータを検出すると、前記チャンネル推定部に前記制御信号を送信することで、前記パイロットデータ抽出部、前記パイロットデータ外挿部、及び前記パイロットデータ補間部の動作を、所定の数のOFDMシンボルに対応する所定期間の間、一時停止させ、前記不連続なパイロットデータが前記チャンネル推定部によって処理されないようにする。

30

【 0 0 1 8 】

DVB-T2は、いわゆる「多重入力単一出力(MISO: Multiple Input Single Output)」送信モードを提供する。このMISO送信モードでは、2つの異なるバージョンのDVB-T2信号が、別個のアンテナから放送される。MISOモードでは、第2の送信装置から送信される1つおきのOFDMシンボル上のパイロットサブキャリアが、第1の送信装置から送信されるパイロットサブキャリアに対して反転される。場合によっては、この反転により、OFDMシンボル間で、特定のパイロットサブキャリア位置において、受信されるパイロットデータのタイプ(反転又は非反転)における不連続性が生じることがある。これにより、前記パイロット補間部においてパイロットデータの補間を行う際に問題が生じる。この問題に対処するために、不連続なパイロットデータの検出に応じて、前記チャンネル推定部の動作を、所定の数のOFDMシンボルに対応する期間の間、一時停止させ、不連続なパイロットデータが前記チャンネル推定部によって処理されないようにする

40

50

。

【0019】

別の実施形態では、前記不連続性検出部は、上述のように、前記不連続性検出部は、前記受信されたOFDMシンボルのうち、以前のOFDMシンボルにおいては反転されていなかった反転パイロットデータか、又は以前のOFDMシンボルにおいては反転されていた非反転パイロットデータのいずれかである不連続なパイロットデータを、パイロットサブキャリアにおいて有するOFDMシンボルを検出するように構成される。ただし、本実施形態では、前記受信装置は、パイロットコピー部を有する。当該パイロットコピー部は、前記不連続性検出部が前記不連続なパイロットデータを検出すると、前記不連続なパイロットデータを有する前記OFDMシンボルが前記チャンネル推定部によって処理される前に、前記不連続なパイロットデータを、当該不連続なパイロットデータが位置するパイロットサブキャリアに隣接するパイロットサブキャリアからのパイロットデータと置換することにより、前記不連続なパイロットデータを有する前記OFDMシンボルを適応させる

10

【0020】

上述のように、MISOモードでは、不連続な反転/非反転パイロットサブキャリアにより、問題が生じる場合がある。この問題に対処するために、不連続なパイロットサブキャリアを有するOFDMシンボルが前記チャンネル推定部によって処理される前に、不連続なパイロットデータを、隣接するパイロットサブキャリアからの「不連続でない」パイロットデータと置換するパイロットコピー部が設けられる。

20

【0021】

本発明の種々のさらなる態様及び特徴は、添付の特許請求の範囲において規定される。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】典型的なDVB-T2送信装置のチェーンを示す概略図である。

【図2】定型的なDVB-T2のフレーム構造を示す概略図である。

【図3】典型的なDVB-T2受信装置のチェーンを示す概略図である。

【図4】一般的なOFDMシンボルシーケンスを示す概略図である。

【図5】チャンネル推定値を生成するために外挿及び補間された、典型的なDVB-T2のOFDMシンボルシーケンスを示す図である。

30

【図6】チャンネル推定/補正処理部の概略図である。

【図7】チャンネル推定/補正処理部の概略図である。

【図8】本発明の実施形態に従って構成されたチャンネル推定/補正処理部の概略図である

【図9】典型的なDVB-T2のフレーム構造を示す概略図である。

【図10】典型的なDVB-T2のフレーム構造を示す概略図である。

【図11】典型的なDVB-T2のOFDMシンボルシーケンスを形成する2つのT2フレームを示す概略図である。

【図12】図11に示した2つのT2フレーム間におけるチャンネル推定の一時停止を示す概略図である。

40

【図13】MISO送信システムの概略図である。

【図14】DVB-T2 MISO OFDMシンボルシーケンスにおける外挿及び補間を示す概略図である。

【図15】DVB-T2 MISO OFDMシンボルシーケンスパイロットサブキャリアの反転の不連続性を示す概略図である。

【図16】DVB-T2 MISO OFDMシンボルシーケンスにおけるパイロットコピー部の動作を示す概略図である。

【図17】本発明の一実施形態に従って構成されたチャンネル推定/補正処理部を示す概略図である。

【図18】本発明の一実施形態に係る方法の概要を示した図である。

50

【発明を実施するための形態】

【0023】

これより、本発明の実施形態を、添付の図面を参照して、例示としてのみ説明する。図面において、同様の部分には対応する参照符号が付される。

【0024】

図1は、DVB-T2規格に従って、例えばビデオ画像及び音声信号を送信するために用いることができるOFDM送信装置の例示的なブロック図を示す。図1では、プログラムソース1が、OFDM送信装置によって送信されるべきデータを生成する。ビデオ符号化部2、音声符号化部4及びデータ符号化部6は、送信されるべきビデオデータ、音声データ及び他のデータを生成し、これらのデータはプログラム多重化部10に供給される。プログラム多重化部10の出力は、ビデオデータ、音声データ及び他のデータを送信するために必要な他の情報と多重化された多重化ストリームを形成する。多重化部10は、接続チャンネル12上にストリームを供給する。このような多重化ストリームは、種々の異なるブランチA、B等に供給されるように、多数存在してもよい。簡潔にするために、ブランチAのみを説明する。

10

【0025】

図1に示すように、OFDM送信装置は、多重適応化/エネルギー拡散部22においてストリームを受信する。多重適応化/エネルギー拡散部22は、データをランダム化し、適切なデータを、ストリームの誤り訂正符号化を実行する前方誤り訂正符号化部24に供給する。ビットインタリーバ26は、符号化されたデータビットをインタリーブするために設けられる。この符号化されたデータビットは、DVB-T2の例の場合、LDPC (Low Density Parity Check: 低密度パリティチェック) / BCH (Bose-Chaudhuri-Hocquenghem) 符号化部の出力である。ビットインタリーバ26からの出力は、ビット配置マッピング部28に供給される。ビット配置マッピング部28は、ビットのグループを、符号化データビットを搬送するために用いられる配置点にマッピングする。ビット配置マッピング部28からの出力は、実成分及び仮想成分を表す配置点ラベルである。配置点ラベルは、用いられる変調方式に応じて、2つ以上のビットから形成されたデータOFDMシンボルを表す。これらはデータセルと呼ばれる。これらのデータセルは、タイムインタリーバ30を通過する。タイムインタリーバ30は、複数のLDPCコードワードから得られたデータセルをインタリーブする。

20

30

【0026】

データセルは、図1におけるブランチB及びブランチCによって生成されたデータセルと共に、他のチャンネル31を介して、フレームビルダ32によって受信される。その後、フレームビルダ32は、多数のデータセルを、複数のOFDMシンボルで搬送されるべき複数のシーケンスに形成する。ここで、1つのOFDMシンボルは、複数のデータセルを有し、各データセルはサブキャリアのうちの1つにマッピングされる。サブキャリアの数は、システムの動作モードに応じて、1K、2K、4K、8K、16K又は32K等があり、これらは、例えば以下の表の例に従って、それぞれ異なる数のサブキャリアを提供する。

【0027】

40

【表 1】

モード	サブキャリア数
1K	853
2K	1705
4K	3409
8K	6913
16K	13921
32K	27841

モード毎の最大サブキャリア数

10

【0028】

各OFDMシンボルにおける搬送されるべきデータセルのシーケンスは、OFDMシンボルインタリーブ33に送られる。その後、パイロット信号及び埋込信号形成部36から供給されたパイロット信号及び同期信号を挿入するOFDMシンボルビルダ部37によって、OFDMシンボルが生成される。その後、OFDM変調部38が、時間領域においてOFDMシンボルを形成し、このOFDMシンボルは、OFDMシンボル間のガードインターバルを生成するガード挿入処理部40に供給され、その後、デジタル-アナログ変換部42に供給され、最後に、RFフロントエンド44内のRF増幅部に供給され、その結果、OFDM送信装置によってアンテナ46から放送される。

20

【0029】

DVB-T2システムでは、1つのOFDMシンボル当たりのサブキャリアの数は、パイロットの数及び他の予備サブキャリアの数に応じて変動する。図2は、DVB-T2規格に従う「スーパーフレーム」の一例を示す。

【0030】

したがって、DVB-T2では、DVB-Tとは異なり、データを搬送するサブキャリアの数は固定ではない。放送業者は、1Kモード、2Kモード、4Kモード、8Kモード、16Kモード、32Kモードのうちの1つの動作モードを選択することができる。これらの動作モードはそれぞれ、OFDMシンボル当たりのデータ搬送用サブキャリアの範囲を示しており、各モードにおける利用可能なサブキャリアの最大数は、それぞれ1024、2048、4096、8192、16384、32768である。DVB-T2では、物理層フレームは、多数のOFDMシンボルからなる。図2に示すように、フレームは、典型的にはプリアンブル(P1)OFDMシンボル62から開始する。このP1 OFDMシンボル62は、動作モードの提示等、DVB-T2設備の構成に関するシグナリング情報を提供する。このP1 OFDMシンボル62の次に、1つ又は複数のP2 OFDMシンボル64が続く。次に、複数のペイロード搬送OFDMシンボル66が続く。この物理層フレームの終端は、フレームクローズOFDMシンボル(FCS)68によってマークされる(ただし、これは、後述するように、動作モードが直線周波数のみのモードでなく、PP8パイロットパターンでもない場合のみである)。DVB-T2のフレーム構造は、後により詳細に説明する。各動作モードについて、サブキャリアの数は各シンボルのタイプによって異なり得る。さらに、サブキャリアの数は、帯域幅の拡大が選択されたか否か、トーンリザベーションが可能となっているか否か、及び、どのパイロットサブキャリアパターンが選択されたかに応じてそれぞれ異なり得る。

30

40

【0031】

図3は、本発明の実施形態の技術と共に用いることができる受信装置の例を説明するための図である。図3に示すように、OFDM信号は、アンテナ100によって受信され、チューナ102によって検出され、アナログ-デジタル変換部104によってデジタル形式に変換される。後に詳細に説明するが、いくつかの実施形態では、受信されたOFDM信号は、2つの別々のアンテナグループによって送信された2つのバージョンのOFDMシンボルの組み合わせであってもよい。ガードインターバル除去処理部106は、周

50

知の技術により、高速フーリエ変換（FFT：Fast Fourier Transform）処理部108をチャンネル推定/補正処理部110と共に用いて、埋込シグナリング復号部111と協働して、受信されたOFDMシンボルからデータが再生される前に、OFDMシンボルからガードインターバルを除去する。復調されたデータは、デマッピング部112から再生され、シンボルデインタリーバ114に供給される。シンボルデインタリーバ114は、受信したデータOFDMシンボルを逆マッピングして、デインタリーブされたデータを有する出力データストリームを再生するように動作する。同様に、ビットデインタリーバ116は、ビットデインタリーバ26によって実行されたインタリーブを逆インタリーブする。図3に示すOFDM受信装置の残りの部分には、誤りを訂正し、ソースデータの推定値を再生するための誤り訂正符号化部118が設けられる。

10

【0032】

DVB-T OFDMシンボル及びDVB-T2 OFDMシンボルは、受信装置において同期及び誤り訂正のために用いられるパイロットデータを有する。パイロットデータは、各OFDMシンボルのサブキャリア全体に分散され、これにより、複数のパイロットサブキャリアが提供される。各OFDMシンボルの送信前に、プースト電力レベル並びに既知の位相及び振幅において、各OFDMシンボルにおけるパイロットサブキャリアにパイロットデータが挿入される。したがって、パイロットデータを、フレーム同期及び時間同期に用いると共に、受信装置により、OFDMシンボルが送信されるチャンネルのチャンネル応答を推定するために用いることができる。受信装置がチャンネル応答の推定値を得ると、受信されたOFDMシンボルは、このチャンネル応答を利用して訂正される。典型的には、パイロットサブキャリアは、各OFDMシンボルのサブキャリア全体に分散されるため、受信装置において、時間領域及び周波数領域の両方におけるチャンネル応答の変動を推定することができる。DVB-T及びDVB-T2は、DVB-Tが単一の静的なパイロットサブキャリアパターンを採用しているのに対し、DVB-T2では、8つのサブキャリアパターン（PP1～PP8）が存在するという点で異なる。各サブキャリアパターンは、特定のFFTサイズとガードインターバルとの組み合わせに対して最適に動作するように設計されている。

20

【0033】

DVB-T2 OFDMシンボルは、スキッターパイロットサブキャリア、連続パイロットサブキャリア、及びエッジパイロットサブキャリアを有する。これらのサブキャリアの数および位置は、8つの所定のパイロットサブキャリアパターンのうちの1つによって規定される。連続パイロットサブキャリアは、OFDMシンボルにおいて常に同じサブキャリア位置を占める。一方、スキッターパイロットサブキャリアのサブキャリア位置は、OFDMシンボル毎に変動する。この概念は図4に示されている。エッジパイロットサブキャリアは、各OFDMシンボルの最初及び最後のサブキャリアとして配置され、したがって、連続したパイロットサブキャリアである。

30

【0034】

図4は、或る期間にわたって送信される一連のOFDMシンボルにおける最初の32個のサブキャリアを示す。OFDMシンボルは2次元格子401を形成する。ここで、横軸はOFDMサブキャリア（k）を示し、縦軸はOFDMシンボルの時間的位置（L）を示す。個々の円は、特定のOFDMシンボル上の特定のサブキャリアの値を示す。これらをセルと呼ぶ。セルの横列305は、OFDMシンボルの最初の32個のサブキャリアを示す。2次元格子401から分かるように、連続パイロットサブキャリア403は、各OFDMシンボルにおいて同じセルの位置を占めるのに対し、スキッターパイロットサブキャリア404の位置は、OFDMシンボル間で変動し、一定のサイクルで繰り返す。パイロットサブキャリアの位置は、上述の予め定義されたパイロットサブキャリアパターンに応じて決まる。DVB-T2の各サブキャリアパターンは、2つの値Dx及びDyによって特徴付けられる。Dxは、各OFDMシンボルにおけるスキッターパイロットサブキャリア間の間隔を表し、Dyは、同じサブキャリア位置にあるスキッターパイロットサブキャリアによって区切られたOFDMシンボルの数を表す。図4に示すOFDM

40

50

シンボルのシーケンスは、 $D_x = 6$ 、 $D_y = 4$ のPP3パイロットサブキャリアパターンを示す。

【0035】

(チャンネル推定)

受信装置が図4に示すようなOFDMシンボルのシーケンスを成功裡に復調するためには、各OFDMシンボルの各サブキャリア(つまり、各セル)毎にチャンネル応答のサンプルを推定する必要がある。OFDMシンボルが送信されるチャンネルは、周波数領域(すなわち、サブキャリア間でチャンネルが変わる)及び時間領域(すなわち、OFDMシンボル間でチャンネルが変わる)の両方において変わる。図4に示すパイロットサブキャリア403、404の時間領域及び周波数領域における位置に対応するチャンネルの推定値は、単に、それらのサブキャリアの位相及び振幅を、それらのサブキャリアが送信された既知の位相及び振幅と比較することにより求めることができる。しかしながら、データサブキャリア405についてのチャンネル推定値を得るためには、パイロットサブキャリア上のパイロットデータから導出されたチャンネル推定値を用いなければならない。これは、外挿及び/又は補間を含むプロセスを用いることによって実現される。

10

【0036】

2つのパイロットサブキャリアの間に位置するデータサブキャリアについてのチャンネル推定値は、この2つのパイロットサブキャリアから抽出されたパイロットデータ間を補間することによって生成することができる。いくつかのパイロットサブキャリアパターンでは、単に、各OFDMシンボルのパイロットサブキャリア間を補間して、各データサブキャリアについてのチャンネル推定値を生成すれば十分である。このパイロットサブキャリア間の補間は、周波数領域のみにおける補間であり、したがって、周波数補間と呼ばれる。周波数補間が可能であるか否かは、対象のOFDMシンボルに十分なパイロットサブキャリアが存在するか否かによって決まる。これは、各OFDMシンボルの全体にわたって分散されたパイロットサブキャリアは、事実上、チャンネルの離散サンプリングであるからである。したがって、OFDMシンボルの全体にわたって分散されたパイロットサブキャリアは、少なくとも、そのサブキャリアが表す周波数範囲にわたるチャンネル応答のナイキスト限界であるサンプリングレートに対応するはずである。これについては、「第2世代デジタル地上波テレビジョン放送システム(DVB-T2)実施要綱(Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2), DVB Document A133, February 2009)」の5.4節においてさらに説明されている。

20

30

【0037】

したがって、状況によっては、1つのOFDMシンボルからのパイロットデータでは、各サブキャリアについて信頼性の高いチャンネル推定値を生成するために十分なチャンネル情報を提供できない。この場合、時間-周波数補間を採用することができる。時間-周波数補間では、複数の隣接したOFDMシンボルからのパイロットデータを用いて、所与のOFDMシンボルについてのさらなるチャンネル推定データが提供される。しかしながら、時間-周波数補間では、まだ受信されていないOFDMシンボルのパイロットサブキャリアからのパイロットデータを考慮する必要がある場合がある。この場合、パイロットデータの外挿を採用することができる。時間-周波数補間は、図4及び図5を参照してさらに詳細に説明される。

40

【0038】

上述のように、図4は、PP3パイロットサブキャリアパターンに対応したOFDMシンボルのシーケンスにおける最初の32個のサブキャリアを示す。PP3パイロットサブキャリアパターンは、周波数補間のみに基づいて妥当なチャンネル推定を可能とするのに十分なパイロットデータを提供できるほど十分なパイロットサブキャリアを有していない。1つのシンボルにおけるパイロットサブキャリア間の補間を実行するのに十分なパイロットデータを提供するために、サブキャリア位置 $K = 0$ 、 $K = 6$ 、 $K = 12$ 、 $K = 18$ 、 $K = 24$ 、 $K = 30$ 等(すなわち、そのパイロットサブキャリアパターン全体において、ス

50

キャットパイロットサブキャリアが存在するすべてのサブキャリア)におけるパイロットデータが必要とされる。

【 0 0 3 9 】

最も最近受信されたOFDMシンボル305が、図4のL = 11において示される。図4から分かるように、この最近受信されたOFDMシンボル305においては、K = 0及びK = 12の位置にパイロットサブキャリアが存在する。しかし、パイロットサブキャリア間の周波数補間を実行するのに十分なパイロットデータを提供するためには、理想的にはK = 6、K = 18、K = 24、及びK = 30においてパイロットデータが必要とされる。これを実現するために、まず、以前に受信されたOFDMシンボルからのパイロットサブキャリアから得られたパイロットデータを用いて、外挿パイロットデータを得る。これは、図5を参照して説明される。

10

【 0 0 4 0 】

図5は、図4のOFDMシンボルシーケンスを示すが、まだ受信されていない「未来の」OFDMシンボル705の部分も含んでいる。この未来のOFDMシンボル705に対して、外挿パイロットデータが予め生成される。サブキャリア位置704は、未来のスクワットパイロットサブキャリア404が配置されることになる位置に対応する。パイロットデータの予測は、以前のOFDMシンボルのパイロットサブキャリアから抽出されたパイロットデータの外挿に基づいて行われる。

【 0 0 4 1 】

パイロットデータの外挿が行われ、予測パイロットデータ704が生成されると、サブキャリア位置K = 0、K = 6、K = 12、K = 18、K = 24、K = 30において必要とされるパイロットデータを時間補間により生成することができる。

20

【 0 0 4 2 】

現在受信されているOFDMシンボル305上のK = 18におけるサブキャリアを考えると、以前に保存された、以前のOFDMシンボルL = 8について得られたパイロットサブキャリア位置K = 18における外挿パイロットデータと、L = 12における未来のOFDMシンボル上のサブキャリア位置K = 18における予測パイロットデータとの間を時間補間することにより、サブキャリアK = 18についての補間されたパイロットデータ推定値が生成される。同様に、以前に保存された、OFDMシンボルL = 10について得られたパイロットサブキャリア位置K = 30における外挿パイロットデータと、L = 14における未来のOFDMシンボル上のサブキャリア位置K = 30における予測パイロットデータとの間の時間補間により、サブキャリア位置K = 30におけるパイロットデータが生成される。このようにして、サブキャリア位置K = 0、K = 6、K = 12、K = 18、K = 24、K = 30におけるパイロットデータを生成することができる。このようなサブキャリアにおいてパイロットデータが生成されると、上述のような周波数補間を実行して、すべてのサブキャリアについてチャンネル推定値を得ることができる。

30

【 0 0 4 3 】

上述の時間補間を行うための簡単な方法は、線形補間を用いることである。これは、まず、2つの重み係数を導出することによって実現される。第1の重み係数は、所与のサブキャリアについての、現在のOFDMシンボルから、最も近接する外挿パイロットデータ推定値への時間的接近性に基づくものである。第2の重み係数は、上記所与のサブキャリアについての、現在のOFDMシンボルから、最も近接する受信されたパイロットサブキャリアへの時間的接近性に基づくものである。例えば、図5から分かるように、サブキャリアK = 24について、最も近接する外挿パイロットサブキャリアはOFDMシンボルL = 13の位置にあり、最も近接する受信パイロットサブキャリアは、OFDMシンボルL = 9の位置にある。

40

【 0 0 4 4 】

以下の式は、線形補間において用いることができる重み係数を定義するものである。

$$\text{補間出力} (I_{out}) = (P_{weight} \times EP) + (M_{weight} \times MP)$$

$$A_{pos} = \text{実際の時間的位置} - L$$

50

$$P_{weight} = 1 - (A_{pos} / Dy)$$

$$M_{weight} = (A_{pos} / Dy)$$

ここで、

P_{weight} = 所与のサブキャリアについての、現在のOFDMシンボルから、最も近接する外挿推定値への時間的近接性によって定義された第1の重み係数

M_{weight} = 上記所与のサブキャリアについての、現在のOFDMシンボルから、最も近接する受信されたスキャタードパイロットサブキャリアへの時間的近接性によって定義された第2の重み係数

EP = 所与のサブキャリア上の最も近接した外挿パイロットサブキャリアの値

MP = 所与のサブキャリア上の以前に保存された外挿パイロットサブキャリアの値

A_{pos} = 所与のサブキャリアについての、現在のOFDMシンボルから、最も近接する外挿推定値への時間的近接性である。

【0045】

(チャンネル推定を含む、従来の受信装置における補間)

図6は、図3に示す受信装置の一部であり、上述の時間-周波数補間プロセスを実行することができるチャンネル推定/補正処理部110を示す概略図である。

【0046】

図6に示すように、パイロットデータ抽出部により、受信されたOFDMシンボルからパイロットデータが抽出され、事前外挿フィルタ301に入力される。事前外挿フィルタ301は、入力信号の高周波数成分を除去し、この結果を入力信号から減算することにより、信号がフィルタ302(後に詳細に説明する)に送られる前に、信号の低周波数成分を減少させる。この事前外挿フィルタにより、フィルタ302において用いられる外挿タップ数を少なくすることができる。これにより、必要とされる物理面積が小さくなり、メモリ量が低減される。さらに、事前外挿フィルタにより、例えば静的チャンネルにおける収束時間も速くなる。

【0047】

事前外挿フィルタによる処理の後、OFDMシンボルは、正規化最小二乗平均(NMLS: Normalized Least Mean Square)パイロットデータ外挿フィルタ302に入力される。NMLSパイロットデータ外挿フィルタ302は、一連のタップとして実現された最小二乗平均アルゴリズムを用いて、事前にフィルタリングされたOFDM信号からの付加雑音を無相関化することにより、チャンネルの推定値を生成し、パイロットデータの外挿を行う。チャンネル推定/補正処理部110は、漏洩タップ更新部303を有する。この漏洩タップ更新部303は、OFDMシンボルがフィルタを必要なレベルまで励起しなかった場合にNMLSパイロットデータ外挿フィルタ302の適応パラメータがドリフトを受けるのを防ぐために用いられる。NMLSパイロットデータ外挿フィルタ302から出力された、雑音無相関化OFDMシンボルの推定値は、加算部304を介して事前外挿フィルタからの出力に加算される。この結果は、チャンネル推定部307に入力される。このチャンネル推定部307は、上述の時間補間処理及び周波数補間処理を実行し、チャンネル推定値Hを出力する。スキャタードパイロットについて外挿された推定値で、位相が合っているものは、このチャンネル推定部307によって変更されない。

【0048】

チャンネル推定/補正処理部110は、第2の減算部305を有する。第2の減算部305は、入力されたOFDMシンボルから、雑音無相関化OFDMシンボルを直接減算して、誤り推定値の出力を提供する。この出力は、受信装置の他の部分によって雑音推定値として用いられる。これにより、チャンネル推定電力を雑音推定電力で除算することによって、サブキャリア当たりの信号雑音比(SNR: Signal Noise Ratio)を導出することができる。

【0049】

図7は、図6に示すチャンネル推定/補正処理部110の実施形態をより詳細に示す概略

図である。

【 0 0 5 0 】

図 7 は、例えば、一連のフィルタを形成するタップと遅延部 8 1 1 とを示す、N L M S パイロットデータ外挿フィルタ 3 0 2 のより詳細な図を含む。係数 W を有する計 T 個のタップと、 T 個の遅延部 8 1 1 が存在する。動作の際、第 1 のステップは、N L M S パイロットデータ外挿フィルタ 3 0 2 のタップ係数 $W_{L K 1}$ 及び $W_{L K T}$ を 0 に初期化することである。チャンネル推定部 3 0 7 のより詳細な図も示されている。チャンネル推定部 3 0 7 は、パイロットデータ時間補間部 3 0 7 2 を有する。メモリ素子 3 0 7 1 は、スキッターパイロットの位相が合っているときは、加算部 3 0 4 から入力された、以前に外挿されたチャンネル推定値を保存し、位相外れのスキッターパイロットキャリアについての補間パイロットを提供する。また、チャンネル推定部 3 0 7 は、パイロットデータを補間して、上述のチャンネル推定値 H を生成するための周波数補間部 3 0 7 3 を有する。

10

【 0 0 5 1 】

(パイロットデータ不連続性検出部を用いたチャンネル推定)

上述のように、OFDM システムの中には、受信装置において抽出されたパイロットデータにおけるパイロットデータの不連続性を生じさせるいくつかの特徴を有するものもある。図 8 は、本発明の実施形態の技術に従って構成されたチャンネル推定 / 補正処理部 1 1 0 の概略図を示す。チャンネル推定 / 補正処理部 1 1 0 は、後処理を要する雑音の多いチャンネル推定値を取得するパイロットデータ抽出部 7 0 0 と、受信した OFDM シンボルをチャンネル雑音と無相関化してパイロットデータを外挿する N L M S パイロットデータ外挿フィルタ 3 0 2 と、チャンネル推定部 3 0 7 とを有する。チャンネル推定部 3 0 7 は、パイロットデータ時間補間部 3 0 7 2 と、メモリ素子 3 0 7 1 と、パイロットデータ周波数補間部 3 0 7 3 とを有する。N L M S パイロットデータ外挿フィルタ 3 0 2 及びチャンネル推定部 3 0 7 は、概ね図 6 及び図 7 に示すチャンネル推定 / 補正処理部 1 1 0 に従って構成される。実施形態によっては、パイロットデータ時間補間部 3 0 7 2 及びパイロットデータ周波数補間部 3 0 7 3 は、1 つのパイロットデータ外挿部 8 1 0 内に設けられてもよい。メモリ素子 3 0 7 1 は、以前に受信された OFDM シンボルから外挿されたパイロットデータを保存するように構成される。メモリ素子 3 0 7 1 は、位相が合っているスキッターパイロットサブキャリアの場合、シンボル毎にのみ更新され、位相外れのスキッターパイロットサブキャリアの場合、ギャップを埋めるために時間次元において補間される。パイロットデータ時間補間部 3 0 7 2 は、N L M S パイロットデータ外挿フィルタ 3 0 2 によって生成された、外挿されたパイロットデータから、時間補間されたパイロットデータを生成するためのアップサンプリングフィルタ 8 0 5 及びローパスフィルタ 8 0 6 を有してもよい。パイロットデータ周波数補間部 3 0 7 3 は、パイロットデータ時間補間部 3 0 7 2 から受信したパイロットデータをアップサンプリングして、すべてのサブキャリア位置におけるチャンネル推定値を生成するアップサンプリングフィルタ 8 0 7 を有してもよい。また、パイロットデータ周波数補間部 3 0 7 3 は、チャンネル推定結果をフィルタリングするためのローパスフィルタ 8 0 8 を有してもよい。同様に、パイロットデータ時間補間部 3 0 7 2 は、メモリ素子 3 0 7 1 から入力されたパイロットデータをアップサンプリングするアップサンプリングフィルタ 8 0 5 と、パイロットデータ周波数補間部 3 0 7 3 に入力される、補間されたパイロットデータをフィルタリングするためのローパスフィルタ 8 0 6 とを有してもよい。しかしながら、実施形態によっては、パイロットデータ時間補間部 3 0 7 2 及びパイロットデータ周波数補間部 3 0 7 3 は、パイロットデータの補間を行うアップサンプリングフィルタ及びローパスフィルタを有する代わりに、上述の線形補間を行う処理部等を有してもよい。図 8 に示すチャンネル推定 / 補正処理部 1 1 0 は、パイロットデータ不連続性検出部 8 0 1 及び制御部 8 0 2 も有する。パイロットデータ不連続性検出部 8 0 1 は、本システムによって処理された OFDM シンボルのパイロットデータにおける不連続性を検出するように構成される。このパイロットデータ不連続性検出部 8 0 1 は、入力 OFDM シンボルがチャンネル推定 / 補正処理部 1 1 0 に入る点に接続する第 1 の接続部 8 0 3、及びパイロットデータ抽出部 7 0 0 の出力部に接続する第 2 の接続

20

30

40

50

部 804 を含む、チャンネル推定 / 補正処理部 110 内の各種の点に接続される。しかしながら、これらの接続点は単なる例に過ぎない。後に明らかになるが、パイロットデータの不連続性に関する関連情報が得られるのであれば、いかなる適当な接続点を用いてもよい。また、チャンネル推定 / 補正処理部 110 は、パイロットデータ不連続性検出部 801 に接続された制御部 802 も有する。制御部 802 は、パイロットデータの不連続性を検出すると、パイロットデータ抽出部 700、NMLS パイロットデータ外挿フィルタ 302、パイロットデータ時間補間部 3072、メモリ素子 3071、及びパイロットデータ周波数補間部 3073 のうちの 1 つ又は複数に対し、適当な制御信号を送信して、これらのチャンネル推定 / 補正処理部 110 の構成要素の動作を、パイロットデータの不連続性に適応させるように構成される。チャンネル推定 / 補正処理部 110 が直面するデータの不連続性の複数の例、及びこれらの不連続性に適応するためのチャンネル推定 / 補正処理部 110 の構成要素の適応例を以下に説明する。

10

【0052】

(パイロットデータ外挿部の出力の不連続性)

上述のように、NMLS パイロットデータ外挿フィルタ 302 は、以前に受信された OFDM シンボルから抽出されたパイロットデータに基づき、未来のパイロットデータの推定値を生成する。この外挿により、生成されるチャンネル推定値に基づいた時間 - 周波数補間が可能となる。しかしながら、まずチャンネル推定 / 補正処理部 110 が初期化されると、外挿パイロットデータ（ひいては、チャンネル推定値）が生成可能となる前に、遅延が生じてしまう。これは、NMLS パイロットデータ外挿フィルタ 302 は、「以前の」シンボルからの以前のパイロットデータを必要とし、この以前のパイロットデータに基づいて、時間領域において未来のパイロットデータの外挿を行うためである。したがって、システムにおいて、外挿機能を構成する或る容量のメモリが必須となる。例えば、パイロットデータ外挿部が 6 個のタップを有しており、パイロットサブキャリアパターンが PP8 である場合 ($D_x = 6$ 、 $D_y = 16$)、パイロットデータ外挿部が外挿を開始するのに十分なパイロットデータを有するためには、計 96 個のシンボルを受信する必要がある ($D_y \times$ パイロットデータ外挿部におけるタップの数)。したがって、パイロットデータ周波数補間部 3073 が、NMLS パイロットデータ外挿フィルタ 302 が外挿パイロットデータを出力できる状態になるまで待機する場合、チャンネル推定値が生成されるまでに、少なくとも 96 個のシンボル分の遅延が生じることになる。

20

30

【0053】

本発明の一実施形態では、不連続性検出部 801 は、チャンネル推定 / 補正処理部 110 の初期化を、例えば第 1 の OFDM シンボルを受信することによって検出することにより、NMLS パイロットデータ外挿フィルタ 302 の初期化による遅延のために生じた、パイロットデータにおける推定不連続性を検出するように構成される。DVB-T2 の例では、この第 1 の OFDM シンボルは、P1 シンボルである。次に、不連続性検出部 801 は、この検出した初期化を制御部 802 に通知する。そして、制御部 802 は、制御信号をパイロットデータ周波数補間部 3073 に送信する。この制御信号により、パイロットデータ周波数補間部 3073 は、パイロットデータの不連続性に対処して動作するように適応される。一例では、パイロットデータ周波数補間部 3073 は、制御信号を受信すると、周波数補間のみを用いてチャンネル推定値を生成し、所定期間の間、パイロットデータ抽出部 700 からの入力を許容し（すなわち、外挿パイロットデータを必要とする時間補間を一切行わない）、接続部 809 を介して、対象のサブキャリアを NMLS パイロットデータ外挿フィルタ 302 の入力部に返信するように構成される。上記所定期間は、少なくとも、NMLS パイロットデータ外挿フィルタ 302 が、時間領域における外挿パイロットデータの生成を開始するのに十分な数の OFDM シンボルを受信するために必要とされる期間に対応する。本実施形態では、パイロットサブキャリアパターンが PP8 である場合、チャンネル推定部 307 は、96 個の代わりに、6 個以内の OFDM シンボルで、チャンネル推定値の生成を開始できる状態になる。

40

【0054】

50

(将来拡張フレームによる不連続性)

F E Fは、D V B - T 2規格に含まれるフレームであり、この規格に従って動作する装置が、将来、新しいタイプのデータフレームに対処できるように、未定義となっているフレームである。図9は、F E Fがどのように実現されるかを示す。図9から分かるように、F E F 9 2は、2つの標準的なT 2フレーム9 1の間に挿入されている。D V B - T 2スーパーフレームにおけるF E Fの挿入、及びその位置は、P 1 O F D Mシンボル及びP 2 O F D Mシンボルに挿入されたシグナリングデータによって示される。

【0055】

受信したD V B - T 2信号にF E Fを挿入する際に、パイロットデータにおいて不連続性が生じ、チャンネル推定システムを阻害してしまうことがある。これは、F E Fが、現在定義されているパイロット方式に準拠するものであるという保証がないこと、及び/又は、F E Fが一切パイロットデータを含まない場合があることによるものである。しかし、D V B - T 2規格に従って動作する受信装置は、F E Fを有するO F D Mフレームシーケンスに対処できなければならない。

【0056】

本発明のいくつかの実施形態では、不連続性検出部801は、チャンネル推定/補正処理部110に入力されたF E Fを検出するように構成される。不連続性検出部801は、F E Fを検出すると、制御部802に信号を送信するように構成される。制御部802は、当該信号を受け、パイロットデータ抽出部700、N M L Sパイロットデータ外挿フィルタ302、及びパイロットデータ周波数補間部3073に制御信号を送信する。この制御信号により、パイロットデータ抽出部700、N M L Sパイロットデータ外挿フィルタ302、及びパイロットデータ周波数補間部3073は、F E Fからのデータがチャンネル推定部307に入力されないことを保証するのに十分な期間だけ、動作を一時停止する。いくつかの実施形態では、この期間は、F E Fの時間長に等しい。この概念は図9に示されている。通常のT 2フレームに対応する第1の期間93及び第3の期間95の間は、チャンネル推定部307は普通に動作する。しかし、F E Fに対応する第2の期間94の間は、チャンネル推定部307の動作が一時停止される。

【0057】

(パイロットパターンにおける不連続性)

図10は、D V B - T 2のフレーム構造の一例を示す(F E Fは図示されない)。図10から分かるように、フレーム構造は、一連のスーパーフレーム1001からなる。各スーパーフレーム1001は、複数のT 2フレーム91からなる。各T 2フレーム91は、複数のO F D Mシンボルを有する。各T 2フレーム91は、P 1シグナリングO F D Mシンボル1002から始まり、その後少なくとも1つのP 2シグナリングO F D Mシンボル1003が続き、その後一連のデータO F D Mシンボル1004が続き、フレーム終結O F D Mシンボル1005で終結される。D V B - T 2において、フレームは互いに独立しており、可変長である。したがって、パイロットサブキャリアパターンが、1つのフレームから次のフレームへと連続しているという保証はない。さらに、T 2フレーム91におけるO F D Mシンボルの数がD yの倍数ではない場合がある。スキッタードパイロットサブキャリアのサイクルが完全に繰り返されるのは、D y個のO F D Mシンボル毎のみであるため、上記の場合、T 2フレーム間でスキッタードパイロットの不連続性が生じてしまうことになる。

【0058】

パイロットサブキャリアパターンの不連続性の例を、図11を参照してさらに説明する。

【0059】

図11は、D y = 4及びD x = 3であるパイロットサブキャリアパターンの一例を示す。最初の6個のO F D Mシンボルは、第1のT 2フレームT 2₁を表し、次の6個のO F D Mシンボルは、第2のT 2フレームT 2₂を表す。図11から分かるように、第2のT 2フレームT 2₂が開始するとき、その「位相」(すなわち、第1のスキッタードパイ

ロットサブキャリアの位置)が「リセット」される。第1の線1101は外挿平面を示す。第2のT2フレームT2₂のパイロットサブキャリアパターンの繰り返しサイクルが、第1のT2フレームT2₁のパイロットサブキャリアパターンから途切れずに続いている場合、スキッターサブキャリアは、この外挿平面に沿って配置される。第2の線1102は、パイロットキャリアが実際に位置する平面を示す。未変更のDVB-Tチャンネル推定部が、図11に示すOFDMシンボルを受信したとすると、チャンネル推定部は、第2のT2フレームT2₂のセルからデータを抽出し、保存し続ける。第1の線1101は、これらのセルに沿って分岐する。チャンネル推定システムが、これらのセルから抽出された値をパイロットデータとして解釈し続けたとすると、このチャンネル推定によって信頼性のあるスキッターパイロット補間を提供することができなくなり、システムが機能しなくなってしまう。

10

【0060】

一実施形態では、不連続性検出部801は、フレーム間の遷移によって生じるすべてのパイロットサブキャリアパターンの不連続性を検出するように構成される。これは、P1フレーム及び/又はP2フレームのシグナリングデータ、或いは任意の他の適当な方法に基づいて行われる。不連続性検出部801は、不連続性を検出すると、制御部802に、不連続性が検出されたことを通知する。そして、制御部802は、パイロットデータ抽出部700に制御信号を送信する。この制御信号により、パイロットデータ抽出部700は、各フレームの始点において、スキッターパイロットの位相を0に「リセット」する。換言すれば、パイロットデータ抽出部700及びNMLSパイロットデータ外挿フィルタ302は、新たなフレームの処理が開始されるとすぐに、第1の線1101に沿って配置されたセルからのデータをパイロットデータとして抽出及び処理する動作から、第2の線1102に沿って配置されたセルからのデータをパイロットデータとして抽出する動作に切り替わる。これにより、通常のデータサブキャリアから抽出された通常のデータがパイロットデータとして誤って解釈されることなく、パイロットサブキャリアからパイロットデータが正しく抽出されることが保証される。

20

【0061】

別の実施形態においても、不連続性検出部801は、フレーム間の遷移を検出し、それを制御部802に通知するように構成される。その後、制御部802は、パイロットデータ抽出部700、NMLSパイロットデータ外挿フィルタ302、及びパイロットデータ周波数補間部3073に、制御信号を送信する。これにより、パイロットデータ抽出部700、NMLSパイロットデータ外挿フィルタ302、及びパイロットデータ周波数補間部3073は、フレームの遷移(これにより、パイロットサブキャリアパターンの不連続性が生じる)中に発生するOFDMシンボルの処理の間は、動作を一時停止する。この文脈における、チャンネル推定部307のすべての構成要素の動作を一時停止させるという概念を図12に示す。

30

【0062】

図12は、図11に示したものと同一OFDMシンボルのシーケンスを示す。第2のT2フレームT2₂の最初の2つのOFDMシンボルの間、チャンネル推定部307の動作は一時停止される。スキッターパイロット平面1201から分かるように、パイロットデータ抽出部700が予測する次のパイロットサブキャリアの位置は、サブキャリアk=15である。最初の2つのOFDMシンボルの間、チャンネル推定部307の動作を一時停止することにより、チャンネル推定部307、ひいてはパイロット抽出部700が動作を再開すると、次のパイロットサブキャリアの位置はk=15となり、パイロットサブキャリアパターンの連続性が維持される。

40

【0063】

パイロットデータ抽出部700、NMLSパイロットデータ外挿フィルタ302、及びパイロットデータ周波数補間部3073が動作を一時停止することができる最長期間に対応するOFDMシンボルの数は、Dy-1である。したがって、パイロットサブキャリアパターンPP1、PP3、PP5、及びPP7の場合、チャンネル推定/補正処理部110

50

の各構成要素が動作を一時停止できる最長期間は、3つのOFDMシンボル分の期間となる。同様に、パイロットサブキャリアパターンPP2、PP4、及びPP6の場合、動作を一時停止できる最長期間は、1つのOFDMシンボル分の期間となる。パイロットサブキャリアパターンPP8の場合、一時停止の最長期間は15個のOFDMシンボル分の期間となる。いくつかの実施形態では、動作が一時停止されている期間中、NMLSパイロットデータ外挿フィルタ302のタップ係数は更新されるべきではなく、誤り推定も一時停止される（雑音電力推定値を変更しないままにしておく）べきである。

【0064】

(MISOモード)

DVB-T2は、いわゆる「多重入力単一出力(MISO: Multiple Input Single Output)」送信モードを提供する。このMISO送信モードでは、2つの異なるバージョンのDVB-T2信号が、別個のアンテナから放送される。この送信ダイバシティは、受信装置において受信された信号が、2つの異なるチャンネルを介して送信されることを意味する。受信装置は、オリジナルデータが2つ以上のチャンネルを介して送信されることを利用して、オリジナルデータのよりロバストなバージョンを生成することができる。これは、DVB Bluebook A133の9.3.3節においてさらに詳しく説明されているが、この概念を図13に簡単なレベルで示す。

【0065】

図13は、それぞれ第1のチャンネル H_1 及び第2のチャンネル H_2 を介してDVB-T2受信装置1303にデータを送信する第1の送信装置（又は送信装置のグループ）1301及び第2の送信装置（又は送信装置のグループ）1302の概略図である。Alamouti符号化に従って、偶数番目のOFDMシンボルのパイロットデータは、そのセットの両方の送信装置から同じ位相で送信される。奇数番目のOFDMシンボルのパイロットデータは、第2の送信装置（又は送信装置のグループ）1302から放送される際に反転される。

【0066】

DVB-T2 MISOモードを実現する際、第1の送信装置（又は送信装置のグループ）1301から送信されるOFDMシンボルと、第2の送信装置（又は送信装置のグループ）1302から送信されるOFDMシンボルとの間には以下のような違いがある。

- ・スキャッタードパイロットサブキャリアのパイロットデータは、第2の送信装置（又は送信装置のグループ）1302からの奇数番目のOFDMシンボルにおいて反転される。

- ・第2の送信装置1302からのP2 OFDMシンボルからのパイロットデータは、3の奇数倍の指数を有するサブキャリアにおいて反転される。

- ・第2の送信装置1302からのエッジパイロットサブキャリアからのパイロットデータは、奇数番目のOFDMシンボルにおいて反転される。

- ・第2の送信装置1302からの連続したパイロットサブキャリアのパイロットデータは、スキャッタードパイロットサブキャリアのパイロットデータが反転される場合にのみ反転され、その他の場合は変更されない。

- ・フレームクローズOFDMシンボル及びデータOFDMシンボルについては、第2の送信装置1302からのスキャッタードパイロットサブキャリアのパイロットデータが、1つのスキャッタードパイロットサブキャリアおきに反転される。

【0067】

MISOモードにおいて送信され、受信されたDVB-T2 OFDMシンボルの復調は、以下の式によって定義される。

【0068】

10

20

30

40

【数 1】

$$H_1(n) = \frac{g_n + g_{n+1}}{2}$$

$$H_2(n) = \frac{g_n - g_{n+1}}{2}$$

【0069】

ここで、

H_1 = 第1のチャンネルのチャンネルインパルス応答

H_2 = 第2のチャンネルのチャンネルインパルス応答

n = スキャッタードパイロットキャリア

$n+1$ = スキャッタードパイロットキャリア n に隣接するスキャッタードパイロットキャリア

$g(n)$ = スキャッタードパイロットキャリア n における両方のチャンネルの合計

$g(n+1)$ = スキャッタードパイロットキャリア n における両方のチャンネルの差

10

【0070】

OFDMサブキャリア n 上のパイロットデータは、事実上、両方の送信装置からのパイロットサブキャリアにおけるパイロットデータの合計であり、OFDMサブキャリア $n+1$ 上のパイロットデータは、事実上、両方の送信装置からのサブキャリア位置におけるパイロットの差である（これは、一方の送信装置においてパイロットを反転させることにより実現される）。したがって、OFDMサブキャリア n 及び $n+1$ 上で、2つの隣接したスキャッタードパイロットデータの合計をそれぞれ平均することにより、第1の送信装置 1301 について、OFDMサブキャリア n 上のスキャッタードパイロットサブキャリア位置におけるチャンネル推定値が得られる。一方、OFDMサブキャリア n 及び $n+1$ 上で、同じ隣接したパイロットデータの差を平均することにより、第2の送信装置 1302 について、OFDMサブキャリア n 上のスキャッタードパイロット位置におけるチャンネル推定値が得られる。チャンネル推定部 307 を、MISO送信モード中、このようにしてチャンネル推定を行うように適応させることができる。これは、サブキャリア位置 $n+1$ におけるスキャッタードパイロットの値を求めるためには、サブキャリア位置 $n+1$ におけるスキャッタードパイロットの値に基づく補間を実行しなければならないことを意味する。

20

30

【0071】

（MISOモードにおけるパイロットの不連続性）

図5に示すチャンネル推定と同様に、MISO送信モードでは、チャンネル推定部 307 は依然として、受信したOFDMシンボルのシーケンスにおけるすべてのサブキャリア位置について、チャンネル推定値を提供しなければならない。これを図14(a)及び図14(b)に示す。

【0072】

図14(a)は、典型的なMISOモードのOFDMシンボルシーケンスの最初の37個のサブキャリアを示す。図14(b)は、パイロットデータ抽出部 700 によってパイロットデータが抽出され、パイロットデータ時間補間部 3072 によって補間された後の、同じOFDMシンボルシーケンスを示す。偶数番目のOFDMシンボルにおいて送信された反転されていないパイロットデータ 1401 は黒丸で示され、奇数番目のOFDMシンボルにおいて送信された反転されたパイロットデータ 1402 は、斜線の丸で示される。信頼性の高いチャンネル推定のために十分なパイロットデータを得るために、サブキャリア位置 $k=3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 30$ 、及び36における「欠損」サブキャリアは、抽出されたパイロットデータの補間に基づくパイロットデータで埋められなければならない。これは、各サブキャリアについて、パイロットデータ間の時間補間を行うことにより実現することができる。図14(b)は、MISOモード送信の場合の時間補間の概念を示す。補間された、反転されていないパイロットデータセル 1403 は黒の二重丸

40

50

で示され、補間された、反転されたパイロットデータセル1404は、斜線の二重丸によって示される。図14(a)から分かるように、エッジパイロットサブキャリアを含むサブキャリア1405を除く各パイロットサブキャリアは、非反転又は反転のいずれか一種類のみのパイロットデータを含む。これにより、これらのサブキャリアにおける補間が可能となる。上述のように、エッジパイロットサブキャリアは、通常、連続したパイロットサブキャリアを有する。しかし、このMISOモードの実施形態では、エッジパイロットサブキャリア1405には、非反転スキッターパイロットデータ1401及び反転スキッターパイロットデータ1402の両方が存在し、不連続なパイロットデータを有するということになる。したがって、パイロットデータ時間補間部3072において、このエッジパイロットサブキャリア1405を連続したパイロットと見なすことはできない。しかし、図14(b)のエッジパイロットサブキャリア1406において示すように、非反転スキッターパイロットサブキャリアから抽出された非反転パイロットデータ間を補間して、元々は反転パイロットデータが占めていたセル位置を埋めることで、この問題を緩和することができる。同様に、抽出された反転スキッターパイロットデータ間を補間して、元々は非反転パイロットデータが占めていたセル位置を埋めることも可能である。

10

【0073】

(MISOモードにおけるパイロット位相反転による不連続性)

MISOモードの場合のチャンネル推定中に生じるさらなる問題は、パイロット位相反転による不連続性の発生である。図15(a)は、MISOモードにおいて、PP3パイロットサブキャリアパターンを用いて送信され、受信された一連のOFDMシンボルのサブキャリア $k = 0 \sim k = 36$ を示す。図15(a)から分かるように、P2 OFDMシンボルからの、サブキャリア位置 $k = 6$ 、 $k = 18$ 、及び $k = 30$ 上のパイロットサブキャリア1501は、非反転パイロットデータを含み、一方、サブキャリア位置 $k = 6$ 、 $k = 18$ 、及び $k = 30$ 上の残りのパイロットサブキャリア1402は、反転パイロットデータを含む。サブキャリア $k = 6$ 、 $k = 18$ 、及び $k = 30$ に反転パイロットデータと非反転パイロットデータの両方が存在するという事は、これらのサブキャリアから抽出されたパイロットデータの時間補間中に不連続性が生じる可能性があるということの意味する。

20

【0074】

上述のように、時間補間を実行するために、パイロット保持サブキャリア(図15(a)におけるサブキャリア $k = 6$ 、 12 、 18 、 24 及び 36)から抽出されたパイロットデータを用いて、パイロットデータを含まないサブキャリア位置について、OFDMシンボル間で補間されたパイロットデータが生成される。したがって、例えば、図15(a)において、フレームクローズOFDMシンボルFC上の $k = 6$ におけるパイロットサブキャリアから抽出されたパイロットデータと、データOFDMシンボルD₈上の $k = 6$ におけるパイロットサブキャリアから抽出されたパイロットデータとの間が補間され、OFDMシンボルD₇のサブキャリア位置 $k = 6$ についての補間されたパイロットデータ推定値が生成される。しかし、MISOモードがさらに複雑なのは、この補間値を生成するために用いられる、2つのパイロットサブキャリアから抽出されるパイロットデータは、両方とも非反転又は反転のいずれか一方でなければならない点である。一方が反転であり、他方が非反転である場合、補間の結果に誤りが生じてしまう。図15(b)は、図15(a)に示すOFDMシンボルシーケンスが従来のチャンネル推定部によって処理された場合、どのようにしてこの誤りが起こるかの一例を示す。

30

40

【0075】

P2 OFDMシンボルのサブキャリアは、サブキャリア $k = 18$ 及び $k = 30$ において、パイロットサブキャリアパターンによって指示されたサブキャリアとなるか、或いは、外挿パイロットデータを生成するために、パイロットデータが抽出される一対のパイロットサブキャリアのうち的一方として用いられる。これらのP2パイロットサブキャリアは不連続であるため、サブキャリア $k = 18$ についてのP2 OFDMシンボル以降の補

50

間された出力 1 5 0 2 と、サブキャリア $k = 3 0$ についての補間された出力 1 5 0 3 に誤りが生じてしまう。

【 0 0 7 6 】

本発明の一実施形態では、チャンネル推定部 3 0 7 の動作を一時停止することにより、図 1 5 (b) に示す誤りが生じた出力 1 5 0 2 、 1 5 0 3 を回避して、問題の P 2 O F D M シンボルから不連続なパイロットデータが抽出されないようにすることができる。本実施形態では、不連続性検出部 8 0 1 は、P 2 O F D M シンボルに加え、不連続なパイロットデータを含むサブキャリアも検出するように構成される。これは、P 1 フレームシグナリングデータ及び/又は P 2 フレームシグナリングデータ、或いは任意の他の適当な方法に基づいて行うことができる。その後、この不連続性の検出は制御部 8 0 2 に通知される。制御部 8 0 2 は、チャンネル推定/補正処理部 1 1 0 のすべての構成要素、すなわち、パイロットデータ抽出部 7 0 0 、 N L M S パイロットデータ外挿フィルタ 3 0 2 、及びパイロットデータ周波数補間部 3 0 7 3 に制御信号を送信する。この制御信号により、これらの構成要素は、不連続なパイロットデータがチャンネル推定部 3 0 7 によって処理されないようにするために十分に長い期間、動作を一時停止する。

10

【 0 0 7 7 】

本発明の別の実施形態では、反転パイロットデータを含む、隣接したパイロットサブキャリアから、不連続なパイロットデータが問題のパイロットサブキャリアにコピーされる。この概念を図 1 6 に示す。図 1 6 は、図 1 5 (a) に示す M I S O O F D M シンボルシーケンスを示す。しかしながら、図 1 6 から分かるように、 $k = 1 5$ におけるパイロットサブキャリアからの P 2 パイロットデータが、元々は不連続なパイロットデータを含んでいた P 2 パイロットサブキャリア $k = 1 8$ にコピーされている。同様に、パイロットサブキャリア $k = 2 7$ からの反転パイロットデータが、元々は不連続なパイロットデータを有していた $k = 3 0$ におけるパイロットサブキャリアにコピーされている。

20

【 0 0 7 8 】

典型的には、この処理は、N L M S パイロットデータ外挿フィルタ 3 0 2 又はチャンネル推定部 3 0 7 による処理の前に実行される。M I S O モードにおいては、2 つの隣接する O F D M シンボル間でチャンネルが変更されないことが想定されるため、一実施形態では、本方法は M I S O モード送信において用いられる。図 1 7 は、この処理を実行するように構成されたチャンネル推定/補正処理部 1 1 0 の概略図である。図 1 7 に示すチャンネル推定/補正処理部 1 1 0 は、パイロットコピー部 1 7 0 1 が、すべての入力 O F D M シンボルを処理するように構成されていること以外は、図 5 に示すものと同様である。不連続性検出部 8 0 1 は、P 2 O F D M シンボルと、不連続なパイロットデータを含むサブキャリアを検出するように構成される。この不連続性の検出は、制御部 8 0 2 に通知される。制御部 8 0 2 は、制御信号をパイロットコピー部 1 7 0 1 に送信するように構成される。パイロットコピー部 1 7 0 1 は、問題の P 2 パイロットが検出されたときに、上述のようにパイロットデータをコピーするように構成される。

30

【 0 0 7 9 】

(動作の概要)

図 1 8 は、本発明の実施形態の技術に係る方法のステップを示すフローチャートである。ステップ S 1 0 1 において、O F D M シンボルが受信装置において受信され、ステップ S 1 0 2 において、パイロットデータの何らかの不連続性が検出される。ステップ S 1 0 3 において、パイロットデータ抽出部、パイロットデータ外挿部、パイロットデータ時間補間部、及びパイロットデータ周波数補間部のうちの少なくとも一つが、パイロットデータの不連続性を補償するように制御される。

40

【 0 0 8 0 】

以上で説明した実施形態には、種々の変更を加えることができる。例えば、上述のチャンネル推定部を構成する特定の構成要素、例えば、線形補間部、N L M S フィルタ、及びチャンネル推定部は、論理上のブロックであることが理解される。したがって、これらの構成要素が提供する機能は、上述し、図示した形式に厳密には準拠しない方法で表されてもよ

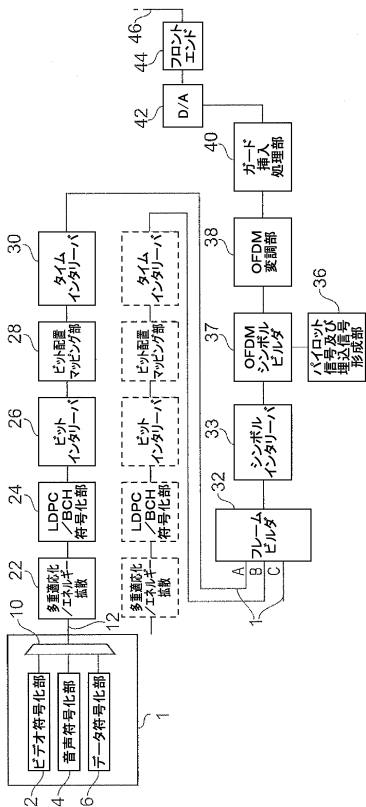
50

い。例えば、本発明の態様は、プロセッサ上で実行可能な命令を有するコンピュータプログラム製品の形で実装されてもよい。このコンピュータプログラム製品は、フロッピー（登録商標）ディスク、光ディスク、ハードディスク、PROM、RAM、フラッシュメモリ、又はこれらの若しくは他の記憶媒体の任意の組み合わせ等のデータ搬送媒体に保存されるか、或いはイーサネット（登録商標）、無線ネットワーク、インターネット、又はこれらの若しくは他のネットワークの任意の組み合わせ等のネットワーク上でデータ信号を介して送信されるか、或いはハードウェアにおいてASIC（Application Specific Integrated Circuit: 特定用途向け集積回路）又はFPGA（Field Programmable Gate Array: フィールドプログラマブルゲートアレイ）又は従来の等価な機器において用いられるのに適した他の構成可能な若しくは特注の回路として実装される。

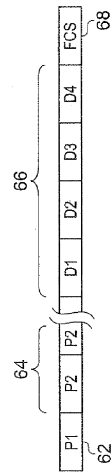
【0081】

また、本発明の実施形態は、DVB-C2として知られるケーブル送信規格等の他の適当な送信規格において用いられてもよい。DVB-C2の例では、OFDMシンボルは無線周波数サブキャリアを介して送受信されるのではなく、ケーブルを介して送受信されるため、送信装置及び受信装置の構成に適宜変更が加えられる。しかし、本発明の実施形態はDVB用途に限定されず、固定及び移動の両方の送受信の他の規格に拡張されてもよいことを理解されたい。

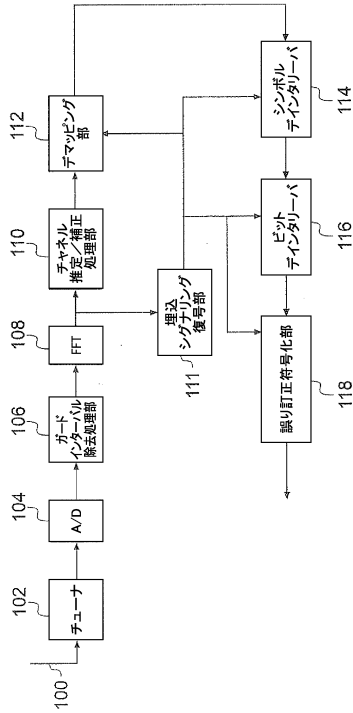
【図1】



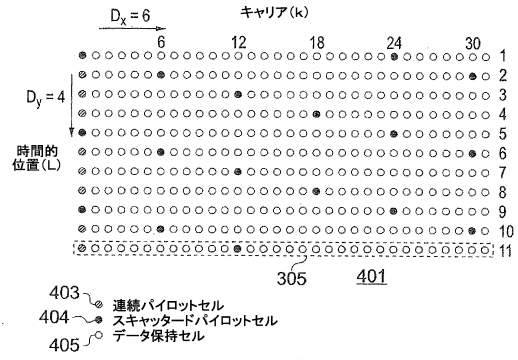
【図2】



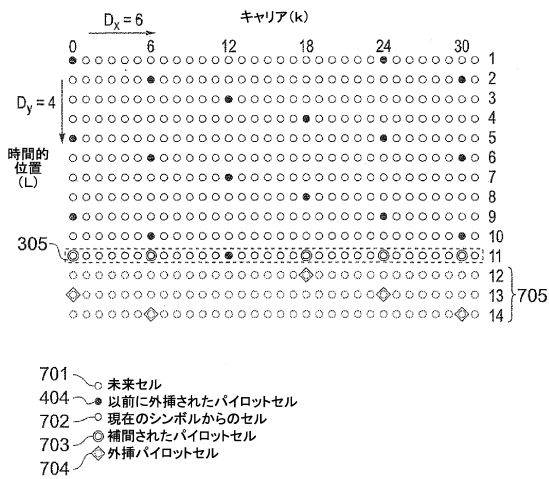
【図3】



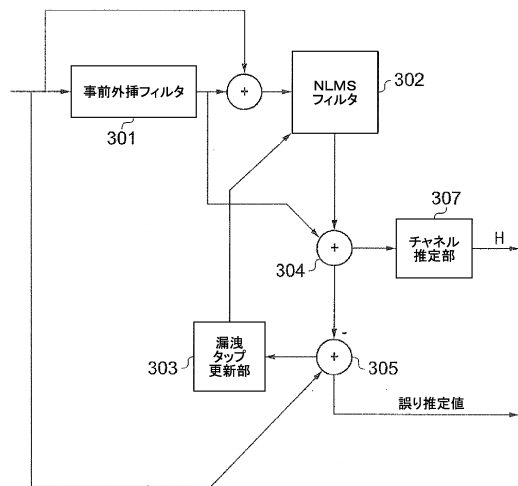
【図4】



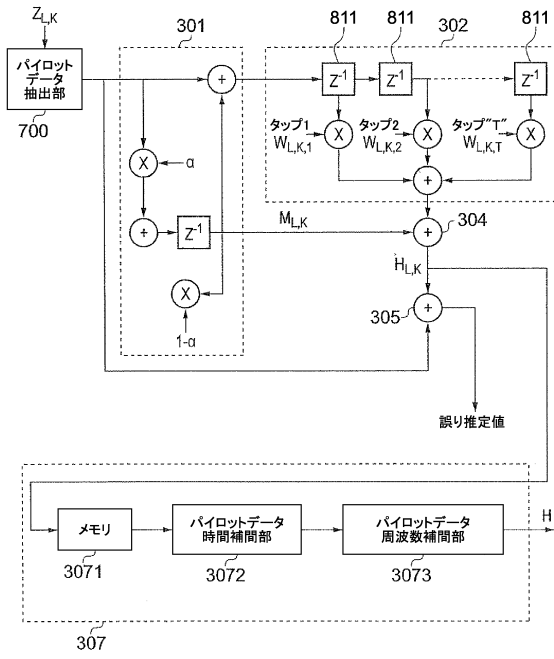
【図5】



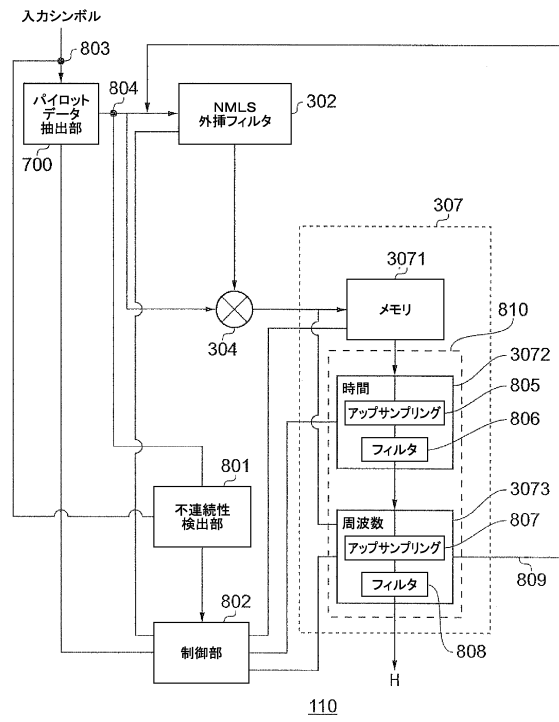
【図6】



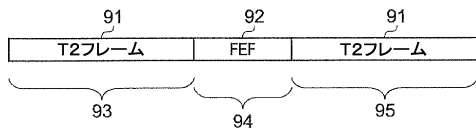
【図7】



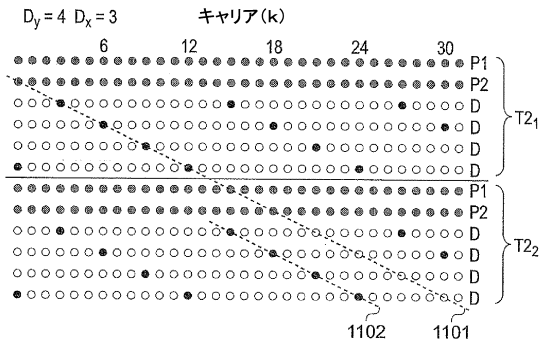
【図8】



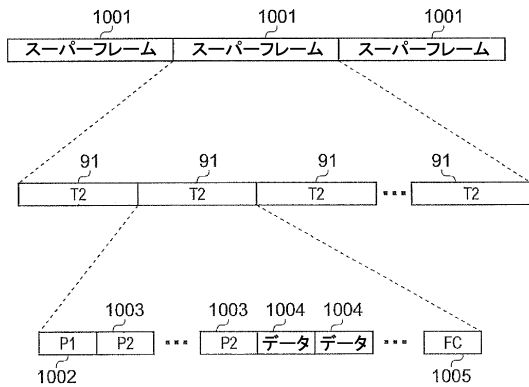
【図9】



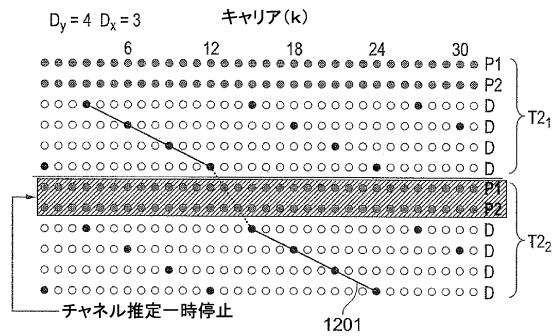
【図11】



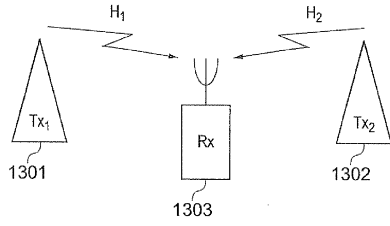
【図10】



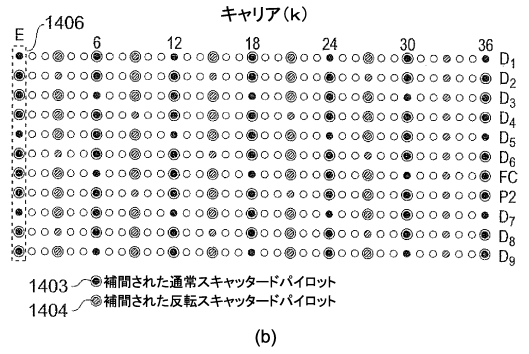
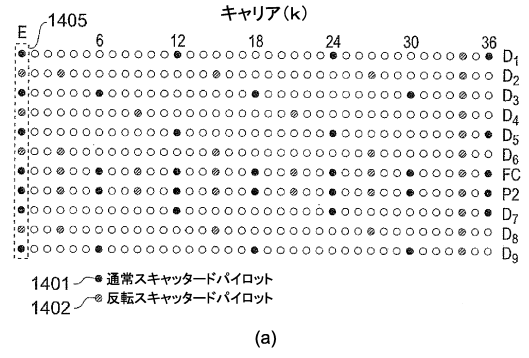
【図12】



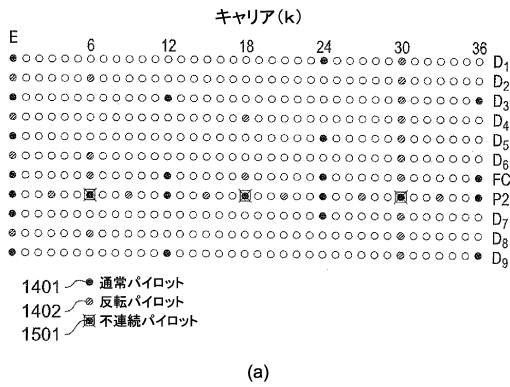
【図13】



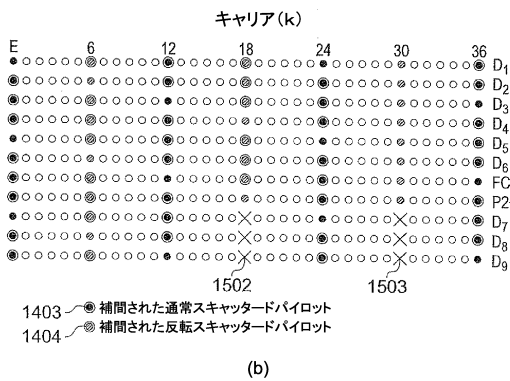
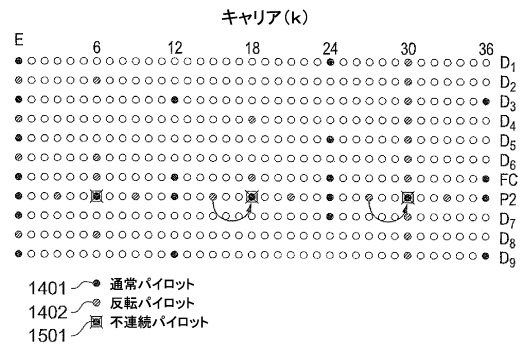
【図14】



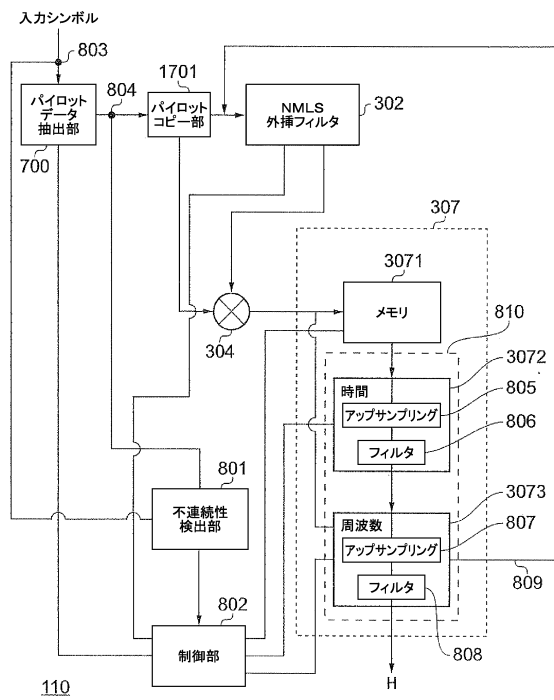
【図15】



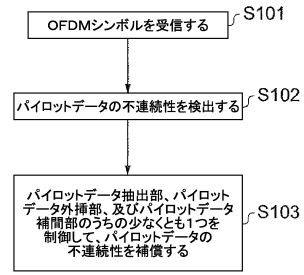
【図16】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

(72)発明者 サミュエル アサングベング アツングシリ
イギリス ハンプシャー アールジ-21 4 ビーエス ベーキングストーク シモンズ ウォーク 13

審査官 大野 友輝

(56)参考文献 特開2007-158424(JP, A)
米国特許出願公開第2009/0052561(US, A1)
国際公開第2009/020942(WO, A1)
特開2007-266761(JP, A)
Fang-Hsu Lu et al., Channel estimation for DVB-T receiver with asynchronous sampling clock, Consumer Electronics, 2009. ISCE '09. IEEE 13th International Symposium on, 2009年 5月23日

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