

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2013-535883

(P2013-535883A)

(43) 公表日 平成25年9月12日(2013.9.12)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H04 J 11/00 (2006.01)	H04 J 11/00 Z	5 K 0 4 6
H04 B 3/54 (2006.01)	H04 B 3/54	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2013-519771 (P2013-519771)	(71) 出願人	390020248
(86) (22) 出願日	平成23年7月12日 (2011.7.12)		日本テキサス・インスツルメンツ株式会社
(85) 翻訳文提出日	平成25年3月8日 (2013.3.8)		東京都新宿区西新宿六丁目24番1号
(86) 国際出願番号	PCT/US2011/043725	(71) 出願人	507107291
(87) 国際公開番号	W02012/009366		テキサス インスツルメンツ インコーポ
(87) 国際公開日	平成24年1月19日 (2012.1.19)		レイテッド
(31) 優先権主張番号	61/380, 917		アメリカ合衆国 テキサス州 75265
(32) 優先日	平成22年9月8日 (2010.9.8)		-5474 ダラス メール ステーショ
(33) 優先権主張国	米国 (US)		ン 3999 ピーオーボックス 655
(31) 優先権主張番号	61/391, 359		474
(32) 優先日	平成22年10月8日 (2010.10.8)	(74) 上記1名の代理人	100098497
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 片寄 恭三
(31) 優先権主張番号	61/363, 335		
(32) 優先日	平成22年7月12日 (2010.7.12)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 コヒーレント変調用パイロット構造

(57) 【要約】

直交周波数分割多重 (OFDM) シンボルを用いる電力線通信 (PLC) ネットワーク (100) において通信するためのシステム及び方法。所定のパターンに従った OFDM シンボルによってパイロットトーンが搬送される。受信デバイス (105-1、105-2) が、各周波数でのパイロットトーンを識別する。選択される周波数における、前に受信された一群のパイロットトーンがフィルタリングされて、新たなシンボルにおける選択された周波数でのトーンについてのチャネル推定を生成する。OFDM シンボル内の 2 つの異なる周波数でのチャネル推定が内挿され得、この OFDM シンボル内の第 3 の周波数についてのチャネル推定を求めることができる。

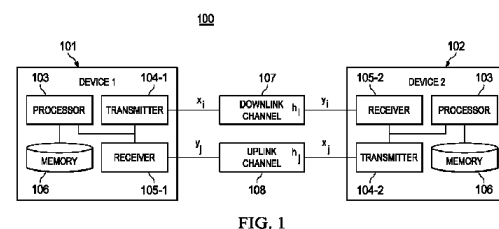


FIG. 1

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

方法であって、

第 1 のデバイスから第 2 のデバイスに送信される複数の直交周波数分割多重 (OFDM) シンボルを受信するステップであって、前記 OFDM シンボルの各々が複数のトーンを有する、ステップ、

前記 OFDM シンボル内の、周期的パターンで生じるパイロットトーンを識別するステップ、及び

選択される周波数について内挿チャネル推定値を求めるため、前記選択される周波数で生じる所定数のパイロットトーンをフィルタリングするステップ、

を含む、方法。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の方法であって、

選択される時点における第 1 の周波数について内挿チャネル推定を生成するステップ、

前記選択された時点における第 2 の周波数について内挿チャネル推定を生成するステップ、及び

前記選択された時点における第 3 の周波数についての内挿チャネル推定を生成するため、前記第 1 の周波数についての前記内挿チャネル推定と、前記第 2 の周波数についての前記内挿チャネル推定との間で内挿するステップ、

をさらに含む、方法。

20

【請求項 3】

請求項 2 に記載の方法であって、前記第 3 の周波数が、前記第 1 の周波数と前記第 2 の周波数との間である、方法。

【請求項 4】

請求項 2 に記載の方法であって、前記第 1、第 2、及び第 3 の周波数についての前記内挿チャネル推定が信号シンボルに関連する、方法。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の方法であって、

選択される時点における第 1 の周波数についてのパイロットトーンに関連するパイロットトーンチャネル特性を識別するステップ、

30

前記選択された時点における第 2 の周波数についての内挿チャネル推定を生成するステップ、及び

前記選択された時点における第 3 の周波数についての内挿チャネル推定を生成するため、前記パイロットトーンチャネル特性と、前記第 2 の周波数についての前記内挿チャネル推定との間で内挿するステップ、

をさらに含む、方法。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の方法であって、前記フィルタリングするステップが、前記選択された周波数について内挿チャネル推定を求めるため、前記選択された周波数で生じる最後の 3 個のパイロットトーンをフィルタリングするステップをさらに含む、方法。

40

【請求項 7】

請求項 1 に記載の方法であって、

各 OFDM シンボル内の 12 番目の周波数毎にパイロットトーンが搬送され、

隣接シンボルのパイロットトーンが 3 トーン分循環的にシフトされる、

方法。

【請求項 8】

請求項 1 に記載の方法であって、前記パイロットトーンが前記 OFDM シンボル内の各トーンに現れない、方法。

【請求項 9】

装置であって、

50

それぞれ複数のトーンを有する複数の直交周波数分割多重（OFDM）シンボルを受信するように適合されるレシーバ、及び

前記レシーバに結合されるプロセッサであって、前記OFDMシンボル内の、周期的パターンで生じるパイロットトーンを識別するように、かつ、選択される周波数についての内挿チャンネル推定を求めるため前記選択される周波数で生じる所定数のパイロットトーンをフィルタリングするように適合される前記プロセッサ、

を含む、装置。

【請求項 10】

請求項 9 に記載の装置であって、

前記プロセッサが、

選択される時点における第 1 の周波数についての内挿チャンネル推定を生成し、

前記選択された時点における第 2 の周波数についての内挿チャンネル推定を生成し、

前記選択された時点における第 3 の周波数についての内挿チャンネル推定を生成するため、前記第 1 の周波数についての前記内挿チャンネル推定と、前記第 2 の周波数についての前記内挿チャンネル推定との間で内挿する、

ようにさらに適合される、装置。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の装置であって、前記第 3 の周波数が、前記第 1 の周波数と前記第 2 の周波数の間である、装置。

【請求項 12】

請求項 10 に記載の装置であって、前記第 1、第 2、及び第 3 の周波数についての前記内挿チャンネル推定が信号シンボルに関連する、装置。

【請求項 13】

請求項 9 に記載の装置であって、前記プロセッサが、

選択される時点における第 1 の周波数についてのパイロットトーンに関連するパイロットトーンチャンネル特性を識別し、

前記選択された時点における第 2 の周波数についての内挿チャンネル推定を生成し、

前記選択された時点における第 3 の周波数についての内挿チャンネル推定を生成するため、前記パイロットトーンチャンネル特性と前記第 2 の周波数についての前記内挿チャンネル推定との間で内挿する、

ようにさらに適合される、装置。

【請求項 14】

請求項 9 に記載の装置であって、前記プロセッサが、前記選択された周波数について内挿チャンネル推定を求めるため、前記選択された周波数で生じる最後の 3 個のパイロットトーンをフィルタリングするようにさらに適合される、装置。

【請求項 15】

請求項 9 に記載の装置であって、

各 OFDM シンボル内の 12 番目の周波数毎にパイロットトーンが搬送され、

隣接シンボルのパイロットトーンが 3 トーン分循環的にシフトされる、

装置。

【請求項 16】

請求項 9 に記載の装置であって、前記 OFDM シンボル内の或るトーンではパイロットトーンが決して生じない、装置。

【請求項 17】

請求項 9 に記載の装置であって、交互の OFDM シンボルではパイロットトーンが生じない、装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、全般的に通信システムを対象とし、より具体的には、電力線通信

10

20

30

40

50

におけるコヒーレント変調用パイロット構造を対象とする。

【背景技術】

【0002】

国際電気通信連合（ITU）の電気通信標準化部門は、分散自動化、スマートメータ、スマート家電、及び電気車両用新型再充電システムなど、コスト効果の高いスマートグリッド応用例を可能にするために、G.hnemと呼ばれる新たな規格を策定中である。G.hnem規格は、電気グリッドと通信ネットワークをつなげるものであり、それによって公共施設が、より高度なモニタリングを実施したり、通信媒体としての電力線をサポートしたりすることができる。G.hnem規格はイーサネット、IPv4及びIPv6プロトコルをサポートし、G.hnemベースのネットワークは、IPベースのネットワークと統合され得る。G.hnem規格は、500kHz未満の周波数での交流及び直流電力線を介する狭帯域直交周波数分割多重（OFDM）電力線通信用の物理層及びデータリンク層を定義する。

10

【0003】

G.hnem規格で用いられる変調のフォーマットはITUによって検討中である。G.hnemはコヒーレント変調をサポートするであろうこと、及びパイロットパターンが特定されることが予想されている。しかし、現状では、特定のパイロットパターンがG.hnem規格とともに用いられているわけではない。

【0004】

パイロットパターンは、他の電力線通信ネットワークにおいて、或いは、例えば、電力線又は他の媒体を介する直交周波数分割多重（OFDM）シンボルの送信を用いる他の通信技術において有用である。

20

【発明の概要】

【0005】

OFDMシンボルのヘッダ及びペイロードに埋め込まれるパイロットトーンのパターンを特定して、チャネル推定を改善し、クロック及びチャネル特性のドリフトを低減し得る。コヒーレント変調は、電力線通信で通常見られる多様なチャネル及びノイズ条件に対し、差動変調より2dBを越える性能利得を提供する。大きな実装上の複雑さを生じさせることなく実際の条件下でチャネル推定を可能にするパイロット構造が開示される。

【図面の簡単な説明】

30

【0006】

添付の図面を参照して例示の実施形態を説明する。

【図1】本発明の実施形態を実施するためのシステムのブロック図である。

【図2】一実施形態に従った基本的なパイロット構造を示す。

【図3】パイロットトーンではないトーンにおいて一実施形態で実施されるチャネル推定を示す。

【図4】代替のパイロット構造を示す。

【図5】オーバーヘッドが8.25%のパイロット構造を示す。

【図6】オーバーヘッドが16.5%のパイロット構造を示す。

【図7】別の実施形態で用いられるパイロットパターンの組合せを示す。

40

【発明を実施するための形態】

【0007】

図1は、本発明の実施形態を実施するためのシステム100のブロック図である。デバイス101と102は、チャネル107及び108を介して通信する。デバイス101及び102は、トランスミッタ104を介して他のデバイスに送信される信号を処理し、レシーバ105を介して他のデバイスから受信する信号を処理するためのプロセッサ103を含む。信号 x_i が、デバイス101内のトランスミッタ104-1によって、ダウンリンクチャネル107を通して、デバイス102内のレシーバ105-2に送信される。ダウンリンクチャネル107は、送信信号に影響を及ぼすチャネル特性 h_i を有し、そのため、改変された信号 y_i がレシーバ105-2で検出される。さらに、ノイズ n_i がレシ

50

ーバ 105 - 2 で受信又は検出されることがある。

【0008】

同様に、信号 x_j が、デバイス 102 内のトランスミッタ 104 - 2 によって、アップリンクチャネル 108 を通して、デバイス 101 内のレシーバ 105 - 1 に送信される。アップリンクチャネル 108 は、送信信号に影響を及ぼすチャネル特性 h_j を有し、そのため、改変された信号 y_j がレシーバ 105 - 1 で検出される。ノイズ n_j がレシーバ 105 - 1 で受信又は検出されることがある。チャネル 107 及び 108 を通って各デバイスで受信される信号 y_i 及び y_j は、下記のように表され得る。

$$y_i = h_i x_i + n_i$$

$$y_j = h_j x_j + n_j$$

10

【0009】

ノイズ成分を無視すると、各チャネルの特性 h は、既知のパイロット信号などの既知の送信信号 x を、観察される受信信号 y とともに用いて、下記の数式で示されるように決定され得る。

$$h_i = y_i / x_i$$

$$h_j = y_j / x_j$$

【0010】

ダウンリンクチャネル 107 及びアップリンクチャネル 108 は、デバイス 101 と 102 の間の有線又は無線インターフェースを表し得る。例えば、デバイス 101 は、ベースノード、コンセントレータ、あるいは電力線通信 (PLC) ネットワークにおけるネットワーク技術又は通信技術のマスタとして動作する他のデバイスとし得る。デバイス 102 は、モデム、メータ、あるいは、例えば、ホームエリアネットワーク、アクセスポイント、基地局、ピコセル/フェムトセル、電気車両充電ステーションなどを含む、ベースノードとデータを交換することで恩恵を受けるか又はデータを交換する必要があるし得る、その他のデバイスとし得る。PLC ネットワークにおけるチャネル 107 及び 108 は、変圧器又は他のインターフェースの両端の中電圧 (MV) 線と低電圧 (LV) 線との間の遷移を含み得る。例えば、デバイス 101 は MV 線に接続され得、デバイス 102 は LV 線に接続され得、この LV 線が変圧器によって上述の MV 線に結合され得る。

20

【0011】

通信信号 x_i 及び x_j は、G.hn-em 規格、PRIME (Powerline Related Intelligent Metering Evolution) 規格、又は G3 規格に準拠した直交周波数分割多重 (OFDM) 信号とし得る。

30

【0012】

他の実施形態では、デバイス 101 と 102 は、OFDM 信号を用いる無線チャネル 107 及び 108 を介して通信し得る。

【0013】

プロセッサ 103 は、ソフトウェア、ファームウェア、又はハードウェアベースの構成要素、あるいはこれらの組合せとし得る。プロセッサ 103 は、デバイス 101 と 102 の間の送信信号の変調も制御し得る。メモリ 106 は、送信される信号及びシンボル、受信された信号及びシンボル、変調方式、及びプロセッサ 103 によって用いられるコンピュータプログラム命令、ソフトウェア、及びファームウェア、ならびに通信の過程で必要とされる任意の他のパラメータを記憶するために用いられ得る。メモリ 106 は、プロセッサ 103 とは別体の、又はプロセッサ 103 に統合される、固定又は着脱可能 RAM、ROM、フラッシュメモリ、又はディスクドライブなどの任意の適用可能なストレージデバイスとし得ることを理解されたい。

40

【0014】

図 1 のデバイス 101 及び 102 は単に例示の目的で示されており、本明細書で説明するパイロット構造を採用し得るシステム又はデバイスの範囲を限定することを意図しないことを理解されたい。

【0015】

50

通常の時間 - 周波数パイロット構造を使用すると、OFDM送信を用いるシステムに関して、(1)チャネル推定、及び(2)キャリア及びサンプリング周波数トラッキング、の2つの向上が可能になる。サンプリング周波数トラッキングは、狭帯域PLCシステムに一層関連している。

【0016】

理想的なチャネル推定を備えたコヒーレント変調は、差動変調よりもかなり大きな性能利得をもたらすことはよく知られている。しかし、2つの懸念、すなわち、(1)周波数選択性歪み及び電力線ノイズの存在下でのチャネル推定の精度、及び(2)コヒーレント変調の複雑さ、がコヒーレント変調の狭帯域PLCシステムへの広範な応用を妨げてきた。これらの懸念はいずれも、コヒーレント変調のシンプルでロバストな実装の助けとなるように通信システムを適切に設計することによって軽減され得る。

【0017】

「G.hnemにコヒーレント変調を用いることの提案(Proposal To Use Coherent Modulation For G.hnem)」というタイトルの__日付のITU電気通信標準化部門テンポラリ文書10GS3-059は、シミュレーション結果を用いて差動変調よりもコヒーレント変調に利点があることを実証しており、この開示を参照により本明細書に組み込む。また、低複雑度のチャネル推定方法も示されている。テキサス・インスツルメンツの「コヒーレント変調の性能(Performance of Coherent Modulation)」というタイトルの2010年8月のアドホックコールは、G.hnemが固定位相基準に関するデータキャリアのコヒーレント変調を採用することを提案しており、この開示を参照により本明細書に組み込む。フレームを通して及びキャリア周波数ドリフト及び他の悪化の存在下で、正確なチャネル推定を得るための低複雑度の方法とともにレシーバを用いることが望ましい。初期チャネル推定は、プリアンブルシンボルを用いることによって得ることができる。

【0018】

以下の理由から、ヘッダ及びデータシンボルに埋め込まれた通常の時間 - 周波数パイロットを送信することが必要である。

【0019】

まず、プリアンブル挿入の主要な目標は、正確な同期を保証することである。プリアンブルは、最も高度な変調方式に必要とされるレベルのチャネル推定精度が得られるように設計される必要はない。このことは、プリアンブルシンボルが、電力線システムではよくあるインパルスノイズによる影響を受ける場合に特にあてはまる。

【0020】

次に、プリアンブルを用いて正確なチャネル推定が得られる場合でも、得られる推定は、キャリアドリフトや、実際のチャネルにおける潜在的な小さな変動のために、フレームを通して正確でないことがある。

【0021】

上記の問題はいずれも、ヘッダ及びデータシンボルに埋め込まれる通常の時間 - 周波数パイロットキャリアを用いることによって軽減され得る。提案されるパイロット構造の例を以下により詳細に説明する。

【0022】

図2は、基本的なパイロット構造を示す。各円はキャリア又はトーンを表す。黒い円は、既知のデータが送信されるパイロットトーンを表す。白い円は、ヘッダ又はデータ通信に利用可能なトーンを表す。図2に示すグリッド200は、時間及び周波数に関して繰り返して全PHYフレームを生成する。OFDMシンボル202はそれぞれ、8個のトーン201-1~201-8を含む。任意の所与のシンボル202において、8個毎のトーンは、パイロットトーン203~206である。パイロットトーンの場合は各シンボルで2トーン分シフトされており、それによって周期的パターンが生成される。その結果、4シンボル毎に同じトーンでパイロットが生じる。

【0023】

10

20

30

40

50

グリッド 200 で用いられるパターンは、パイロットを搬送しないいくつかのトーン 201 - 2、201 - 4、201 - 6、及び 201 - 8 となる。その代わりに、これらのトーンは、データ又はヘッダ情報のみを搬送する。パイロット 201 - 1、201 - 3、201 - 5、及び 201 - 7 用に時折用いられるトーンでは、4 個のシンボルのうち 3 個がキャリアデータ又はヘッダ情報を搬送する。これらの非パイロット（すなわち、データ又はヘッダ情報）トーンについてのチャンネルは推定される必要がある。レシーバには元の送信されたトーンの中身がわからないからである。

【0024】

図 3 は、パイロットトーンではないトーンについて一実施形態においてチャンネル推定がどのように実施されるかを示す。図 3 は、図 2 のグリッド 200 が、時間にわたってどのように繰返しパターンで継続され得るかも示す。図 3 には、4 回の繰返し 200 - 1 ~ 200 - 4 が示されている。このパターンは、2 つ以上のデバイス間でデータを送信する必要がある限り、繰り返され得る。

【0025】

トーン 301 は、パイロットトーンではなく、その代わりに、データ又はヘッダ情報を搬送する。レシーバは、送信データを復元するためにトーン 301 についてのチャンネルを推定しなければならない。チャンネル推定は、時間内挿及びそれに続く周波数内挿によって行われ得る。図 3 は、時間内挿の一実施形態を示している。すべての新たなシンボル 301 に対し、同じ周波数の 3 個の前のパイロット 302、303、304 がフィルタリングされて、新たなシンボル 301 のこのトーンについての内挿チャンネルが推定される。

【0026】

時間内挿プロセスの終了時に、パイロットデータ又は内挿された推定値のいずれかが、各 OFDM シンボルの 2 トーン毎に利用可能になる。例えば、シンボル 300 において、トーン 301、305、及び 306 についてのチャンネルは、これらのトーンに対する 3 つの前のパイロットの時間内挿を用いて推定され得、このパイロットからトーン 307 が計算され得る。

【0027】

次いで、周波数内挿を用いて、時間内挿されたトーン間のトーンについてのチャンネルを推定する。例えば、トーン 308 についてのチャンネルは、トーン 305 と 306 の間で内挿することによって推定され得る。

【0028】

過去のパイロットだけを用いるので、チャンネル推定は簡易に行われ、長い待ち時間や大きなメモリ要件がない。図 3 に示すシーケンスは、2 つの 1 次元フィルタを必要とし必ずしも最適ではないことがあるが、実施が容易であり、ほぼ最適な性能が実現されることがシミュレーションによって示されている。

【0029】

図 3 に示すプロセスは、周期的な時間 - 周波数構造を用いることの価値も示している。パイロット位置が非周期的又はランダムに近い場合、同じ性能目標に対してチャンネル推定の複雑さが増加する。このことは、時間 - 周波数グリッドの 2 次元サンプリングを考察することによってより形式的に証明され得る。時間 - 周波数相関スペクトルが平坦である可能性が高いと仮定すると、時間 - 周波数グリッドを均一にサンプリングすることが、チャンネル推定値を生成する最も効率のよい方法である。

【0030】

他の可能なパイロット構造も考え得る。図 2 及び図 3 に示す通常のパイロット構造は、パイロット搬送シンボル内のパイロット間の周波数間隔 F 、パイロットパターンの最小周期 T 、及び周期 T 内のパイロット搬送シンボルの数 T_{ON} によってパラメータ化される。

【0031】

これらのパラメータから、パイロットオーバーヘッドが求まり、最悪の条件下での予測される性能も求まる。

【0032】

10

20

30

40

50

最大チャネル長：時間内挿後、 F/T_{ON} トーン毎にパイロットが利用できる。ここで、 T_{ON} は周期内のパイロット搬送シンボルの数であり、 F は周波数間隔である。これにより、 (F/T_{ON}) により周波数ドメインにおいて効果的にチャネルをダウンサンプリングすることになる。時間ドメインにおけるチャネル推定の「エイリアスなし」周期は $N/(F/T_{ON})$ であり、ここで N はサブキャリアの数である。一実施形態では、最大 $N/8$ 長までのチャネルを考える。また、プリアンプルベースの配置の誤差が存在し得、この誤差により、実効チャネルが長くなってしまう。したがって、 (F/T_{ON}) は最大でも 4 に選択されるべきである。

【0033】

時間コヒーレンス：チャネル長が $N/(F/T_{ON})$ 未満である限り、許容可能なチャネルコヒーレンス時間は T_{ON} 個のシンボルとなることが示され得る。チャネルの自己相関関数が T_{ON} 個のシンボル未満の継続時間を有する場合、平均化することによって正確なチャネル推定が得られ得る。

【0034】

電力線通信の場合、チャネルは連続的に変動しないが、チャネルには何らかの変動が存在する。この変動は幹線に同期することが多い。また、ノイズには時間選択性も存在する。したがって、 T_{ON} を小さく維持することが推奨される。

【0035】

さらに、 T_{ON} を小さな値にすると、同じトーンについてのパイロット同士が相互に近くなることも保証され、これは、パイロット搬送シンボル間の位相ドリフトが小さくなることを暗に意味する。

【0036】

オーバーヘッド：パイロットオーバーヘッドは $(1/F)(T_{ON}/T)$ である。オーバーヘッドを確実に 10% 未満にすることが望ましい。

【0037】

パラメータ選択に関する暗示： $(F/T_{ON}) = 4$ なので、 $T_{ON}/F = 25\%$ になる。そのため、オーバーヘッドを 10% 程度に制限するために、確実に $T > 2$ とすることが必要である。 (F/T_{ON}) が 4 未満になるように選択しても、典型的チャネル長を許容する能力が増加しない場合、同じ周期に対してオーバーヘッドが増加することに留意されたい。

【0038】

表 1 にいくつかの例示の組合せを示す。

【表 1】

組合せ番号	周波数間隔 F	パイロットパターン周期 T	周期内のパイロット搬送シンボルの数 T_{ON}	オーバーヘッド $(1/F)(T_{ON}/T)$	最大部分チャネル長 F/T_{ON}
1	8	8	8	12.5%	1
2	8	4	4	12.5%	2
3	12	6	6	8.25%	2
4	6	4	2	8.33%	3
5	12	4	4	8.25%	3
6	6	2	2	16.67%	3

10

20

30

40

50

【 0 0 3 9 】

組合せ 5 及び 6 は、オーバーヘッドが小さい、部分チャネル長の所望の値を示している。組合せ 5 及び 6 は、組合せ 1 及び 3 よりパイロット周期が短いことも示している。したがって、パターン 5 又は 6 の一方が、G . h n e m 規格に有用であろう。

【 0 0 4 0 】

図 2 及び図 3 で用いられるパターンにおけるパイロットオーバーヘッドは 1 2 . 5 % である。このオーバーヘッドは、1 シンボルおきにパイロットを送信することによって半分にし得る。このように改変すると、パイロットの周期性が 8 に増加する。その結果の性能劣化は小さくなる可能性が高い。これは、P L C チャネルは数個のシンボル内で大きく変動しないためである。

10

【 0 0 4 1 】

図 4 に、代替のパイロット構造を示す。このパターンは、表 1 の組合せ番号 4 に対応し、6 トーンの周波数間隔 4 0 1 及び 4 シンボルの周期を有する。このパターンのオーバーヘッドは 8 . 3 3 % である。パイロットトーン 4 0 3、4 0 5 は、シンボル 4 0 2 の組 1 つおきに現れる。交互のシンボル 4 0 4 及び 4 0 6 はパイロットを搬送しない。この組合せは、3 G P P L T E から適合される。

【 0 0 4 2 】

図 5 は、表 1 のオーバーヘッドが 8 . 2 5 % の組合せ番号 5 を示す。この組合せは、D V B - H (デジタルビデオ放送 - ハンドヘルド) 規格で用いられる。図 5 のパターンは、1 2 である周波数間隔 5 0 1、及び 4 であるパイロットパターン周期を用いる。各シンボル 5 0 2 はパイロットトーン 5 0 3 ~ 5 0 6 を含む。

20

【 0 0 4 3 】

図 6 は、表 1 のオーバーヘッドが 1 6 . 5 % の組合せ番号 6 を示す。図 6 のパターンは、6 である周波数間隔 6 0 1、及び 2 であるパイロットパターン周期を用いる。各シンボル 6 0 2 はパイロットトーン 6 0 3、6 0 4 を含む。

【 0 0 4 4 】

パイロットパラメータの選択：パイロットオーバーヘッドが減少するにつれ、パイロットの密度が減少し、したがって、同じ時間 - 周波数スパンにわたる平均化に利用可能なパイロット数が少なくなる。その結果、チャネル推定誤差が大きくなり得る。より具体的には、時間 (又は周波数) 周期が長くなることは、チャネルが時間 (又は周波数) にわたって大きく変動する場合、パイロット構造がもたらす性能が低くなることを暗に意味する。また、より高いデータレートではチャネル推定精度の所望のレベルが高くなることに留意されたい。

30

【 0 0 4 5 】

以下に、パイロットオーバーヘッドを決定する 2 つの可能なアプローチを説明する。他のアプローチも利用し得ることを理解されたい。

【 0 0 4 6 】

まず、パイロットオーバーヘッドは、最悪のケースのチャネル変動及び最大データレートをサポートするようにチャネル推定精度を提供し得る固定値として選択され得る。

【 0 0 4 7 】

次に、データシンボル内のパイロットパターンは、用いられるデータレート / 変調方式、ならびに時間及び周波数におけるチャネル変動統計値の 1 つ又は複数に応じて変動し得る。一実施形態では、ヘッダ用のパイロットパターンは常に 1 つのパターンに固定され、このパターンはヘッダ用に用いられる低いデータレートをサポートするように設計され得る。データ用のパイロットパターンは、ヘッダにおいて明示的に伝えられるか、伝えられた変調及びデータレートパラメータから暗黙的に導出される。一層高いデータレートの場合、又は、帯域の或る部分で一層高次の変調方式が用いられる場合、一層大きなオーバーヘッドのパイロットパターンが用いられ得る。例えば、ヘッダの場合や低データレートの場合には 8 . 3 3 % オーバーヘッド構造が用いられ得る。一層高いデータレートには 1 2 . 5 % オーバーヘッド構造が用いられ得る。代替の実施形態では、パイロットを交互のシ

40

50

ンボルに有さない代わりに、すべてのシンボルにパイロットが送信される。

【 0 0 4 8 】

例示の一実施形態では、12.5%オーバーヘッドパイロット構造でシミュレーション結果が得られた。このシミュレーション結果は、差動変調に対するコヒーレント変調の利点を示している。シミュレーションでは、パイロットからのみチャネル推定が得られると仮定している。これらの結果は、プリアンプルを用いることによって改善され得るが、正確なプリアンプル長で求めることを必要とすることなく性能を比較する基線を提供する。

【 0 0 4 9 】

下記のチャネル及びノイズのモデルをシミュレーション実施形態で考える。これらのパラメータは、典型的な電力線通信チャネルで観察される悪化の範囲を含んでいる。

- 1．加法性白色雑音を伴う単一タップチャネル
- 2．数個のトーンにおける狭帯域干渉が大きい単一タップチャネル
- 3．周波数選択性チャネル
- 4．AC幹線に同期した周期性インパルスノイズを伴う単一タップチャネル
- 5．初期のプリアンプルベースの補正後の残余サンプリング周波数オフセット

【 0 0 5 0 】

これらの悪化のうち、最初の3つは静的な現象であり、チャネル値及びノイズ統計値は経時的に変化しないことに留意されたい。そのため、チャネル推定は、シンプルであり、これらの状況において複数のシンボルにわたって平均化することによって必要な精度でチャネル推定が実施され得る。

【 0 0 5 1 】

第4及び第5の場合は、それぞれチャネル値及びノイズ統計値の通常の時間変動変化となり、パイロット支援チャネル推定には最も難しいものである。表2に、シミュレーションパラメータ及びシミュレーション結果の概要を列挙する。表2から、これらの条件下でも良好な性能が得られることがわかる。

【 0 0 5 2 】

白色雑音を伴う単一タップチャネル：白色雑音下での様々な方式の性能も考察した。レート1/2符号化でBPSK(2値位相シフトキーイング)変調及びQPSK(4相位相シフトキーイング)変調について観察した。理想的なチャネル推定でのコヒーレント変調は、差動変調よりも大きな利得を提供し、その差は、BPSK変調では3dBを越え、QPSK変調では2.7dB近くになる。実際のチャネル推定でも、この利得の大部分が保持される。

【表2】

シミュレーションパラメータ	値
符号化	外側は $t=8$ のリードソロモン符号(251,253)、内側はレート1/2、 $K=7$ の畳み込み符号、任意選択で1/4繰返し
変調	(D) BPSK、(D) QPSK
トーン間隔	390.625 / 256 kHz
用いられる帯域	35.09 kHz～88.5 kHz の36個のトーン (概略値)
狭帯域干渉	59.5～68.7 kHz の7個の隣接トーン
周期性インパルスノイズ	10ミリ秒毎に2ミリ秒を消去

【 0 0 5 3 】

レート1/2符号化に加えて、1/4繰返しが用いられる場合のAWGN(加法性白色

ガウス雑音)チャネルに対するBPSK変調の性能も考察した。この場合、実際のチャネル推定の劣化は、理想的な場合よりも大きい、或いは約1.2 dBである。このように劣化はするが、実際のチャネル推定のコヒーレント変調の性能は、差動変調の性能を約2.5 dB上回る。

【0054】

狭帯域干渉：狭帯域ノイズにより、周波数59.5 kHz ~ 68.7 kHzにわたる7個の隣接トーンが一掃されるシミュレーションも考察した。典型的なOFDMレシーバは、この干渉を検出し、対応するLLR(対数尤度比)を、例えば復号化の前に、ゼロに設定することによってこれらのトーンを消去する。この場合、コヒーレント復調の性能は、BPSK変調及びQPSK変調のいずれの場合にも非コヒーレント復調の性能を2.5 dB上回る。さらに、チャネル推定からの損失も小さい。

【0055】

周期性インパルスノイズ：周期性インパルスノイズは、電力線通信において支配的なノイズ源である。加法的白色雑音に加えて、2 ms幅の大きなノイズバーストが10 ms毎に生じると仮定したシミュレーションを考察した。レシーバは、これらのバーストを検出し、対応するサンプルを、FFT(高速フーリエ変換)の前にゼロに設定する。これは、このノイズの非静的性質のためにチャネル推定が最も難しいケースである。したがって、チャネル推定損失は前述の場合よりも大きくなる。しかし、チャネル推定損失が0.5 dB近くになっても、コヒーレント復調の性能は差動復調の性能を2 dB近く上回ることが観察された。

【0056】

周期性インパルスノイズを伴う周波数選択性チャネル：周期性インパルスノイズに加えて、極度な周波数選択性のチャネルのチャネル推定の性能も検討された。チャネルの強度及び位相応答には、62 kHz程度での深い帯域内ノッチが含まれた。上記のチャネルを用いて、かつ、前述した周期性インパルスノイズを含めて、レート1/2符号化でBPSK変調についてシミュレーションを行った。その結果は、理想的なチャネル推定からの損失が0.5 dB程度であることを示している。このように損失があっても、コヒーレント復調の性能は、差動変調の性能を3 dB程度上回る。

【0057】

残余サンプリング周波数オフセット：典型的な電力線通信システムでは、トランスミッタとレシーバの間に100 ppm程度のサンプリング周波数オフセットが存在し得る。典型的には、復号化中に小さな残余周波数オフセットが残るように初期補正が行われる。標準の技術では、残余オフセットは極めて小さな値に制限され得る。この推定は、プリアンブル又はパイロットシンボルを用いて実施され得る。シミュレーションでは、悲観的なケースとして残余の値が20 ppmと仮定された。このような大きな値でも、狭帯域干渉を伴うBPSK変調では、コヒーレント変調が差動変調を上回る性能利得を提供することが観察された。

【0058】

具体的には、コヒーレント変調の性能は、残余周波数オフセットで劣化するが、20 ppmオフセットの場合でさえ、その影響、すなわち、理想的なチャネル推定に対するコヒーレント変調の性能低下、は小さい(1 dB未満)。予想されるように、差動復調性能は、周波数オフセットに大きく影響されない。そうではあるが、コヒーレント変調の性能は依然として、20 ppmの周波数オフセットがあっても、10% FER(フレームエラーレート)で2 dB以上差動変調より高い。20 ppmオフセットは悲観的な値であり、実際に観察されるものよりも大きいことに再度留意されたい。

【0059】

本明細書における実施形態では、コヒーレント変調についての、パイロットベースのチャネル推定が用いられる。シミュレーション結果は、様々なチャネル及びノイズ悪化に対しても提示される。すべての場合において、コヒーレント変調が差動変調を性能面で上回ることが観察された。G.hn emは次世代電力線通信システムの性能改善を目標として

いるので、パイロットシンボル用の通常のパターンを用いてチャネル推定の助けとし得る。

【 0 0 6 0 】

パイロットパターンを選択する際、いくつかの他の考察を検討してもよい。

【 0 0 6 1 】

ビットローディングの影響：トランスミッタ及びレシーバがともにパイロットの位置を把握している限り、パイロットトーンはデータビットを搬送しないことになる。そのため、時間変化する（ただし周期的に）パイロットパターンの導入がシンボル当たりの数に影響を及ぼしても、この変動は、周期的であり、かつ、付加的に通知する必要なくトランスミッタ及びレシーバに既知である。

【 0 0 6 2 】

周波数ドメイン及び時間ドメインのインパルスノイズの影響：時間インパルス干渉及び周波数ドメイン狭帯域干渉のいずれによっても、1つ又は複数のパイロットトーンが消去され得る。このことはよく知られており、標準の方法で対処される。1つの通常のパイロットパターンが任意の他のパターンよりノイズに対する回復力が大きいという根拠はない。

【 0 0 6 3 】

パイロットの適応性：高データレートでは、低データレートより高いチャネル推定及びキャリア精度が必要とされる。したがって、高データレートに対してはパイロットオーバーヘッドを増加させることが得策となり得る。しかし、こうする場合、ここで提案されるような通常のパターンでなされなければならない。例えば、その帯域における最大変調方式がQPSKである場合など、低いデータレートに対する表1の組合せ番号5と、より高いデータレートに対する組合せ番号6との間で切り替えることができる。

【 0 0 6 4 】

一実施形態では、各シンボルで、又は1シンボル（ヘッダ及びペイロード）おきに、パイロットが送出される。パイロットは周期的なパターンとして、例えば、パイロットが存在するシンボル内の n 番目のサブキャリア毎に、送出され得る。 n の値は、すべてのヘッダシンボルについて同じとしてもよいし、パターンを搬送するすべてのペイロードシンボルについて同じとしてもよい。パイロットを搬送する隣接シンボルのパイロットシーケンスは、サブキャリア k 個分、互いにシフトされ得る。ヘッダ及びペイロードの両方について、選択するパイロットシーケンスパラメータの有効範囲は、下記のようになり得る。

- ・ $m = 0$ （各シンボルでパイロットを送出する場合）、 $m = 1$ （1シンボルおきの場合）、
- ・ $n = 4、6、8、12、$
- ・ $k = 3、4、k = -2$ （逆方向にシフト）、及び
- ・ 組合せ $m = 0、n = 4$ は除くことがある。

【 0 0 6 5 】

図7は、 $n = 12、k = 3、$ 及び $m = 0$ であるパイロットパターンの組合せを示す。図示のパイロット構造は以下の特徴を有する。

- ・ 各OFDMシンボルですべての12番目のトーン（ $m = 0、n = 12$ ）にパイロットが搬送され、
- ・ 隣接シンボルにおけるパイロットは3トーン分循環的にシフトされる（ $k = 0$ ）。

【 0 0 6 6 】

このパイロットパターンにより、各OFDMシンボル内にほぼ同じ数のパイロットトーンがあること、ならびに、OFDMシンボル4個の群それぞれの中に厳密に同じ数のパイロットトーンがあることが保証される。

【 0 0 6 7 】

いくつかの実施形態では、すべてのOFDMシンボルに同じ数のパイロットトーンを保証することが望ましいことがある。アクティブキャリアの総数は M と指定し得る。図7に示すパターンでは、 i 番目のシンボル内のパイロットは下記の場所にある。

10

20

30

40

50

$K_0(i) + j * n$ 、ここで $j = 0, 1, \dots, J(i) - 1$

【0068】

すべてのシンボルで同じ数のパイロットーンを保証するために、全てのシンボル i について $J(i) = J$ を保証する必要がある。これを保証するために、上記の提案は下記のように改変され得る。

【0069】

また、パイロットパターン周期を T と仮定し、 $F = n / T$ と定義する。 F は整数とする。

【0070】

下記の任意選択項目が考えられる。

10

- ・ $M_0 = \text{mod}(M, n)$ とする。
- ・ $M_0 < F$ の場合、 $J = \text{floor}(M / n)$
 そうでない場合、 $J = \text{ceil}(M / n)$
- ・ 最初のパイロットの場所 $= K_0(i) = M_0 + \text{mod}(i, 4) * F$ と定義する。
- ・ パイロットは常に $\text{mod}(K_0(i) + j * n, N)$ にあり、 $j = 0, 1, \dots, (J - 1)$ である。

【0071】

上記により、OFDMシンボル当たり J 個のパイロットが生成される。

【0072】

チャネル推定シンボルがヘッダ又はペイロードの中間に挿入される場合、これらはシンボル指標化 j に計数してもしなくてもよい。

20

【0073】

一実施形態では、推奨される解決策はこれらを計数しないことである。すなわち、CES (チャネル推定信号) パースト前の最後のシンボルと、CES パースト後の最初のシンボルとの間で、 j が 1 だけ増分される。

【0074】

ヘッダ復号化性能：いくつかの実施形態では、プリアンブルに基づくチャネル推定で、少なくともヘッダOFDMシンボル中のトラッキング用にのみパイロットが用いられる。このような実装形態に適応するために、ヘッダ中のパイロットオーバーヘッドを増加させ得る。これは、プリアンブルベースのクロックオフセット推定が正確でなく、初期の高パイロット密度を利用して正確なクロック推定の欠如を補償しようとし得るためだと思われる。ヘッダの終わりで、クロックドリフトがおそらくは正確に検出され、そのためパイロット密度を減少させることができる。

30

【0075】

他の実施形態では、ヘッダにおける、パイロットベースのチャネル推定の性能が、ヘッダのオーバーヘッドを増加させなくても、純粋にプリアンブルベースのチャネル推定の性能を大きく上回ることがシミュレーション結果で示されている。パイロットベースのチャネル推定及びプリアンブルベースのチャネル推定の性能を、初期のプリアンブルベースのドリフト推定後の残余周波数オフセットの異なる値についてシミュレーションした。

【0076】

40

1つのシミュレーションでは、16バイトのヘッダをQPSKで変調し、レート $1/2$ 畳み込み符号で符号化し、これを12回繰り返した。初期のプリアンブルベースのサンプリング周波数推定の後、様々な残余サンプリング周波数オフセットを考察した。すべての残余オフセット (50 ppm、100 ppm、200 ppm) について、パイロットベースのチャネル推定がプリアンブルベースのチャネル推定を 4 dB から上限なく様々な量上回ることが観察された。

【0077】

このことは、 (i) プリアンブルベースの推定から残余オフセットを減少させること、及び (ii) 特にヘッダ内により多くのパイロットがある場合に、ヘッダシンボルを用いてオフセットを改良すること、と相反し得ると反論があるかもしれない。しかし、これは

50

簡単には実現可能ではない。サンプリング周波数オフセットを推定する周知の方法は、プリアンプルの異なるシンボルの同じトーン間の平均位相回転を推定することである。様々な平均化長についての残余サンプリング周波数推定誤差のcdf（累積分布関数）がシミュレーションで観察され、誤差を50ppm未満にするために10個のシンボルが要ることが認められた。このことは、すべてのトーンがプリアンプルにおけるサンプリング周波数オフセット推定に利用可能であるが、パイロットの場合、6個のパイロットのうち最大でも1個が利用可能である（ $n = 6$ 、 $m = 0$ でも）という事実にもかかわらず成り立つ。

【0078】

プリアンプルベースのチャネル推定のみを用いることは、多くの可能な実装形態の1つであるが、これは高性能な方法ではない。したがって、いくつかの実施形態では、特に、オーバーヘッドを増加させることによって解決したい中心課題が解決されるかどうか分からない場合、ヘッダにおけるオーバーヘッドを増加させずに次善の実装形態を採用する。

10

【0079】

パイロットシーケンス計算：考察すべき別の態様は、パイロットシーケンス自体の選択である。すべてのパイロットトーン位置で送信される同じ値を用いることによって生じるスペクトル線避けることが望ましいことがある。疑似ランダムシーケンスを用いると、これらのスペクトル線避ける助けとなることがある。また、疑似ランダムシーケンスを異なるドメインに対する異なる初期化とともに用いると、2つの異なるドメインからのチャネル推定におけるノイズを低減する助けとなることもある。

20

【0080】

一実施形態では、パイロットキャリアは、多項式 $p(x) = x^7 + x^4 + 1$ を有する線形フィードバックシフトレジスタ(LFSR)によって生成される疑似ランダムシーケンスの出力に基づくQPSK変調とし得る。

【0081】

本明細書で説明した機能の多くは、ハードウェア、ソフトウェア、及び/又はファームウェア、及び/又はこれらの組合せで実施され得る。ソフトウェアで実施される場合、符号セグメントが、必要なタスク又はステップを実行する。プログラム又は符号セグメントは、プロセッサ可読媒体、コンピュータ可読媒体、又は機械可読媒体に記憶され得る。プロセッサ可読媒体、コンピュータ可読媒体、又は機械可読媒体は、情報を記憶又は転送し得る任意のデバイス又は媒体を含み得る。このようなプロセッサ可読媒体の例には、電子回路、半導体メモリデバイス、フラッシュメモリ、ROM、消去可能なROM(EROM)、フロッピーディスク、コンパクトディスク、光ディスク、ハードディスク、光ファイバ媒体などが含まれる。

30

【0082】

ソフトウェア符号セグメントは、ハードドライブ、フラッシュメモリ、ソリッドステートメモリ、光ディスク、CD、DVD、コンピュータプログラム製品、又は他のメモリデバイスなどの、プロセッサ又はミドルウェアコンテナサービスのためのコンピュータ可読又は機械可読ストレージを提供する任意の揮発性又は不揮発性ストレージデバイスに記憶され得る。他の実施形態では、メモリは、いくつかの物理的ストレージデバイスを仮想化したものとし得、物理的ストレージデバイスは、同じ種類であってもよく異なる種類であってもよい。符号セグメントは、内部バス、インターネット又はイントラネットなどの別のコンピュータネットワークを介して、あるいは他の有線又は無線ネットワークを介して、ストレージからプロセッサ又はコンテナにダウンロード又は転送され得る。

40

【0083】

他の実施形態及び変形が本発明の特許請求の範囲内で可能であることと、また、簡潔さ又は平易さのために、特徴又はステップが、そのような特徴又はステップの全て又はその幾つかを有する例示の実施形態の文脈で説明されているが、説明した特徴又はステップの一つ又は複数の異なる組合せを有する実施形態も本明細書に包含されることを意図してい

50

ることが当業者には理解されよう。

【 図 1 】

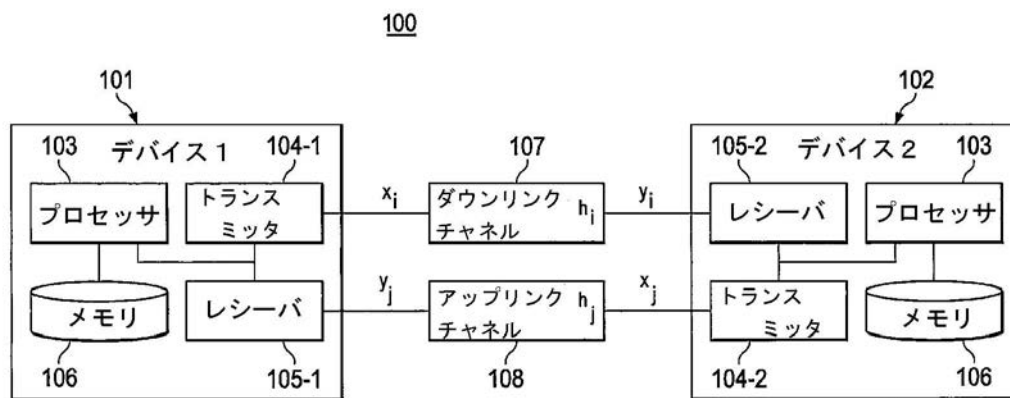


FIG. 1

【図 2】

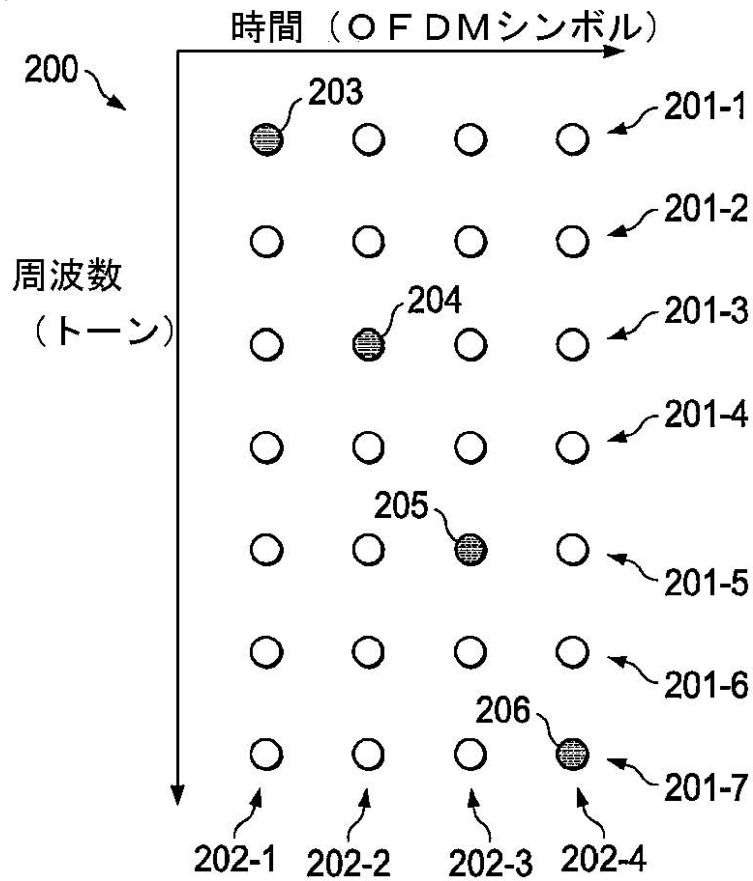


FIG. 2

【図 3】

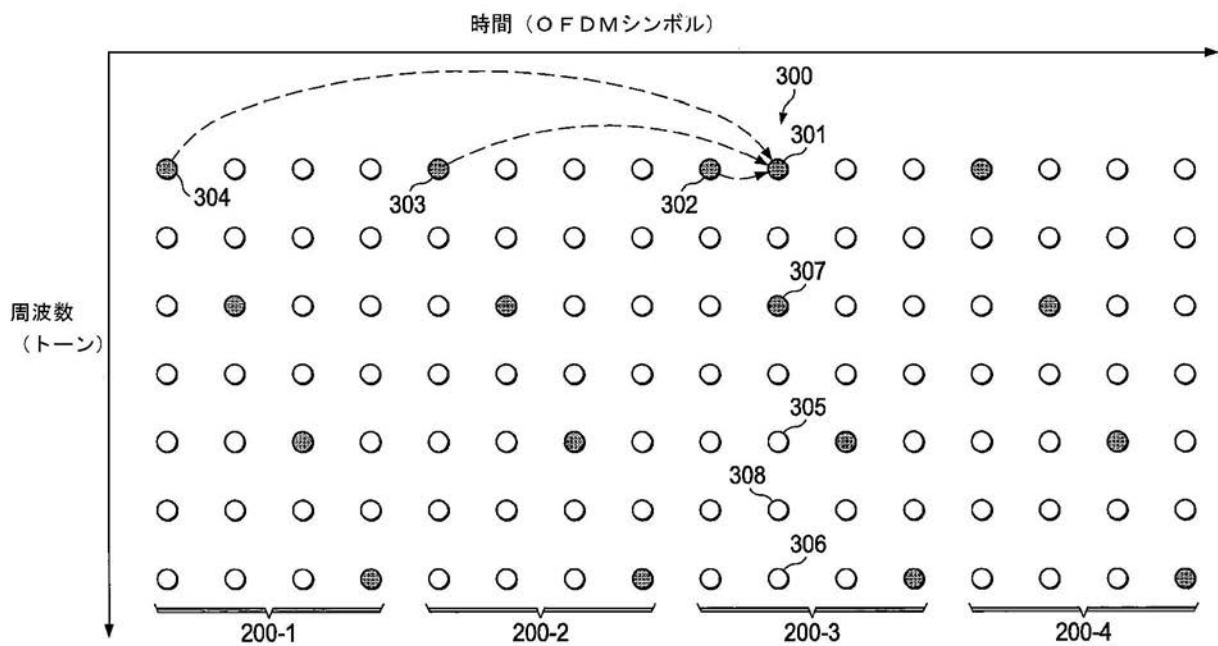


FIG. 3

【図 4】

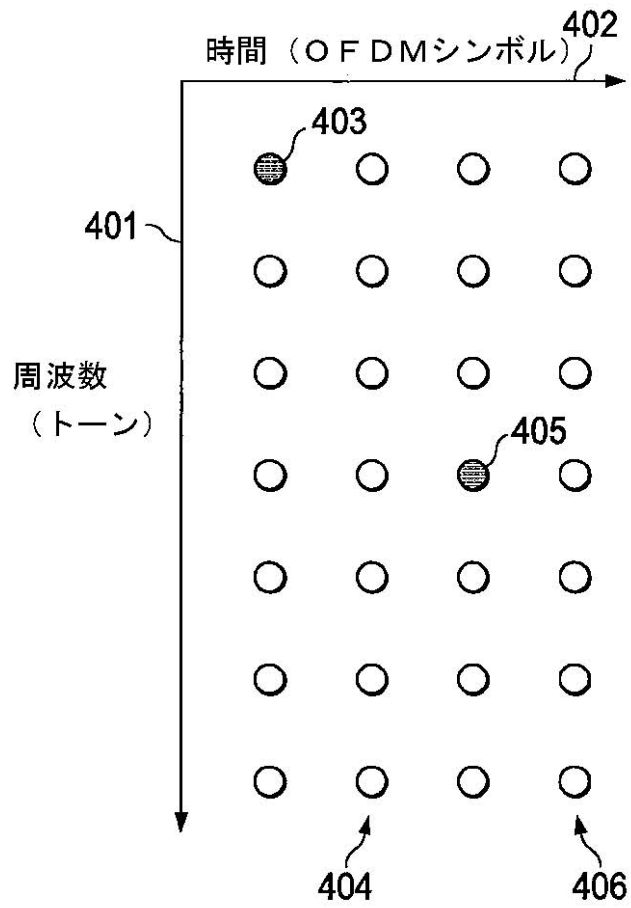


FIG. 4

【図 5】

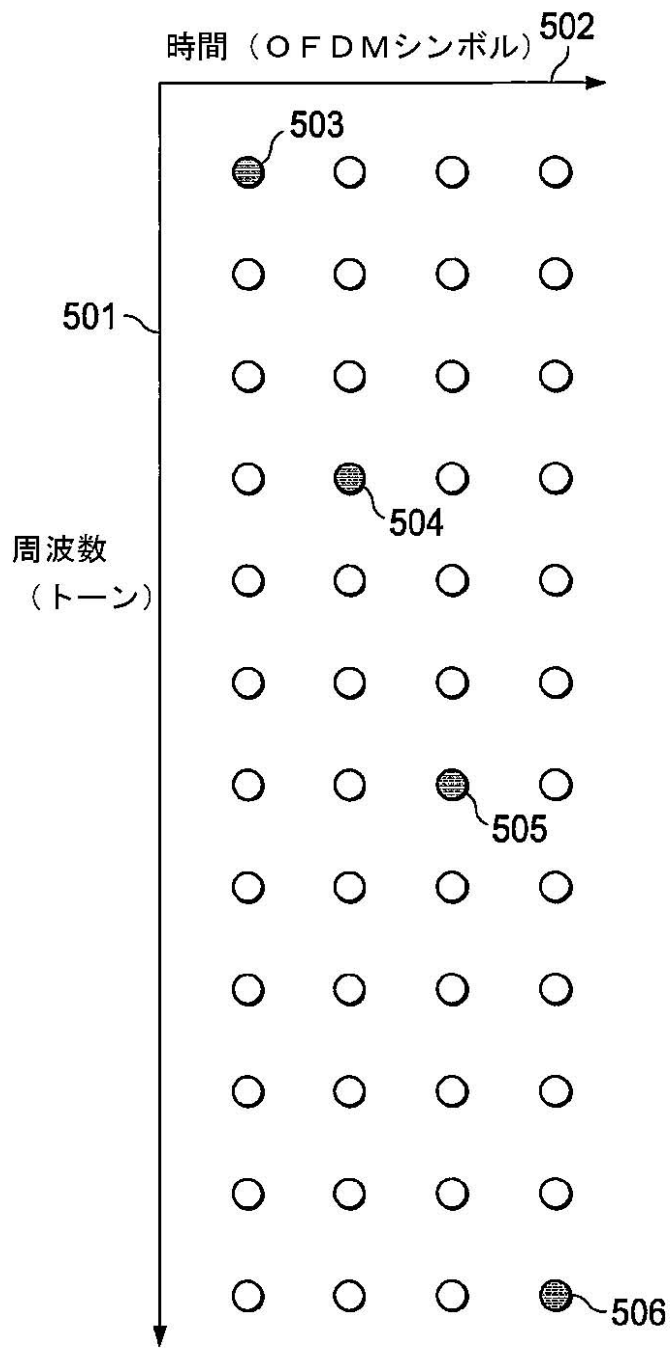


FIG. 5

【図 6】

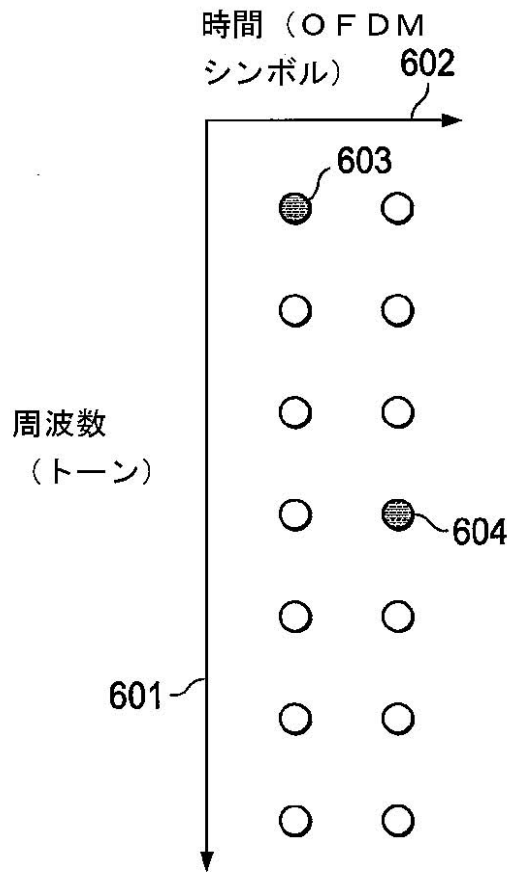


FIG. 6

【図 7】

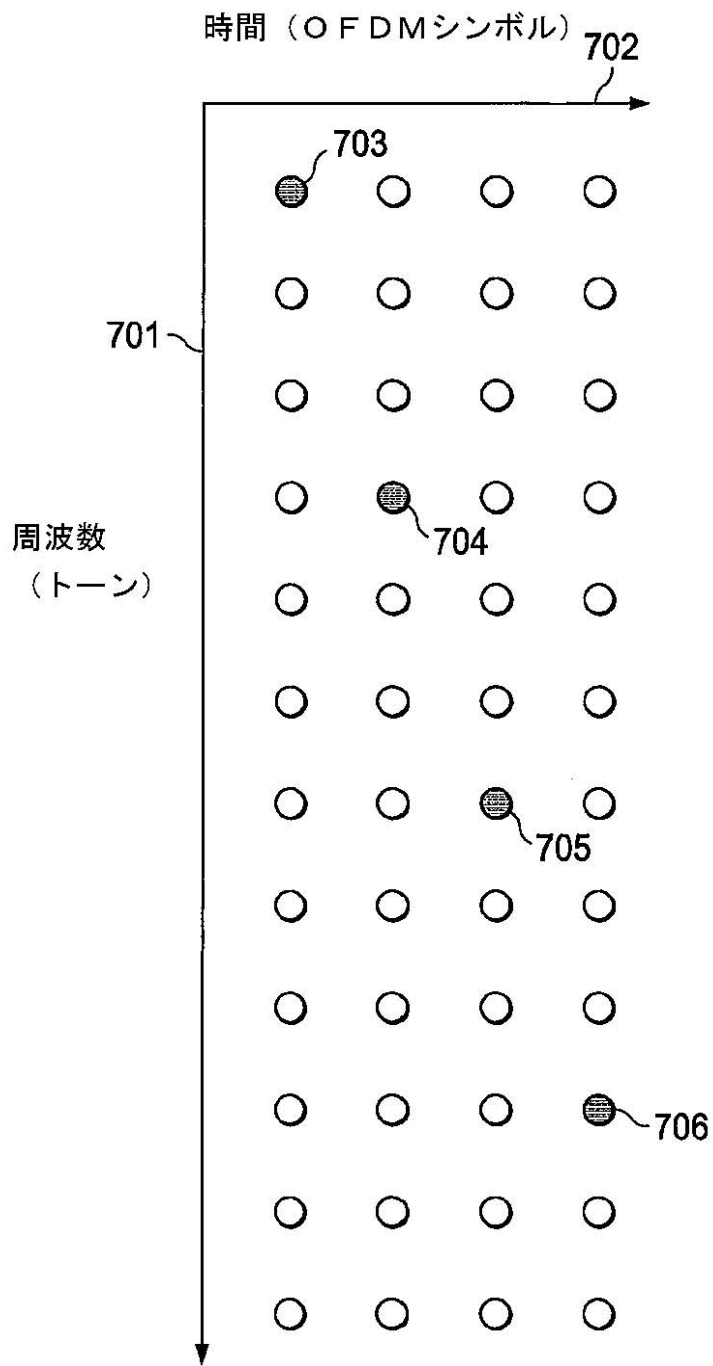




FIG. 7

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2011/043725
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>H04L 27/26(2006.01)i, H04B 3/54(2006.01)i</i>		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H04L 27/26; H04L 23/02; H04B 7/02; H04J 11/00; H04L 27/28		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models Japanese utility models and applications for utility models		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS(KIPO internal) & Keywords: OFDM,pilot, interpolate, estimation		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2010-0008443 A1 (CASAMAJOU YANN) 14 January 2010 See abstract; paragraphs [12],[37-42]; claim 1 and figures 3, 5.	1-17
A	US 2008-0240265 A1 (FECHTEL STEFAN) 02 October 2008 See abstract; paragraphs [38],[39]; claims 1, 16 and figures 2, 3.	1-17
A	US 2009-0268709 A1 (YU XIAOYONG) 29 October 2009 See abstract; paragraphs [43-47]; claims 1, 3, 15, 16 and figures 4-6.	1-17
A	US 2009-0185630 A1 (YANG SHUN-AN) 23 July 2009 See abstract; paragraphs [25],[30]; claims 1, 17 and figures 3, 11, 13.	1-17
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 30 JANUARY 2012 (30.01.2012)		Date of mailing of the international search report 09 FEBRUARY 2012 (09.02.2012)
Name and mailing address of the ISA/KR  Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon, 189 Cheongsu-ro, Seo-gu, Daejeon 302-701, Republic of Korea Facsimile No. 82-42-472-7140		Authorized officer HONG, Kyoung Ah Telephone No. 82-42-481-5668 

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/US2011/043725

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2010-0008443 A1	14.01.2010	CN 101589590 A EP 2109974 A1 WO 2008-093253 A1	25.11.2009 21.10.2009 07.08.2008
US 2008-0240265 A1	02.10.2008	DE 102008010126 A1 US 7940648 B2	09.10.2008 10.05.2011
US 2009-0268709 A1	29.10.2009	None	
US 2009-0185630 A1	23.07.2009	CN 101494631 A TW 200934189 A	29.07.2009 01.08.2009

フロントページの続き

(31)優先権主張番号 13/175,045

(32)優先日 平成23年7月1日(2011.7.1)

(33)優先権主張国 米国(US)

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(特許庁注: 以下のものは登録商標)

1. イーサネット

(72)発明者 バドゥリ ヴァラダラジャン

アメリカ合衆国 7 5 2 1 8 テキサス州 ダラス, エイピーティー 9 3 1, ガーランド
ロード 9 1 9 1

(72)発明者 アナンド ダバック

アメリカ合衆国 7 5 0 2 5 テキサス州 プラノ, ケンダル ドライブ 8 6 2 5

(72)発明者 イル ハン キム

アメリカ合衆国 7 5 2 4 8 テキサス州 ダラス, エイピーティー 6 3 7, プレストンウ
ッド プールバード 1 5 1 9 0

(72)発明者 アニーシュ レディ

アメリカ合衆国 7 8 7 0 3 テキサス州 オースティン, エイピーティー ジー 1 0 2, レ
ーク オースティン プールバード 1 2 5 0 1

Fターム(参考) 5K046 EE42 PS41