

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4842974号  
(P4842974)

(45) 発行日 平成23年12月21日 (2011.12.21)

(24) 登録日 平成23年10月14日 (2011.10.14)

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

請求項の数 28 (全 22 頁)

|               |                               |           |                       |
|---------------|-------------------------------|-----------|-----------------------|
| (21) 出願番号     | 特願2007-555342 (P2007-555342)  | (73) 特許権者 | 595020643             |
| (86) (22) 出願日 | 平成18年2月13日 (2006.2.13)        |           | クアルコム・インコーポレイテッド      |
| (65) 公表番号     | 特表2008-538263 (P2008-538263A) |           | QUALCOMM INCORPORATED |
| (43) 公表日      | 平成20年10月16日 (2008.10.16)      |           | アメリカ合衆国、カリフォルニア州 92   |
| (86) 国際出願番号   | PCT/US2006/005185             |           | 121-1714、サン・ディエゴ、モア   |
| (87) 国際公開番号   | W02006/086786                 |           | ハウス・ドライブ 5775         |
| (87) 国際公開日    | 平成18年8月17日 (2006.8.17)        | (74) 代理人  | 100091351             |
| 審査請求日         | 平成19年10月9日 (2007.10.9)        |           | 弁理士 河野 哲              |
| (31) 優先権主張番号  | 60/652,236                    | (74) 代理人  | 100088683             |
| (32) 優先日      | 平成17年2月11日 (2005.2.11)        |           | 弁理士 中村 誠              |
| (33) 優先権主張国   | 米国 (US)                       | (74) 代理人  | 100108855             |
| (31) 優先権主張番号  | 11/351,683                    |           | 弁理士 蔵田 昌俊             |
| (32) 優先日      | 平成18年2月10日 (2006.2.10)        | (74) 代理人  | 100075672             |
| (33) 優先権主張国   | 米国 (US)                       |           | 弁理士 峰 隆司              |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 チャネル推定に関するしきい値設定パラメータの選択

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数のチャネルタップを有する第1のチャネルインパルス応答推定値 (C I R E) を導き出し、チャネルプロフィールを確認し、前記チャネルプロフィールに基づいてしきい値パラメータ値を選択し、前記複数のチャネルタップのうちの選択されたチャネルタップを前記しきい値パラメータ値に基づいてゼロにすることによって第2のC I R Eを導き出すように構成された少なくとも1つのプロセッサと、

前記少なくとも1つのプロセッサに結合されたメモリと、を具備し、

前記少なくとも1つのプロセッサは、パケットが正確に復号されるまで又は終了条件に出会うまで、異なるしきい値パラメータ値を選択して前記第1のC I R E及び前記異なるしきい値パラメータ値に基づいて異なる第2のC I R Eを導き出す装置。

【請求項 2】

前記少なくとも1つのプロセッサは、前記複数のチャネルタップ及び前記しきい値パラメータ値に基づいてしきい値を導き出し、前記しきい値よりも小さいエネルギーを有するチャネルタップをゼロにすることによって前記第2のC I R Eを導き出す請求項1に記載の装置。

【請求項 3】

前記少なくとも1つのプロセッサは、前記複数のチャネルタップの平均エネルギーを決定し、前記平均エネルギー及び前記しきい値パラメータ値に基づいてしきい値を導き出し、前記しきい値よりも小さいエネルギーを有するチャネルタップをゼロにすることによ

10

20

て前記第 2 の C I R E を導き出す請求項 1 に記載の装置。

【請求項 4】

前記少なくとも 1 つのプロセッサは、動作信号・雑音比 ( S N R ) を確認し、前記動作 S N R に基づいて前記しきい値パラメータ値を選択する請求項 1 に記載の装置。

【請求項 5】

前記少なくとも 1 つのプロセッサは、前記第 1 の C I R E に関するチャンネルタップ数に基づいて前記しきい値パラメータ値を選択する請求項 1 に記載の装置。

【請求項 6】

チャンネルに関する、複数のチャンネルタップを有する第 1 のチャンネルインパルス応答推定値 ( C I R E ) を導き出し、少なくとも 1 つの基準に基づいてしきい値パラメータ値を選択し、前記複数のチャンネルタップのうちの選択されたチャンネルタップを前記しきい値パラメータ値に基づいてゼロにすることによって第 2 の C I R E を導き出し、パケットが誤って復号されたかどうかを確認し、前記パケットが誤って復号された場合は、新しいしきい値パラメータ値を選択し、前記複数のチャンネルタップのうちの選択されたチャンネルタップを前記新しいしきい値パラメータ値に基づいてゼロにすることによって新しい第 2 の C I R E を導き出すように構成された少なくとも 1 つのプロセッサと、

前記少なくとも 1 つのプロセッサに結合されたメモリと、を具備し、

前記少なくとも 1 つのプロセッサは、パケットが正確に復号されるまで又は終了条件に出会うまで、異なるしきい値パラメータ値を選択して前記第 1 の C I R E 及び前記異なるしきい値パラメータ値に基づいて異なる第 2 の C I R E を導き出す装置。

【請求項 7】

チャンネルに関する、複数のチャンネルタップを有する第 1 のチャンネルインパルス応答推定値 ( C I R E ) を導き出し、しきい値パラメータ値を選択し、前記複数のチャンネルタップのうちの選択されたチャンネルタップを前記しきい値パラメータ値に基づいてゼロにすることによって第 2 の C I R E を導き出すように、構成された少なくとも 1 つのプロセッサと、

前記少なくとも 1 つのプロセッサに結合されたメモリと、を具備し、

前記メモリは、異なる動作シナリオに関するしきい値パラメータ値のテーブルを格納し、および前記少なくとも 1 つのプロセッサは、前記テーブルから前記しきい値パラメータ値を動作シナリオに基づいて選択するように構成され、

前記少なくとも 1 つのプロセッサは、パケットが正確に復号されるまで又は終了条件に出会うまで、異なるしきい値パラメータ値を選択して前記第 1 の C I R E 及び前記異なるしきい値パラメータ値に基づいて異なる第 2 の C I R E を導き出す装置。

【請求項 8】

前記少なくとも 1 つのプロセッサは、パイロット送信のために用いられるサブバンドに関する受信されたパイロットサブバンドを入手し、前記受信されたパイロットシンボルに基づいて前記第 1 の C I R E を導き出す請求項 1 に記載の装置。

【請求項 9】

前記少なくとも 1 つのプロセッサは、パイロット送信のために用いられるサブバンドに関する実施されたパイロットシンボルを入手し、ゼロにされたパイロットサブバンドに関するゼロシンボルを提供し、前記受信されたパイロットシンボル及び前記ゼロシンボルに基づいて前記第 1 の C I R E を導き出す請求項 1 に記載の装置。

【請求項 10】

前記少なくとも 1 つのプロセッサは、最小二乗法、最小平均二乗誤差 ( M M S E ) 法、ロバスト M M S E 法、又はゼロフォーシング法に基づいて前記第 1 の C I R E を導き出す請求項 1 に記載の装置。

【請求項 11】

複数のシンボル期間に関する最初の複数のチャンネルインパルス応答推定値 ( C I R E s ) を受信されたパイロットに基づいて導き出し、前記最初の C I R E s をフィルタリングすることによって複数のチャンネルタップを有する前記第 1 の C I R E を導き出し、少な

10

20

30

40

50

くとも1つの基準に基づいてしきい値パラメータ値を選択し、前記複数のチャネルタップのうちの選択されたチャネルタップを前記しきい値パラメータ値に基づいてゼロにすることによって第2のC I R Eを導き出すように、構成された少なくとも1つのプロセッサと

、  
前記少なくとも1つのプロセッサに結合されたメモリと、を具備し、

前記少なくとも1つのプロセッサは、パケットが正確に復号されるまで又は終了条件に  
出会うまで、異なるしきい値パラメータ値を選択して前記第1のC I R E及び前記異なる  
しきい値パラメータ値に基づいて異なる第2のC I R Eを導き出す装置。

【請求項12】

前記複数のシンボル期間は、現在のシンボル期間、少なくとも1つの前のシンボル期間  
、及び少なくとも1つの将来のシンボル期間を具備する、請求項11に記載の装置。

【請求項13】

前記複数のシンボル期間は、現在のシンボル期間及び少なくとも1つの前のシンボル期  
間を具備する、請求項11に記載の装置。

【請求項14】

前記複数のシンボル期間は、現在のシンボル期間及び少なくとも1つの将来のシンボル  
期間を具備する、請求項11に記載の装置。

【請求項15】

チャンネルに関する、複数のチャネルタップを有する第1のチャンネルインパルス応答推  
定値(C I R E)を導き出すことと、

少なくとも1つの基準に基づいてしきい値パラメータ値を選択することと、

前記複数のチャネルタップのうちの選択されたチャネルタップを前記しきい値パラメ  
ータ値に基づいてゼロにすることによって第2のC I R Eを導き出すことと、

前記しきい値パラメータ値を前記選択することは、チャンネルプロフィールに基づいて前  
記しきい値パラメータ値を選択することを具備すること、を具備し、

異なるしきい値パラメータ値を選択して前記第1のC I R E及び前記異なるしきい値パ  
ラメータ値に基づいて異なる第2のC I R Eを導き出す処理を、パケットが正確に復号さ  
れるまで又は終了条件に出会うまで反復する方法。

【請求項16】

前記複数のチャネルタップの平均エネルギーを決定することと、

前記平均エネルギー及び前記しきい値パラメータ値に基づいてしきい値を導き出すこと  
、とをさらに具備し、前記第2のC I R Eを前記導き出すことは、前記しきい値よりも小  
さいエネルギーを有するチャネルタップをゼロにすることによって前記第2のC I R Eを  
導き出すことを具備する請求項15に記載の方法。

【請求項17】

チャンネルに関する、複数のチャネルタップを有する第1のチャンネルインパルス応答推  
定値(C I R E)を導き出すことと、

少なくとも1つの基準に基づいてしきい値パラメータ値を選択することと、

前記複数のチャネルタップのうちの選択されたチャネルタップを前記しきい値パラメ  
ータ値に基づいてゼロにすることによって第2のC I R Eを導き出すことを具備し、

前記しきい値パラメータ値を前記選択することは、前記第1のC I R Eに関するチャネ  
ルタップ数に基づいて前記しきい値パラメータ値を選択することを具備し、

異なるしきい値パラメータ値を選択して前記第1のC I R E及び前記異なるしきい値パ  
ラメータ値に基づいて異なる第2のC I R Eを導き出す処理を、パケットが正確に復号さ  
れるまで又は終了条件に出会うまで反復する方法。

【請求項18】

パケットが誤って復号されたかどうかを確認することであって、前記パケットが誤って  
復号された場合は、新しいしきい値パラメータ値を選択し、前記複数のチャネルタップの  
うちの選択されたチャネルタップを前記新しいしきい値パラメータ値に基づいてゼロにす  
ることによって新しい第2のC I R Eを導き出すこと、をさらに具備する請求項15に記

10

20

30

40

50

載の方法。

【請求項 19】

複数のシンボル期間に関する最初の C I R E を受信されたパイロットに基づいて導き出すことをさらに具備し、前記第 1 の C I R E を前記導き出すことは、前記最初の C I R E をフィルタリングして前記第 1 の C I R E を得る請求項 15 に記載の方法。

【請求項 20】

複数のチャネルタップを有する第 1 のチャネルインパルス応答推定値 ( C I R E ) を導き出すための手段と、

少なくとも 1 つの基準に基づいてしきい値パラメータ値を選択するための手段と、

前記複数のチャネルタップのうちの選択されたチャネルタップを前記しきい値パラメータ値に基づいてゼロにすることによって第 2 の C I R E を導き出すための手段と、

異なるしきい値パラメータ値を選択して前記第 1 の C I R E 及び前記異なるしきい値パラメータ値に基づいて異なる第 2 の C I R E を導き出す処理を、パケットが正確に復号されるまで又は終了条件に出会うまで反復する手段と、を具備し、

ここにおいて前記しきい値パラメータ値を選択するための前記手段は、チャネルプロフィールに基づいて前記しきい値パラメータ値を選択するための手段を具備する装置。

【請求項 21】

前記複数のチャネルタップの平均エネルギーを決定するための手段と、

前記平均エネルギー及び前記しきい値パラメータ値に基づいてしきい値を導き出すための手段と、をさらに具備し、前記第 2 の C I R E を導き出すための前記手段は、前記しきい値よりも小さいエネルギーを有するチャネルタップをゼロにすることによって前記第 2 の C I R E を導き出すための手段を具備する請求項 20 に記載の装置。

【請求項 22】

複数のチャネルタップを有する第 1 のチャネルインパルス応答推定値 ( C I R E ) を導き出すための手段と、

少なくとも 1 つの基準に基づいてしきい値パラメータ値を選択するための手段と、

前記複数のチャネルタップのうちの選択されたチャネルタップを前記しきい値パラメータ値に基づいてゼロにすることによって第 2 の C I R E を導き出すための手段と、を具備し、ここにおいて前記しきい値パラメータ値を選択するための前記手段は、前記第 1 の C I R E に関するチャネルタップ数に基づいて前記しきい値パラメータ値を選択するための手段を具備し、

異なるしきい値パラメータ値を選択して前記第 1 の C I R E 及び前記異なるしきい値パラメータ値に基づいて異なる第 2 の C I R E を導き出す処理を、パケットが正確に復号されるまで又は終了条件に出会うまで反復する手段をさらに具備する装置。

【請求項 23】

パケットが誤って復号されたかどうかを確認するための手段と、

前記パケットが誤って復号された場合は新しいしきい値パラメータ値を選択するための手段と、

前記パケットが誤って復号された場合は、前記複数のチャネルタップのうちの選択されたチャネルタップを前記新しいしきい値パラメータ値に基づいてゼロにすることによって新しい第 2 の C I R E を導き出すための手段と、をさらに具備する請求項 21 に記載の装置。

【請求項 24】

複数のシンボル期間に関する最初の C I R E を受信されたパイロットに基づいて導き出すための手段をさらに具備し、前記第 1 の C I R E を導き出すための前記手段は、前記最初の C I R E をフィルタリングして前記第 1 の C I R E を得るための手段を具備する請求項 20 に記載の装置。

【請求項 25】

複数のチャネルタップを有する第 1 のチャネルインパルス応答推定値 ( C I R E ) を導き出し、少なくとも 1 つの基準に基づいてしきい値パラメータ値を選択し、ここにおいて

前記少なくとも１つの基準は受信されたデータの符号化率を具備し、および前記複数のチャネルタップのうちの選択されたチャネルタップを前記しきい値パラメータ値に基づいてゼロにすることによって第２のＣＩＲＥを導き出すように構成された少なくとも１つのプロセッサと、

前記少なくとも１つのプロセッサに結合されたメモリと、を具備し、

前記少なくとも１つのプロセッサは、パケットが正確に復号されるまで又は終了条件に出会うまで、異なるしきい値パラメータ値を選択して前記第１のＣＩＲＥ及び前記異なるしきい値パラメータ値に基づいて異なる第２のＣＩＲＥを導き出す装置。

【請求項２６】

前記しきい値パラメータ値は、前記符号化率と逆に変化する、請求項２５に記載の装置

10

【請求項２７】

複数のチャネルタップを有する第１のチャネルインパルス応答推定値（ＣＩＲＥ）を導き出し、少なくとも１つの基準に基づいてしきい値パラメータ値を選択し、ここにおいて前記少なくとも１つの基準は受信されたデータの変調方式を具備し、および前記複数のチャネルタップのうちの選択されたチャネルタップを前記しきい値パラメータ値に基づいてゼロにすることによって第２のＣＩＲＥを導き出すように、構成された少なくとも１つのプロセッサと、

前記少なくとも１つのプロセッサに結合されたメモリと、を具備し、

前記少なくとも１つのプロセッサは、パケットが正確に復号されるまで又は終了条件に出会うまで、異なるしきい値パラメータ値を選択して前記第１のＣＩＲＥ及び前記異なるしきい値パラメータ値に基づいて異なる第２のＣＩＲＥを導き出す装置。

20

【請求項２８】

前記しきい値パラメータ値は、前記変調方式の配置点の数と逆に変化する、請求項２７に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

３５Ｕ．Ｓ．Ｃ．§１１９に基づく優先権の主張

本特許出願は、本特許出願の譲受人に対して譲渡されておりさらに本明細書において参照することによって明示で本明細書に組み入れられている"SELECTION OF A THRESHOLDING PARAMETER FOR CHANNEL ESTIMATION"（チャネル推定に関するしきい値設定パラメータの選択）という題名の仮特許出願一連番号 ６０／６５２，２３６（出願日： ２００５年２月１１日）に対する優先権を主張するものである。

30

【０００２】

本発明は、一般的には、通信に関するものである。本発明は、より具体的には、通信チャネルに関するチャネル推定値を導き出すための技術に関するものである。

【背景技術】

【０００３】

通信システムにおいては、送信機は、典型的には、トラフィックデータを処理(例えば、符号化、インターリーブング、およびシンボルマッピング)し、データに関する変調シンボルであるデータシンボルを生成する。コヒーレントシステムに関しては、送信機は、パイロットシンボルをデータシンボルと多重化し、多重化されたデータシンボルおよびパイロットシンボルを処理して無線周波（ＲＦ）信号を生成し、通信チャネルを介してRF信号を送信する。チャネルは、チャネル応答によってＲＦ信号を歪め、雑音及び干渉によってＲＦ信号をさらに劣化させる。

40

【０００４】

受信機は、送信されたＲＦ信号を受信し、受信されたＲＦ信号を処理してサンプル入手する。コヒーレントなデータ検出に関しては、受信機は、受信されたパイロットに基づいて通信チャネルの応答を推定し、チャネル推定値を導き出す。次に、受信機は、チャネ

50

ル推定値を用いてサンプルに関するデータ検出（等化、等）を行い、送信機によって送信されたデータシンボルの推定値であるデータシンボル推定値を得る。次に、受信機は、データシンボル推定値を処理（例えば、復調、デインターリーピング、及び復号）して復号されたデータを得る。

【 0 0 0 5 】

チャネル推定値の品質は、データ検出性能に対して大きな影響を有することがあり、シンボル推定値の品質及び復号されたデータの正確さに対して影響を及ぼす可能性がある。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

従って、通信システムにおいて高質のチャネル推定値を導き出す技術が必要である。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

本明細書においては、高質のチャネル推定値を導き出すための技術が説明される。本発明の一実施形態により、少なくとも1つのプロセッサ及びメモリを含む装置が説明される。前記プロセッサは、複数のチャネルタップを有する第1のチャネルインパルス応答推定値（C I R E）を導き出す。前記プロセッサは、受信されたパイロットに基づいて最初のC I R Eを導き出すことができ、さらに前記最初のC I R Eをフィルタリングして前記第1のC I R Eを得る。前記プロセッサは、少なくとも1つの基準に基づいてしきい値パラメータ値を選択し、前記基準は、チャネルプロファイル、動作信号・雑音比（S N R）、予想チャネル遅延スプレッド、チャネルタップ数、等に関連させることができる。前記プロセッサは、前記第1のC I R E内のチャネルタップのうちの選択されたチャネルタップを前記しきい値パラメータ値に基づいてゼロにすることによって第2のC I R Eを導き出す。前記プロセッサは、前記チャネルタップの平均エネルギーを決定し、前記平均エネルギー及び前記しきい値パラメータ値に基づいてしきい値を導き出し、前記しきい値よりも小さいエネルギーを有するチャネルタップをゼロにすることができる。前記メモリは、異なる動作シナリオに関するしきい値パラメータ値のテーブルを格納することができる。前記プロセッサは、前記格納されたしきい値パラメータ値のうちの1つを現在の動作シナリオに基づいて選択することができる。

【 0 0 0 8 】

他の実施形態により、複数のチャネルタップを有する第1のC I R Eが導き出される方法が提供される。しきい値パラメータ値は、少なくとも1つの基準に基づいて選択される。複数のチャネルタップのうちの選択されたチャネルタップを前記しきい値パラメータ値に基づいてゼロにすることによって第2のC I R Eが導き出される。

【 0 0 0 9 】

さらに他の実施形態により、複数のチャネルタップを有する第1のC I R Eを導き出すための手段と、少なくとも1つの基準に基づいてしきい値パラメータ値を選択するための手段と、前記複数のチャネルタップのうちの選択されたチャネルタップを前記しきい値パラメータ値に基づいてゼロにすることによって第2のC I R Eを導き出すための手段と、を含む装置が説明される。

【 0 0 1 0 】

本発明の様々な側面及び実施形態が以下においてさらに詳細に説明される。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 1 】

本明細書における「典型的」という表現は、「1つの例、事例、又は実例」であることを意味する。本明細書において「典型的実施形態」として記述されているいずれの実施形態も、その他の実施形態よりも優先されるか又は有利であることを必ずしも意味するわけではない。

【 0 0 1 2 】

本明細書において説明されるチャネル推定技術は、様々な通信システム、例えば、符号

10

20

30

40

50

分割多重接続 (C D M A) システム、時分割多重接続 (T D M A) システム、周波数分割多重接続 (F D M A) システム、直交周波数分割多重化 (O F D M) システム、直交周波数分割多重接続 (O F D M A) システム、単搬送波 F D M A (S C - F D M A) システム、等、に関して用いることができる。C D M A システムは、広帯域 C D M A (W - C D M A)、c d m a 2 0 0 0、等の 1 つ以上の無線アクセス技術 (R A T) を実装することができる。c d m a 2 0 0 0 は、I S - 2 0 0 0 規格、I S - 8 5 6 規格、及び I S - 9 5 規格を網羅する。T D M A システムは、移動通信用グローバルシステム (G S M) 等の R A T を実装することができる。これらの様々な R A T 及び基準は、当業において知られている。O F D M システムは、I E E E 8 0 2 . 1 1 a / g システム、ハンドヘルド用デジタル映像放送 (D V B - H) システム、地上波テレビ放送用統合サービスデジタル放送 (I S D B - T) システム、等であることができる。O F D M システムは、O F D M を用いて直交周波数サブバンドにおいて周波数領域で変調シンボルを送信する。S C - F D M A システムは、直交周波数サブバンドにおいて時間領域で変調シンボルを送信する。説明を明確化するため、上記の技術は、以下においては、複数の周波数サブバンドを有するシステムに関して説明され、該システムは、O F D M、O F D M A、または S C - F D M A システムであることができる。

#### 【 0 0 1 3 】

図 1 は、無線通信システム 1 0 0 における送信機 1 1 0 及び受信機 1 5 0 のブロック図を示す。説明を単純化するため、送信機 1 1 0 及び受信機 1 5 0 は、単一のアンテナをそれぞれ装備する。ダウンリンク (すなわち順方向リンク) に関しては、送信機 1 1 0 は、基地局の一部であることができ、受信機 1 5 0 は、端末の一部であることができる。アップリンク (すなわち逆方向リンク) に関しては、送信機 1 1 0 は、端末の一部であることができ、受信機 1 5 0 は、基地局の一部であることができる。基地局は、典型的には固定局であり、基地トランシーバシステム (B T S)、アクセスポイント、ノード B、又はその他の何らかの用語で呼ばれることがある。端末は、固定型又は移動型であることができ、無線デバイス、携帯電話、パーソナルデジタルアシスタント (P D A)、無線モデムカード、等であることができる。本明細書において説明されるチャネル推定技術は、端末及び基地局に関して用いることができる。

#### 【 0 0 1 4 】

送信機 1 1 0 において、送信 (T X) データプロセッサ 1 1 2 は、トラフィックデータを処理 (例えば、符号化、インターリーピング、及びシンボルマッピング) してデータシンボルを生成する。パイロットプロセッサ 1 1 4 は、パイロットシンボルを生成する。本明細書においては、データシンボルは、データに関する変調シンボルであり、パイロットシンボルは、パイロットに関する変調シンボルであり、変調シンボルは、信号点配置内の点に関する複素値であり (例えば P S K 又は Q A M の場合)、シンボルは、一般的には複素値である。変調器 1 2 0 は、データシンボルとパイロットシンボルを多重化し、多重化されたデータシンボル及びパイロットシンボルに関する変調を行い (例えば O F D M 又は S C - F D M A の場合)、送信シンボルを生成する。送信シンボルは、O F D M シンボル又は S C - F D M A シンボルであることができ、1 つのシンボル期間において送信される。送信装置 (T M T R) 1 3 2 は、送信シンボルを処理して (例えば、アナログへの変換、増幅、フィルタリング、及び周波数アップコンバージョンを行って) R F 信号を生成し、該 R F 信号はアンテナ 1 3 4 を介して送信される。

#### 【 0 0 1 5 】

受信機 1 5 0 において、アンテナ 1 5 2 は、送信機 1 1 0 から R F 信号を受信し、受信された信号を受信装置 (R C V R) 1 5 4 に提供する。受信装置 1 5 4 は、受信された信号をコンディショニング (例えば、フィルタリング、増幅、周波数ダウンコンバージョン、及びデジタル化) し、入力サンプルを提供する。復調器 1 6 0 は、入力サンプルに関する復調を行い (例えば O F D M 又は S C - F D M A の場合)、受信されたシンボルを得る。復調器 1 6 0 は、受信されたパイロットシンボルをチャネル推定器 / プロセッサ 1 7 0 に提供し、受信されたデータシンボルをデータ検出器 1 7 2 に提供する。チャネル推定器

10

20

30

40

50

／プロセッサ１７０は、受信されたパイロットシンボルに基づき、送信機１１０と受信機１５０との間における無線チャネルに関するチャネル推定値を導き出す。データ検出器１７２は、チャネル推定値を用いて受信されたデータシンボルに関するデータ検出（例えば、等化またマッチングされたフィルタリング）を行い、データシンボル推定値を提供する。該データシンボル推定値は、送信機１１０によって送信されたデータシンボルの推定値である。ＲＸデータプロセッサ１８０は、データシンボル推定値を処理（例えば、シンボルデマッピング、デインターリーピング、及び復号）し、復号されたデータを提供する。一般的には、受信機１５０における処理は、送信機１１０における処理を補完するものである。

#### 【００１６】

コントローラ／プロセッサ１４０及び１９０は、送信機１１０及び受信機１５０における様々な処理装置の動作をそれぞれ指示する。メモリ１４２及び１９２は、送信機１１０及び受信機１５０に関するプログラムコード及びデータをそれぞれ格納する。

#### 【００１７】

図２は、システム１００に関して用いることができる典型的な多層フレーム構造２００を示す。送信時間ラインは、スーパーフレームに区分され、各スーパーフレームは、予め決められた継続時間、例えば約１秒、を有する。各スーパーフレームは、（１）時分割多重化（ＴＤＭ）されたパイロット及びオーバーヘッド／制御情報に関するヘッダフィールド及び（２）トラフィックデータ及び周波数分割多重化（ＦＤＭ）されたパイロットに関するデータフィールドを含むことができる。データフィールドは、複数の（Ｏ）の等しいサイズのアウトフレームに区分することができ、各アウトフレームは、複数の（Ｆ）のフレームに区分することができ、各フレームは、複数の（Ｔ）のスロットに区分することができる。例えば、各スーパーフレームは、４つのアウトフレームを含むことができ（ $O = 4$ ）、各アウトフレームは、３２フレームを含むことができ（ $F = 32$ ）、各フレームは、１５のタイムスロットを含むことができる（ $T = 15$ ）。各フレームがＷ－ＣＤＭＡに準じた１０ミリ秒（ $ms$ ）の継続時間を有する場合は、各スロットは、６６７マイクロ秒（ $\mu s$ ）の継続時間を有し、各アウトフレームは、３２０ $ms$ の継続時間を有し、各スーパーフレームは、約１．２８秒の継続時間を有する。スーパーフレーム、アウトフレーム、フレーム、及びスロットは、その他の何らかの用語で呼ばれることもある。

#### 【００１８】

一実施形態においては、異なるスロットに関して異なる無線技術を用いることができる。例えば、幾つかのスロットに関してはＷ－ＣＤＭＡを用いることができ、その他のスロットに関してはＯＦＤＭを用いることができる。一般的には、システムは、あらゆる１つの又はあらゆる組合せの無線技術をサポートすることができ、各スロットは、１つ又は複数の無線技術を採用することができる。ＯＦＤＭに関して用いられるスロットは、ＯＦＤＭスロットと呼ばれる。ＯＦＤＭスロットは、１つ以上（ $N$ ）のＯＦＤＭシンボルを搬送することができ、ガード期間（ $GP$ ）をさらに含むことができる。例えば、ＯＦＤＭスロットは、３つのＯＦＤＭシンボル及びガード期間を搬送することができ、各ＯＦＤＭシンボルは、約２１０ $\mu s$ の継続時間を有する。

#### 【００１９】

図３は、システム１００に関して用いることができる典型的サブバンド構造３００を示す。システムは、 $BW\ MHz$ の全体的システム帯域幅を有し、該帯域幅は、複数の（ $K$ ）の直交サブバンドに区分される。 $K$ は、あらゆる整数値であることができるが、典型的には、時間と周波数との間の変換を単純化するために２のべき乗（１２８、２５６、５１２、１０２４、等）である。隣接するサブバンド間の間隔は、 $B\ MHz / K$ である。スペクトル形成されたシステムにおいては、 $G$ のサブバンドは、送信には用いられず、システムがスペクトルマスクに関する要件を満たすのを可能にするためのガードサブバンドとしての働きをし、ここで $G > 1$ である。 $G$ のガードサブバンドは、 $G_L$   $G / 2$ のガードサブバンドが帯域の下縁にあり、 $G_U$   $G / 2$ のガードサブバンドが帯域の上縁にあるようにしばしば配分される。残りの $U = K - U$ のサブバンドは、送信のために用いることが

10

20

30

40

50



でき、使用可能サブバンドと呼ばれる。

【 0 0 2 0 】

チャンネル推定を容易にするために、システム帯域幅全体に一樣に配分することができる一組の  $M$  のサブバンドでパイロットを送信することができる。組内の連続するサブバンドは、 $S$  のサブバンドだけ離して配置することができ、ここで  $S = K / M$  である。組内のサブバンドの一部は、 $G_L$  の下方ガードサブバンドの中のサブバンドであることができ、組内のその他の一部のサブバンドは、 $G_U$  の上方ガードサブバンドの中のサブバンドであることができ、同じくパイロット送信には用いられない。図 2 に示される例に関して、組内の第 1 の  $Z_L$  のサブバンドは、パイロット送信のためには用いられず、ゼロにされたパイロットサブバンドと呼ばれ、組内の次の  $P$  のサブバンドは、パイロット送信のために用いられ、使用パイロットサブバンドと呼ばれ、組内の最後の  $Z_U$  のサブバンドは、ゼロにされたパイロットサブバンドであり、ここで  $M = Z_L + P + Z_U$  である。

10

【 0 0 2 1 】

1 つの典型的設計においては、システムは、 $K = 1024$  の総サブバンド、 $G_L = 68$  の下方ガードサブバンド、 $G_U = 68$  の上方ガードサブバンド、 $U = 888$  の使用可能サブバンド、 $M = 128$  のパイロットサブバンド、 $P = 111$  の使用可能パイロットサブバンド、及び各 OFDM シンボルに添付されたサイクリックプレフィックスに関する  $C = 108$  チップを有するサブバンド構造を利用する。これらのパラメータに関してその他の値も使用可能である。

【 0 0 2 2 】

20

図 2 は、典型的フレーム構造を示し、図 3 は、典型的サブバンド構造を示す。本明細書において説明されるチャンネル推定技術は、様々なフレーム構造及びサブバンド構造とともに用いることができる。

【 0 0 2 3 】

説明を明確化するため、以下の説明では下記の用語が用いられる。ベクトルは、太字で下線付きの活字で表され、下付き文字は、ベクトル長を示す。例えば、 $M \times 1$  のベクトルは  $\underline{h}_M$ 、 $K \times 1$  のベクトルは  $\underline{h}_K$  であり、ここで、次元内における “ $\times 1$ ” は暗黙であり、説明を明確化するために省略される。行列は、太字で下線付きの活字で表され、下付き文字は、行列次元を示す。例えば、 $M \times K$  行列の場合は  $\underline{W}_{M \times K}$  である。時間領域のベクトルは、一般的には小文字、例えば  $\underline{h}_K$ 、で表され、周波数領域のベクトルは、一般的には大文字、例えば  $\underline{H}_K$ 、で表される。

30

【 0 0 2 4 】

送信機 110 と受信機 150 との間の無線チャンネルは、時間領域チャンネルインパルス応答  $\underline{h}_K$  又は対応する周波数領域チャンネル周波数応答  $\underline{H}_K$  のいずれかによって表すことができる。前記チャンネルインパルス応答とチャンネル周波数応答との間の関係は、次のように行列形で表すことができる。

【 数 1 】

$$\underline{H}_K = \underline{W}_{K \times K} \cdot \underline{h}_K \quad \text{及び} \quad \text{式 (1)}$$

40

【 数 2 】

$$\underline{h}_K = \underline{W}_{K \times K}^{-1} \cdot \underline{H}_K \quad \text{式 (2)}$$

【 0 0 2 5 】

ここで、

$\underline{h}_K$  は、無線チャンネルのインパルス応答に関する  $K \times 1$  ベクトルである。

【 0 0 2 6 】

$\underline{H}_K$  は、無線チャンネルの周波数応答に関する  $K \times 1$  ベクトルである。

【 0 0 2 7 】

50

$\underline{W}_{K \times K}$ は、 $K \times K$ フーリエ行列である。

【数 3】

$$\underline{W}_{K \times K}^{-1} = \frac{1}{M} \cdot \underline{W}_{K \times K}^H$$

【0 0 2 8】

は、 $K \times K$ 逆フーリエ行列である。“ $H$ ”は、共役転置を表す。

【0 0 2 9】

式(1)は、チャネル周波数応答がチャネルインパルス応答の高速フーリエ変換又は離散フーリエ変換(FFT/DF)であることを示す。式(2)は、チャネルインパルス応答がチャネル周波数応答の逆FFT又は逆DFIT(IFFT/IDFT)であることを示す。フーリエ行列 $\underline{W}_{K \times K}$ の行 $r$ 及び列 $c$ 内の要素は、次式のように与えることができる。

10

【数 4】

$$w_{r,c} = e^{-j2\pi \frac{(r-1)(c-1)}{K}}, \quad \text{但し、} r=1, \dots, K \text{ 及び } c=1, \dots, K \quad \text{式 (3)}$$

【0 0 3 0】

式(3)の指数内の“-1”は、インデックス $r$ に起因し、0ではなく1で始まる。

【0 0 3 1】

送信機110は、データシンボル及びパイロットシンボルを使用可能サブバンドで受信機150に送信する。データシンボル及びパイロットシンボルは、 $E_s$ 、すなわち $E\{|X(k)|^2\} = E_s$ の平均エネルギーを有すると仮定することができ、ここで、 $X(k)$ は、サブバンド $k$ で送信されたシンボルであり、 $E\{\}$ は、期待演算を表す。説明を単純化するため、以下の説明は、 $E_s = 1$ になるように各シンボルが単位電力で送信されると仮定する。

20

【0 0 3 2】

OFDMシンボル期間 $n$ において受信機150によって得られた受信シンボルは、次式のように表すことができる。

【数 5】

$$\underline{Y}_K(n) = \underline{H}_K(n) \circ \underline{X}_K(n) + \underline{\eta}_K(n) \quad \text{式 (4)}$$

30

【0 0 3 3】

ここで、

$\underline{X}_K(n)$ は、 $K$ のサブバンドに関する送信されたシンボルを含む $K \times 1$ ベクトルである。

【0 0 3 4】

$\underline{Y}_K$ は、 $K$ のサブバンドに関する受信されたシンボルを含む $K \times 1$ ベクトルである。

【0 0 3 5】

$\eta_K(n)$ は、 $K$ のサブバンドに関する雑音の $K \times 1$ ベクトルである。

【0 0 3 6】

“ $\circ$ ”は、各要素ごとの積を表す。

【0 0 3 7】

40

$\underline{X}_K(n)$ の各エントリは、データサブバンドに関するデータシンボル、パイロットサブバンドに関するパイロットシンボル、又は未使用サブバンド(ガードサブバンド、等)に関するゼロシンボルであることができる。説明を単純化するため、パイロットシンボルは、 $1 + j0$ の複素値及び

【数 6】

$$\sqrt{E_s} = 1$$

【0 0 3 8】

の大きさを有すると仮定することができる。この場合は、受信されたパイロットシンボルは、単に、 $\underline{H}_K(n)$ のチャネル利得の雑音版である。

50

## 【 0 0 3 9 】

図 3 に示されるように、P のパイロットサブバンドのみがパイロット送信のために用いられる場合は、受信機は、P の使用されたパイロットサブバンドに関する P の受信されたパイロットシンボル及びゼロにされたパイロットシンボルに関する  $\underline{Z}_L + \underline{Z}_U$  のゼロシンボルを含む  $M \times 1$  ベクトル  $\underline{Y}_M(n)$  を形成することができる。ベクトル  $\underline{Y}_M(n)$  は、次式のように表すことができる。

## 【 数 7 】

$$\underline{Y}_M(n) = \begin{pmatrix} \underline{0}_{Z_L} \\ \underline{Y}_P(n) \\ \underline{0}_{Z_U} \end{pmatrix} \quad \text{式 (5)}$$

10

## 【 0 0 4 0 】

ここで、

$\underline{0}_{Z_L}$  及び  $\underline{0}_{Z_U}$  は、すべてゼロのベクトルである。

## 【 0 0 4 1 】

$\underline{Y}_P(n)$  は、P の使用されたパイロットサブバンドに関する受信されたパイロットシンボルの  $P \times 1$  ベクトルである。

## 【 0 0 4 2 】

受信されたパイロットシンボルに基づいてチャネルインパルス応答を推定するために様々な技術を用いることができる。これらの技術は、最小二乗 (LS) 法と、最小平均二乗誤差 (MMSE) 法と、ロバスト MMSE 法と、ゼロフォーシング (ZF) 法と、を含む。

20

## 【 0 0 4 3 】

最小二乗チャネルインパルス応答推定値  $(CIRE) \underline{h}^{LS}_M(n)$  は、次式によって導き出すことができる。

## 【 数 8 】

$$\begin{aligned} \underline{h}^{LS}_M(n) &= \underline{W}_{M \times M}^{-1} \cdot \underline{Y}_M(n), \\ &= \underline{W}_{M \times M}^{-1} \cdot [\underline{W}_{M \times M} \cdot \underline{h}_M(n) + \underline{\eta}_M(n)], \\ &= \underline{h}_M(n) + \underline{W}_{M \times M}^{-1} \cdot \underline{\eta}_M(n) \end{aligned} \quad \text{式 (6)}$$

30

## 【 0 0 4 4 】

ここで、

$\underline{h}_M(n)$  は、M のチャネルタップを有する  $M \times 1$  チャネルインパルス応答ベクトルである。

## 【 0 0 4 5 】

$\underline{\eta}_M(n)$  は、M のパイロットサブバンドに関する雑音の  $M \times 1$  ベクトルである。

## 【 0 0 4 6 】

式 (6) は、最小二乗 CIRE は単に  $\underline{Y}_M(n)$  の受信されたパイロットシンボルの M 点 IFFT / IDFT をとることによって得られることを示す。ゼロフォーシング CIRE は、最小二乗 CIRE に等しい。

40

## 【 0 0 4 7 】

MMSE CIRE  $\underline{h}^{mmse}_M(n)$  は、次式のように導き出すことができる。

## 【 数 9 】

$$\underline{h}^{mmse}_M(n) = \underline{\Psi}_{hh} \cdot \underline{W}_{M \times M}^{-1} \cdot [\underline{W}_{M \times M} \cdot \underline{\Psi}_{hh} \cdot \underline{W}_{M \times M}^{-1} + \underline{\Lambda}_{\eta\eta}]^{-1} \cdot \underline{Y}_M(n) \quad \text{式 (7)}$$

## 【 0 0 4 8 】

ここで、

50

$\underline{h}_{hh} = E\{\underline{h}_M(N) \cdot \underline{h}_M^H(n)\}$  は、 $M \times M$  チャネル共分散行列である。

【 0 0 4 9 】

$\underline{h}_{hh} = E\{\underline{h}_M(n) \cdot \underline{h}_M^H(n)\}$  は、 $M \times M$  雑音共分散行列である。

【 0 0 5 0 】

ロバストMMSE CIRE  $\underline{h}_M^{rmmse}(n)$  は、次式のように導き出すことができる。

【 数 1 0 】

$$\underline{h}_M^{rmmse}(n) = \frac{1}{1+N_0} \cdot \underline{W}_{M \times M}^{-1} \cdot \underline{Y}_M(n) \quad \text{式(8)}$$

【 0 0 5 1 】

10

式(8)では、チャネルインパルス応答内のタップは相互に関連しておらず、さらに等しい電力を有しておりこのため  $\underline{h}_{hh} = \underline{I}_{M \times M}$  であると仮定している。式(8)では、雑音  $\underline{h}_M(n)$  は、ゼロの平均ベクトル及び  $\underline{h}_{hh} = N_0 \cdot \underline{I}_{K \times K}$  の共分散行列を有する加法的白色ガウス雑音(AWGN)であると仮定しており、ここで  $N_0$  は、雑音の分散であり、 $\underline{I}_{K \times K}$  は、 $K \times K$  単位行列である。

【 0 0 5 2 】

受信機は、パイロット送信を有する各OFDMシンボル期間  $n$  に関する最初の  $\underline{h}'_M(n)$  を、該シンボル期間において送信されたOFDMシンボルからの受信されたパイロットシンボルに基づいて導き出すことができる。受信機は、最小二乗法、MMSE法、ロバストMMSE法、又はその他の方法を用いて  $\underline{h}'_M(n)$  を導き出すことができる。従って、 $\underline{h}'_M(n)$  は  $\underline{h}_M^{ls}(n)$ 、 $\underline{h}_M^{mmse}(n)$  又は  $\underline{h}_M^{rmmse}(n)$  と等しくすることができる。

20

【 0 0 5 3 】

受信機は、異なるOFDMシンボル期間に関する最初のCIRE  $\underline{h}'_M(n)$  をフィルタリングして向上された品質を有するフィルタリングされたCIRE

【 数 1 1 】

$\tilde{\underline{h}}_M(n)$  (以下では  $\underline{h}'_M(n)$  と表わす場合がある)

【 0 0 5 4 】

を得ることができる。

【 0 0 5 5 】

30

一実施形態においては、左側の境界にOFDMシンボル  $n-1$  及び右側の境界にOFDMシンボル  $n+1$  が存在する「内部の」OFDMシンボル  $n$  に関するフィルタリングは、以下のように行うことができる。

【 数 1 2 】

$$\tilde{\underline{h}}_M(n) = \frac{1}{4} \underline{h}'_M(n-1) + \frac{1}{2} \underline{h}'_M(n) + \frac{1}{4} \underline{h}'_M(n+1) \quad \text{式(9)}$$

【 0 0 5 6 】

式(9)において、現在のOFDMシンボル期間に関するフィルタリングされたCIRE  $\tilde{\underline{h}}_M(n)$  は、前、現在及び次のOFDMシンボル期間に関する最初のCIREに基づいて決定される。

40

【 0 0 5 7 】

一実施形態においては、OFDMシンボル  $n+1$  のみが右側境界に存在する「左縁の」OFDMシンボル  $n$  に関するフィルタリングは、以下のように行うことができる。

【 数 1 3 】

$$\tilde{\underline{h}}_M(n) = \frac{2}{3} \underline{h}'_M(n) + \frac{1}{3} \underline{h}'_M(n+1) \quad \text{式(10)}$$

【 0 0 5 8 】

式(10)において、現在のOFDMシンボル期間に関するフィルタリングされたCIRE

50

$\underline{h}_{-M}(n)$ は、現在及び次のOFDMシンボル期間に関する最初のCIREに基づいて決定される。

【0059】

一実施形態においては、OFDMシンボル  $n - 1$  のみが左側境界に存在する「右縁の」OFDMシンボルに関するフィルタリングは、以下のように行うことができる。

【数14】

$$\tilde{\underline{h}}_M(n) = \frac{2}{3}\underline{h}'_M(n) + \frac{1}{3}\underline{h}'_M(n-1) \quad \text{式(11)}$$

【0060】

式(11)において、現在のOFDMシンボル期間に関するフィルタリングされたCIRE  $\underline{h}_{-M}(n)$ は、前及び現在のOFDMシンボル期間に関する最初のCIREに基づいて決定される。

【0061】

一般的には、最初のCIREの時間フィルタリングは、あらゆる数の過去及び/又は将来のOFDMシンボルにわたって行うことができる。さらに、時間フィルタリングは、例えば式(9)乃至(11)に示されるような有限インパルス応答(FIR)フィルタ、無限インパルス応答(IIR)フィルタ、又はその他の型のフィルタを用いて行うことができる。このフィルタリングは、適応型であること、例えば、受信機の手数、チャネル状態の変化速度、動作SNR、等に基づいて調整することができる。

【0062】

受信機は、フィルタリングされたCIRE  $\underline{h}_{-M}(n)$ に関するしきい値を設定して最終的なCIRE  $\underline{h}^M_M(n)$ を得ることができる。フィルタリングされたCIRE  $\underline{h}^M_M(n)$ は、Mのチャネルタップ  $\underline{h}_{-1}(n)$ 乃至  $\underline{h}_{-M}(n)$ を含む。各チャネルタップ  $\underline{h}_{-m}(n)$ 、ここで  $m = 1, \dots, M$ 、は、無線チャネルによって決定された複素利得を有する。しきい値を設定することは、十分なエネルギーを有するチャネルタップを保持し、弱いチャネルタップを捨てる。

【0063】

一側面においては、しきい値の設定は、しきい値パラメータ及びしきい値に従って行われる。しきい値を導き出すためには、 $\underline{h}_{-M}(n)$ におけるMのチャネルタップに関する平均チャネルエネルギーを以下のように計算することができる。

【数15】

$$E_{avg}(n) = \frac{1}{M} \cdot \sum_{m=1}^M |\tilde{h}_m(n)|^2 \quad \text{式(12)}$$

【0064】

ここで、

$\underline{h}_{-m}(n)$ は、 $\underline{h}_{-M}(n)$ におけるm番目のチャネルタップである。

【0065】

$E_{avg}(n)$ は、OFDMシンボル期間に関する平均チャネルエネルギーである。

【0066】

一実施形態においては、しきい値は、次式のように、平均チャネルエネルギー及びしきい値パラメータに基づいて定義される。

【数16】

$$T_h(n) = P \cdot E_{avg}(n) \quad \text{式(13)}$$

【0067】

ここで、Pは、しきい値パラメータであり、 $T_h(n)$ は、OFDMシンボル期間nに関するしきい値である。しきい値パラメータは、しきい値定数、スケーリングファクター、等と呼ぶこともできる。しきい値は、 $T_h(n) = P_t \cdot E_{total}(n)$ として定義することも可能であ

10

20

30

40

50

り、ここで、 $E_{total}(n)$ は、総チャネルエネルギーであり、 $P_t = P / M$ は、修正されたしきい値パラメータである。

【0068】

一般的には、しきい値 $T_h(n)$ は、あらゆる量の関数であることができる。しきい値は、例えば式(13)に示されるように、平均チャネルエネルギー及びしきい値パラメータの関数であることができる。代替として又は追加で、しきい値は、雑音エネルギー、幾つかの弱いチャネルタップのエネルギー、最も強いチャネルタップエネルギー、等の関数であることも可能である。

【0069】

受信機は、フィルタリングされたCIREのしきい値設定を次式のように行うことができる。

【数17】

$$\hat{h}_m(n) = \begin{cases} \tilde{h}_m(n) & |\tilde{h}_m(n)|^2 \geq T_h(n) \text{ のとき,} \\ 0 & \text{それ以外,} \end{cases} \quad \text{但し } m=1, \dots, M \quad \text{式(14)}$$

【0070】

ここで、 $\hat{h}_m(n)$ は、 $\tilde{h}_m(n)$ における $m$ 番目のチャネルタップである。式(14)で示される実施形態においては、しきい値設定は、 $\tilde{h}_m(n)$ における $M$ のチャネルタップの各々に関して個々に行われる。各フィルタリングされたチャネルタップ $\tilde{h}_m(n)$ のエネルギーが計算されてしきい値 $T_h(n)$ と比較される。最終的なチャネルタップ $\hat{h}_m(n)$ は、エネルギーがしきい値 $T_h(n)$ 以上である場合はフィルタリングされたチャネルタップ $\tilde{h}_m(n)$ に設定され、その他の場合はゼロに設定される。

【0071】

図4は、典型的なチャネルインパルス応答推定値400に関するしきい値設定を示す。 $M$ のフィルタリングされたチャネルタップのエネルギーは、縦線によって示され、タップインデックス1乃至 $M$ において異なる高さを有する。しきい値 $T_h(n)$ は、ダッシュ線410によって示される。線410よりも上のエネルギーを有するチャネルタップが保持され、線410の下方のエネルギーを有する弱いチャネルタップはゼロにされる。図4からわかるように、しきい値及び線410を(しきい値パラメータを大きくすることによって)上昇させることは、より多くのチャネルタップをゼロにすることになる。逆に、しきい値及び線410を(しきい値パラメータを小さくすることによって)下げることは、より多くのチャネルタップが保持されることになる。

【0072】

図4及び上記の説明は、1つのしきい値設定実施形態に関するものである。しきい値設定は、その他の方法でも行うことができる。例えば、チャネルタップは、最も強いチャネルタップから最も弱いチャネルタップまで順位を付けることができる。これで、総エネルギーのうちある割合が捨てられる、ある割合の又はある数のチャネルタップがゼロにされる、等まで、最も弱いチャネルタップから始めて1度に1つのチャネルタップをゼロにすることができる。前記割合は、しきい値パラメータ $P$ によって決定することができる。

【0073】

しきい値設定は、上述されるように、フィルタリングされたCIRE内のチャネルタップ $\tilde{h}_m(n)$ に関して行うことができる。しきい値設定は、フィルタリングなしで、最初のCIRE内のチャネルタップ $h'_m(n)$ に関しても行うことができる。

【0074】

受信機は、データ検出、対数・尤度比(LLR)計算、等の様々な目的のために最終的なCIRE  $\hat{h}_M(n)$ を用いることができる。例えば、受信機は、 $M$ のチャネルタップを有する最終的なCIRE  $\hat{h}_M(n)$ に基づいて $K$ のすべての総サブバンドに関する最終的なチャネル周波数応答推定値 $\hat{H}_K(n)$ を導き出すことができる。次に受信機は、最終的なチャネル周波数応答

推定値 $\hat{H}_k(n)$ を用いて $\hat{Y}_k(n)$ 内の受信されたデータシンボルに関する等化またはマッチングされたフィルタリングを行ってデータシンボル推定値 $\hat{X}_k(n)$ を得ることができる。受信機は、データシンボル推定値のビットに関するLLRを計算するために $\hat{H}_k(n)$ を用いることも可能である。

【0075】

図2及び3に示される典型OFDMシステムに関して、 $K = 1024$ 、 $G = 136$ 、 $U = 888$ 、 $M = 128$ 、 $P = 111$ 、及び $C = 108$ でのコンピュータシミュレーションが行われた。2つのチャネルモデル及び符号化率と変調方式の3つの組合せに対応する6つの異なる動作シナリオがシミュレーションされた。各シミュレーションされた動作シナリオに関して、異なるしきい値パラメータ値に関する性能の特徴が決定された。これらのシミュレーションは、しきい値パラメータがチャネル推定値の質及び性能の両方に対して大きな影響を有することを示した。表1は、シミュレーションされた6つの動作シナリオに関して最高の性能を提供するしきい値パラメータ値を示す。

【表1】

表1－最高の性能を提供するしきい値パラメータ値

| 符号化及び変調        | デュアルクラス車両A<br>VEHA (120 Km/h) | 歩行者B<br>PEDB (120 Km/h) |
|----------------|-------------------------------|-------------------------|
| QPSK, 率 0.55   | $P = 0.75$                    | $P = 1.00$              |
| 16-QAM, 率 0.41 | $P = 0.50$                    | $P = 0.75$              |
| 16-QAM, 率 0.55 | $P = 0.25$                    | $P = 0.50$              |

【0076】

VEHA及びPEDBは、当業においてよく知られる2つのチャネルプロファイルモデルである。チャネルプロファイルは、チャネルインパルス応答に関する統計モデルであり、通信チャネルが時間領域においてどのように見えるかを示す。チャネルプロファイルは、速度および環境に依存する。

【0077】

表1の結果は、4つのスロットにおける12のOFDMシンボルにわたって送信されたデータブロックに関する大きなデータブロックサイズ及びターボ符号化を用いて得られた。データブロックは、パケット、フレーム、等と呼ばれることもある。デュアルクラスVEHAモデルの場合は、第1のクラスは0  $\mu$ sにおいて開始し、第2の10  $\mu$ sにおいて開始し、両クラスは等しい電力を有し、送信パルスは完全sinc関数である。

【0078】

符号化率と変調方式の各組合せは、ターゲットブロック誤り率(BLER)、例えば1%BLERを達成させるために一定の最小SNRを要求する。表1において、QPSKの場合の率0.55に関する要求されるSNRは、16-QAMの場合の率0.41に関する要求されるSNRよりも小さい。所定の変調方式に関して、より高い符号化率は、より高い要求されるSNRに対応する。所定の符号化率に関して、より高次の変調方式は、より高い要求されるSNRに対応する。表1は、より高いしきい値パラメータ値が所定のチャネルプロファイルに関してより低いSNRにおいてより高い性能を提供できることを示す。

【0079】

表1は、幾つかの典型的な動作シナリオに関する結果を示す。一般的には、動作シナリオは、チャネルプロファイル、動作SNR、符号化と変調方式、幾つかのその他のパラメータ、該パラメータのうちのいずれかのパラメータ、又は該パラメータの組合せによって特徴付けることができる。様々な動作シナリオをシミュレーションすることで、これらの動作シナリオに関する最高の性能を提供するしきい値パラメータ値を決定することができ

る。異なるシステムパラメータ、チャネルプロファイルモデル、及び／又は仮定事項を用いて異なる結果を得ることができる。

【 0 0 8 0 】

しきい値パラメータPに関して用いる適切な値は、様々な方法で決定することができる。一実施形態においては、様々な動作シナリオに関して良好な性能を提供するしきい値パラメータ値は、コンピュータシミュレーション、経験的測定、等によって決定することができ、さらにルックアップテーブルに格納することができる。その後は、受信機に関する現在の動作シナリオは、例えばチャネルプロファイル、符号化と変調方式、及び／又は受信機に関して適用可能なその他のパラメータに基づいて確認することができる。現在の動作シナリオに対応するしきい値パラメータ値は、ルックアップテーブルから検索されてチャネル推定のために用いられる。

10

【 0 0 8 1 】

他の実施形態においては、しきい値パラメータ値Pは、予想される動作S N Rに基づいて選択される。動作S N Rは、受信されたパイロットシンボル及び／又は受信されたデータシンボルに基づいて推定することができる。一般的には、より高いS N Rに関してはより小さいしきい値パラメータ値を用いることができ、より低いS N Rに関してはより大きいしきい値パラメータ値を用いることができる。

【 0 0 8 2 】

さらに他の実施形態においては、しきい値パラメータ値Pは、C I R E内のチャネルタップ数に基づいて選択される。チャネルタップ数は、パイロット送信に関して用いられるサブバンド数、受信機におけるチャネル推定の行われ方、及び可能なことにその他の要因によって決定することができる。

20

【 0 0 8 3 】

さらに他の実施形態においては、しきい値パラメータ値Pは、高質のチャネル推定値に基づいて決定することができる。受信機は、例えばT D Mパイロットに基づいて又はその他の何らかの手段を介して高質のチャネル推定値を得ることができる。受信機に関するチャネルプロファイルは、高質のチャネル推定値に基づいて確認することができ、しきい値パラメータ値は、チャネルプロファイルに基づいて選択することができる。

【 0 0 8 4 】

一実施形態においては、より高質のチャネル推定値が望ましいごとに新しいしきい値パラメータ値が選択される。例えば、パケットが誤って復号された場合に新しいしきい値パラメータ値を選択することができる。新しいしきい値パラメータ値は、次式によって得ることができる。

30

【 数 1 8 】

$$P_{new} = P_{old} + \Delta P, \text{ or}$$

式 (15)

$$P_{new} = P_{old} - \Delta P$$

【 0 0 8 5 】

40

ここで、

$P_{old}$ は、古い/現在のしきい値パラメータ値である。

【 0 0 8 6 】

$P_{new}$ は、新しいしきい値パラメータ値である。

【 0 0 8 7 】

Pは、ステップサイズであり、0 . 2 5又はその他の何らかの値に設定することができる。

【 0 0 8 8 】

新しいチャネル推定値は、新しいしきい値パラメータ値に基づいて導き出してパケットを復元するために用いることができる。新しいチャネル推定値を用いても依然として誤っ

50



てパケットが復号される場合は、他のしきい値パラメータ値を選択して他のチャネル推定値を導き出すために用いることができ、該他のチャネル推定値は、パケットを復元するために用いることができる。一般的には、異なるしきい値パラメータ値を用いてあらゆる数のチャネル推定値を導き出すことができる。新しいしきい値パラメータ値は、代替方法で、原しきい値パラメータ値の両側から選択することができる。例えば、新しいしきい値パラメータ値は、 $P_{o,ld} + P$  に設定し、次に  $P_{o,ld} - P$  に設定し、次に  $P_{o,ld} + 2P$  に設定し、次に  $P_{o,ld} - 2P$  に設定することができる、以下同様である。パケットが正確に復号されるまで、最大数の値が試みられるまで、又はその他の何らかの終了条件に出会うまで新しいしきい値パラメータ値を選択して使用することができる。パケットが正確に復号された場合は、復号を成功させることになったしきい値パラメータ値を後続パケットに関して用いることができる。新しいしきい値パラメータ値の選択は、パケットの誤り以外のその他のイベントによってトリガーすることも可能である。

10

#### 【0089】

図5は、図1のチャネル推定器/プロセッサ170の実施形態のブロック図を示す。チャネル推定器/プロセッサ170内において、パイロット復調器(Demod)512は、受信されたパイロットシンボルに関する変調を除去し、さらに未使用パイロットサブバンドに関するゼロシンボルを提供する。CI RE プロセッサ514は、パイロット復調器512の出力に基づいて現在のシンボル期間に関する最初のCI REを導き出す。CI RE プロセッサ514は、式(6)において示される最小二乗法、式(7)において示されるMMSE法、式(8)において示されるロバストMMSE法、又はその他の何らかの方法に基づいて最初のCI REを導き出すことができる。フィルタ516は、例えば式(9)、(10)及び(11)において示されるように異なるシンボル期間に関する最初のCI REをフィルタリングし、現在のシンボル期間に関するフィルタリングされたCI REを提供する。

20

#### 【0090】

コントローラ190は、現在の動作シナリオを確認し、現在の動作シナリオに関する適切なしきい値パラメータ値を選択する。メモリ192は、異なる動作シナリオに関する異なるしきい値パラメータ値のルックアップテーブル(LUT)を格納することができる。しきい値計算装置520は、例えば式(12)及び(13)において示されるように、フィルタリングされたCI RE及びしきい値パラメータ値に基づいて現在のシンボル期間に関するしきい値 $T_h(n)$ を導き出す。装置518は、フィルタリングされたCI REのチャネルタップに関するしきい値設定を装置520からのしきい値に基づいて行い、現在のシンボル期間に関する最終的なCI REを提供する。FFT装置522は、必要な場合は、最終的なCI REに基づいてチャネル周波数応答推定値を導き出すことができる。

30

#### 【0091】

図6は、しきい値設定を用いてチャネル推定を行うプロセス600の実施形態を示す。パイロット送信を有する各シンボル期間に関して最初のCI REが導き出される(ブロック612)。最初のCI REは、使用されたパイロットサブバンドに関する受信されたパイロットシンボルに基づいて及びゼロアウトされたパイロットサブバンドに関してゼロシンボルに基づいて導き出すことができる。最初のCI REは、最小二乗法、MMSE法、ロバストMMSE法、ゼロフォーシング法、又はその他の何らかの方法に基づいて導き出すことも可能である。フィルタリングされたCI REは、現在、前及び/又は将来のシンボル期間に関する最初のCI REをフィルタリングすることによって現在のシンボル期間に関して導き出される。複数のチャネルタップを有する第1のCI REは、現在のシンボル期間に関する最初のCI RE又はフィルタリングされたCI REに設定することができる(ブロック616)。

40

#### 【0092】

しきい値パラメータ値は、少なくとも1つの基準に基づいて選択される(ブロック618)。例えば、しきい値パラメータ値は、チャネルプロファイル、動作SNR、チャネルタップ数、等に基づいて選択することができる。しきい値は、第1のCI RE及びしきい値パラメータ値に基づいて導き出される(ブロック620)。一実施形態においては、第1

50

のC I R E内のチャネルタップの平均エネルギーが決定され、しきい値は、平均エネルギー及びしきい値パラメータ値に基づいて導き出される。第1のC I R E内のチャネルタップのうちの選択されたチャネルタップをしきい値に基づいてゼロにすることによって第2のC I R Eが導き出される。一実施形態においては、しきい値よりも小さいエネルギーを有するチャネルタップがゼロにされて第2のC I R Eが得られる。第2のC I R Eは、チャネルタップに関するしきい値設定をその他の方法で行うことによって導き出すことも可能である。

#### 【0093】

次に、向上されたチャネル推定値が希望されるかどうかに関する決定が行われる（ブロック624）。向上されたチャネル推定値は、バケットが誤って復号された場合に希望することができる。ブロック624に関する答えが‘YES’である場合で、ブロック626において終了条件に出会わない場合は、例えば現在のしきい値パラメータ値をPだけ変化させることによって新しいしきい値パラメータ値が選択される（ブロック628）。次に、プロセスはブロック620に戻り、（1）新しいしきい値パラメータ値に基づいて新しいしきい値を決定し、（2）新しいしきい値に基づいて第1のC I R Eのチャネルタップのうちの選択されたチャネルタップをゼロにすることによって新しい第2のC I R Eを導き出す。ブロック620乃至628は、終了条件に出会うまであらゆる回数だけ行うことができる。ブロック624において決定されるように、向上されたチャネル推定値が希望されない場合、又はブロック626において決定されるように、終了条件に出会った場合は、プロセスは終了する。

#### 【0094】

当業者は、情報及び信号は様々な種類の技術及び方法のうちのいずれかをを用いて表すことが可能であることを理解するであろう。例えば、上記の説明全体を通じて参照することができるデータ、命令、コマンド、情報、信号、ビット、シンボル、及びチップは、電圧、電流、電磁波、磁場、磁気粒子、光学場、光学粒子、又はそのあらゆる組合せによって表すことができる。

#### 【0095】

本明細書において開示されている実施形態に関係させて説明される様々な例示的論理ブロック、モジュール、回路、及びアルゴリズム上のステップは、電子ハードウェアとして、コンピュータソフトウェアとして、又は両方の組合せとして実装できることを当業者はさらに理解するであろう。ハードウェアとソフトウェアのこの互換性を明確に例示するため、上記においては、様々な例示的構成要素、ブロック、モジュール、回路、及びステップが、各々の機能の観点で一般的に説明されている。これらの機能がハードウェアとして又はソフトウェアとして実装されるかは、全体的システムに対する特定の用途上の及び設計上の制約事項に依存する。当業者は、説明されている機能を各々の特定の用途に合わせて様々な形で実装することができるが、これらの実装決定は、本発明の適用範囲からの逸脱を生じさせるものであるとは解釈すべきではない。

本明細書において開示されている実施形態に関連して説明される様々な例示的な論理ブロック、モジュール、及び回路は、本明細書において説明される機能を果たすように設計された汎用プロセッサ、デジタル信号プロセッサ（DSP）、特定用途向け集積回路（ASIC）、フィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）、その他のプログラミング可能な論理デバイス、ディスクリートゲートロジック、ディスクリートトランジスタロジック、ディスクリートハードウェア構成要素、又はそのあらゆる組合せ、とともに実装又は実行することができる。汎用プロセッサはマイクロプロセッサであることができるが、代替として、従来のようなプロセッサ、コントローラ、マイクロコントローラ、又はステートマシンであってもよい。さらに、プロセッサは、計算装置の組合せ、例えば、DSPと、1つのマイクロプロセッサとの組合せ、複数のマイクロプロセッサとの組合せ、DSPコアと関連する1つ以上のマイクロプロセッサとの組合せ、又はその他のあらゆる該コンフィギュレーションとの組合せ、として実装することもできる。

#### 【0096】

本明細書において開示される実施形態に関して説明される方法又はアルゴリズムのステップは、ハードウェア内において直接具体化させること、プロセッサによって実行されるソフトウェアモジュール内において具体化させること、又はこれらの2つの組合せにおいて具体化させることができる。ソフトウェアモジュールは、RAMメモリ、フラッシュメモリ、ROMメモリ、EPROMメモリ、EEPROMメモリ、レジスタ、ハードディスク、取り外し可能なディスク、CD-ROM、又は当業において既知であるその他のあらゆる形態の記憶媒体に常駐することができる。1つの典型的な記憶媒体をプロセッサに結合させ、プロセッサが記憶媒体から情報を読み出すようにすること及び記憶媒体に情報を書き込むようにすることができる。代替として、記憶媒体は、プロセッサと一体化させることができる。プロセッサ及び記憶媒体は、ASIC内に常駐させることができる。ASICは、ユーザー端末内に常駐することができる。代替として、プロセッサ及び記憶媒体は、ユーザー端末内において個別構成要素として常駐することができる。

10

**【0097】**

開示されている実施形態に関する上記の説明は、当業者が本発明を製造又は使用できるようにすることを目的とするものである。これらの実施形態に対する様々な修正は、当業者によって容易に理解されるであろう。さらに、本明細書において定められている一般原理は、本発明の精神及び適用範囲を逸脱しない形でその他の実施形態に対しても適用することができる。以上のように、本発明は、本明細書において示されている実施形態に限定することを意図するものではなく、本明細書において開示されている原理及び斬新な特長に一致する限りにおいて最も広範な適用範囲が認められるべきである。

20

**【図面の簡単な説明】****【0098】**

【図1】送信機及び受信機のブロック図である。

【図2】典型的な多層フレーム構造を示した図である。

【図3】典型的なサブバンド構造を示した図である。

【図4】チャネルインパルス応答推定値に関するしきい値設定を示した図である。

【図5】受信機におけるチャネル推定器／プロセッサのブロック図である。

【図6】しきい値設定を用いてチャネル推定を行うプロセッサを示した図である。

【図 1】

図 1

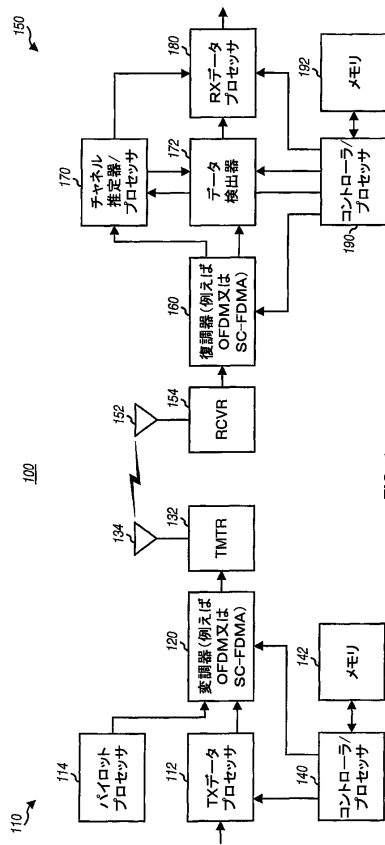


FIG. 1

【図 3】

図 3

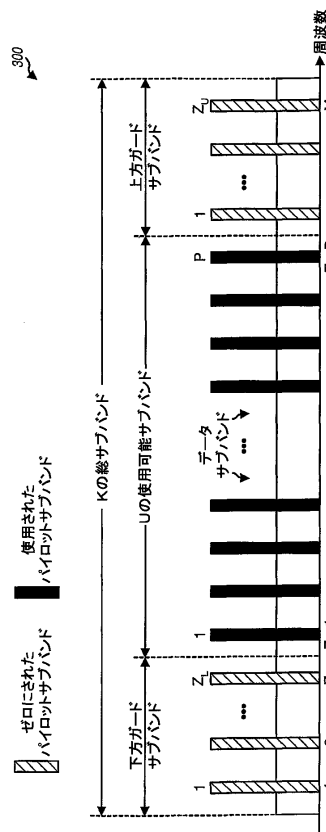


FIG. 3

【図 2】

図 2

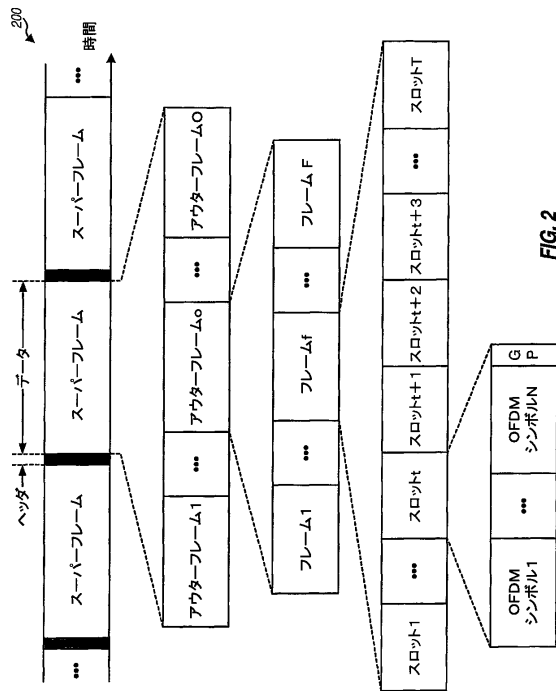


FIG. 2

【図 4】

図 4

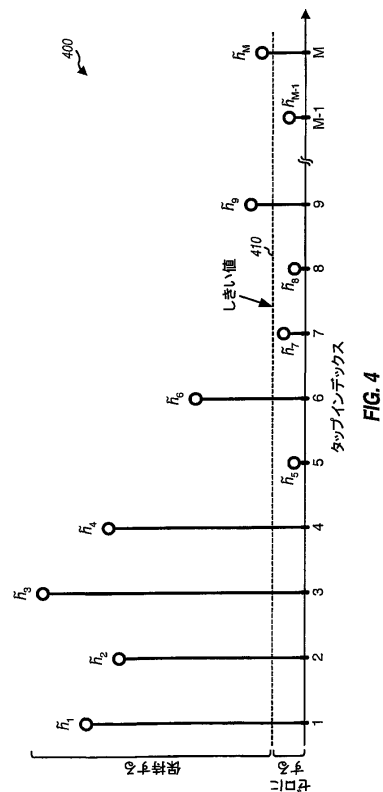
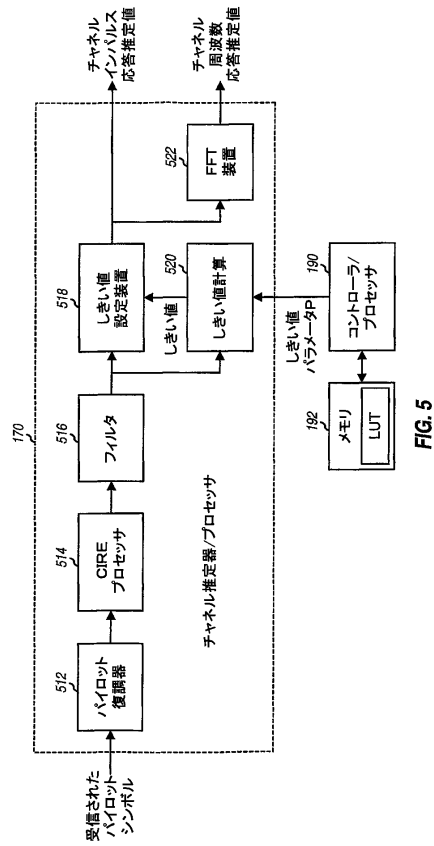


FIG. 4

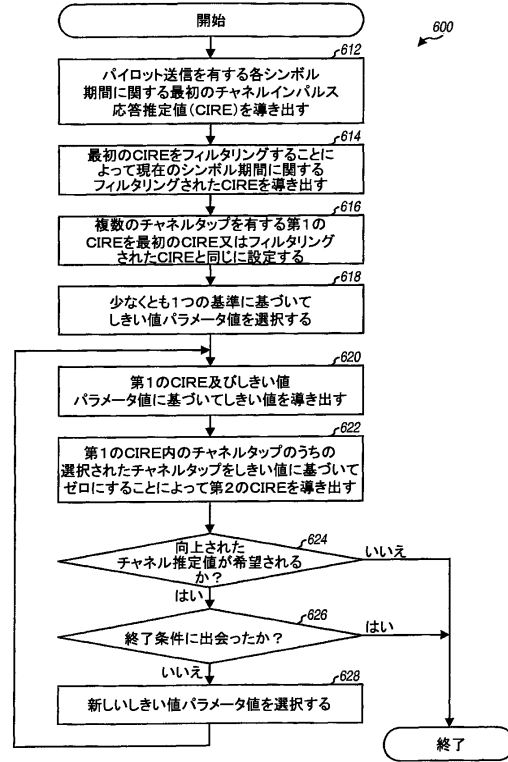
【図 5】

図 5



【図 6】

図 6



## フロントページの続き

- (74)代理人 100109830  
弁理士 福原 淑弘
- (74)代理人 100095441  
弁理士 白根 俊郎
- (74)代理人 100084618  
弁理士 村松 貞男
- (74)代理人 100103034  
弁理士 野河 信久
- (74)代理人 100140176  
弁理士 砂川 克
- (74)代理人 100092196  
弁理士 橋本 良郎
- (74)代理人 100100952  
弁理士 風間 鉄也
- (72)発明者 スタモウリス、アナスタシオス  
アメリカ合衆国、カリフォルニア州 92101、サン・ディエゴ、フロント・ストリート・ナン  
バー140 600
- (72)発明者 マラディ、ダーガ・ブラサド  
アメリカ合衆国、カリフォルニア州 92128、サン・ディエゴ、ブライアーリーフ・ウェイ  
11983

審査官 佐々木 洋

- (56)参考文献 特開2004-266814(JP,A)  
特開2000-091968(JP,A)  
特開2004-104225(JP,A)  
国際公開第02/082683(WO,A1)  
特開2004-158933(JP,A)  
特開2000-022657(JP,A)

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