

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5379141号
(P5379141)

(45) 発行日 平成25年12月25日 (2013.12.25)

(24) 登録日 平成25年10月4日 (2013.10.4)

(51) Int. Cl.	F I
HO 4 J 11/00 (2006.01)	HO 4 J 11/00 Z
HO 4 J 99/00 (2009.01)	HO 4 J 15/00
HO 4 W 72/04 (2009.01)	HO 4 W 72/04 1 3 3

請求項の数 12 (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2010-524778 (P2010-524778)	(73) 特許権者	502032105
(86) (22) 出願日	平成20年9月9日 (2008.9.9)		エルジー エレクトロニクス インコーポ レイティド
(65) 公表番号	特表2010-539780 (P2010-539780A)		大韓民国ソウル、ヨンドゥンポーク、ヨイ ーデロ、1 2 8
(43) 公表日	平成22年12月16日 (2010.12.16)	(74) 代理人	100099759
(86) 国際出願番号	PCT/KR2008/005312		弁理士 青木 篤
(87) 国際公開番号	W02009/035246	(74) 代理人	100092624
(87) 国際公開日	平成21年3月19日 (2009.3.19)		弁理士 鶴田 準一
審査請求日	平成22年4月27日 (2010.4.27)	(74) 代理人	100114018
(31) 優先権主張番号	10-2007-0091730		弁理士 南山 知広
(32) 優先日	平成19年9月10日 (2007.9.10)	(74) 代理人	100165191
(33) 優先権主張国	韓国 (KR)		弁理士 河合 章
(31) 優先権主張番号	61/021,894	(74) 代理人	100151459
(32) 優先日	平成20年1月17日 (2008.1.17)		弁理士 中村 健一
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パイロットサブキャリア割当てを用いる無線通信システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

直交周波数分割多重 (OFDM) 変調を用いる MIMO アンテナシステムにおいて、下りリンク又は上りリンク通信に用いるためのパイロットサブキャリアを割り当てることにより、パイロット信号を送信する方法であって、

時間領域で複数の OFDM シンボル及び周波数領域で複数のサブキャリアを有する基本リソースブロック単位内の OFDM シンボル毎に、第 1 のアンテナに対して第 1 のパイロットを割り当てるステップと、

前記基本リソースブロック単位内の OFDM シンボル毎に、第 2 のアンテナに対して第 2 のパイロットを割り当てるステップと、

前記基本リソースブロック単位内の OFDM シンボル毎に、第 3 のアンテナに対して第 3 のパイロットを割り当てるステップと、

前記基本リソースブロック単位内の OFDM シンボル毎に、第 4 のアンテナに対して第 4 のパイロットを割り当てるステップと、

前記第 1 のパイロット、前記第 2 のパイロット、前記第 3 のパイロット及び前記第 4 のパイロットを受信機に送信するステップと、

を有し、

2 個の隣接する OFDM シンボルにおいて、第 1 のサブキャリアである 1 つの同じサブキャリアに割当てられた前記第 1 及び第 2 のパイロットは、第 1 のパイロット対である 1 つのパイロット対を形成し、前記 2 個の隣接する OFDM シンボルにおいて、第 2 のサブ

10

20

キャリアである 1 つの同じサブキャリアに割当てられた前記第 3 及び第 4 のパイロットは、第 2 のパイロット対である 1 つのパイロット対を形成し、

前記第 1 のパイロット対は、前記 2 個の隣接する OFDM シンボル内で、前記周波数領域において、9 サブキャリアを単位として割り当てられ、

前記第 1 のパイロット及び前記第 2 のパイロットは、それぞれの OFDM シンボル内で、前記周波数領域に交互に割り当てられ、前記第 3 のパイロット及び前記第 4 のパイロットは、それぞれの OFDM シンボル内で、前記周波数領域に交互に割り当てられる、パイロット信号を送信する方法。

【請求項 2】

前記第 2 のパイロット対内の前記第 3 のパイロット及び前記第 4 のパイロットの順序が、前記 2 個の隣接する OFDM シンボル内で前記第 2 のサブキャリアの変更に伴い変化する、請求項 1 に記載のパイロット信号を送信する方法。

【請求項 3】

前記第 1 のパイロット対及び前記第 2 のパイロット対は、前記周波数領域で互いに隣接する、請求項 1 に記載のパイロット信号を送信する方法。

【請求項 4】

前記第 1 のパイロットの数、前記第 2 のパイロットの数、前記第 3 のパイロットの数及び前記第 4 のパイロットの数が、それぞれの OFDM シンボルにおいて同じである、請求項 1 に記載のパイロット信号を送信する方法。

【請求項 5】

前記 2 個の隣接する OFDM シンボル内の前記第 2 のパイロット対は、次の 2 個の隣接する OFDM シンボルにおいて、3 サブキャリアの倍数によりシフトされる、請求項 1 に記載のパイロット信号を送信する方法。

【請求項 6】

前記基本リソースブロック単位は、前記時間領域で 6 OFDM シンボル及び前記周波数領域で 18 サブキャリアを有し、

前記第 1 のパイロット、前記第 2 のパイロット、前記第 3 のパイロット及び前記第 4 のパイロットは、全ての基本リソースブロック単位において、同一の割当てパターンを形成するよう割当てられる、請求項 5 に記載のパイロット信号を送信する方法。

【請求項 7】

下りリンク又は上りリンク通信のための直交周波数分割多重 (OFDM) 変調を用いる無線通信システムであって、

MIMO アンテナと、

前記 MIMO アンテナに動作可能に接続される OFDM 変調器と、

前記 OFDM 変調器に動作可能に接続されるプロセッサと、を有し、

前記プロセッサは、時間領域で複数の OFDM シンボル及び周波数領域で複数のサブキャリアを有する基本リソースブロック単位内の OFDM シンボル毎に、第 1 のアンテナに対して第 1 のパイロット、第 2 のアンテナに対して第 2 のパイロット、第 3 のアンテナに対して第 3 のパイロット及び第 4 のアンテナに対して第 4 のパイロットを割り当てるように構成され、

2 個の隣接する OFDM シンボルにおいて、第 1 のサブキャリアである 1 つの同じサブキャリアに割当てられた前記第 1 及び第 2 のパイロットは、第 1 のパイロット対である 1 つのパイロット対を形成し、前記 2 個の隣接する OFDM シンボルにおいて、第 2 のサブキャリアである 1 つの同じサブキャリアに割当てられた前記第 3 及び第 4 のパイロットは、第 2 のパイロット対である 1 つのパイロット対を形成し、

前記第 1 のパイロット対は、前記 2 個の隣接する OFDM シンボル内で、前記周波数領域において、9 サブキャリアを単位として割り当てられ、

前記第 1 のパイロット及び前記第 2 のパイロットは、それぞれの OFDM シンボル内で、前記周波数領域に交互に割り当てられ、前記第 3 のパイロット及び前記第 4 のパイロットは、それぞれの OFDM シンボル内で、前記周波数領域に交互に割り当てられる、無線

10

20

30

40

50

通信システム。

【請求項 8】

前記第 2 のパイロット対内の前記第 3 のパイロット及び前記第 4 のパイロットの順序が、前記 2 個の隣接する OFDM シンボル内で前記第 2 のサブキャリアの変更に伴い変化する、請求項 7 に記載の無線通信システム。

【請求項 9】

前記第 1 のパイロット対及び前記第 2 のパイロット対は、前記周波数領域で互いに隣接する、請求項 7 に記載の無線通信システム。

【請求項 10】

前記第 1 のパイロットの数、前記第 2 のパイロットの数、前記第 3 のパイロットの数及び前記第 4 のパイロットの数が、それぞれの OFDM シンボルにおいて同じである、請求項 7 に記載の無線通信システム。

10

【請求項 11】

前記 2 個の隣接する OFDM シンボル内の前記第 2 のパイロット対は、次の 2 個の隣接する OFDM シンボルにおいて、3 サブキャリアの倍数によりシフトされる、請求項 7 に記載の無線通信システム。

【請求項 12】

前記基本リソースブロック単位は、前記時間領域で 6 OFDM シンボル及び前記周波数領域で 18 サブキャリアを有し、

前記第 1 のパイロット対及び前記第 2 のパイロット対は、全ての基本リソースブロック単位において、同一の割当てパターンを形成するように割当てられる、請求項 11 に記載の無線通信システム。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、無線通信システムに関するものである。特に、本発明は、多入力・多出力 (multiple-input multiple-output: MIMO) アンテナシステムを含む無線通信システムでパイロットサブキャリアを割り当てる方法に関する。

【背景技術】

【0002】

IEEE 802.16 標準は、広帯域無線接続及びプロトコルを支援する技術を提供する。1999 年以来その標準化が進行され、2001 年に IEEE 802.16-2001 が承認された。これは、「WirelessMAN-SC」と呼ばれる単一キャリア物理層に基づいて確立された。2003 年に承認された IEEE 802.16a では、「Wireless MAN-SC」に加えて「WirelessMAN-OFDM」及び「WirelessMAN-OFDM」が物理層に追加された。IEEE 802.16a 標準が完了した後、2004 年に修正された IEEE 802.16-2004 が承認された。IEEE 802.16-2004 におけるバグと誤りを修正するために、IEEE 802.16-2004/Cor 1 が 2005 年に「追補 (corrigendum)」の形態で完了した。

30

【0003】

MIMO アンテナ技術は、複数の送信アンテナ及び複数の受信アンテナを用いてデータ送受信効率を向上させる。MIMO 技術は、IEEE 802.16a 標準で導入され、継続してアップデートされてきている。

40

【0004】

MIMO 技術は、空間多重化方法及び空間ダイバーシティ方法に分類される。空間多重化方法では、異なるデータが同時に伝送されるので、システム帯域幅を増加させずにデータが高速に伝送されることが出来る。空間ダイバーシティ方法では、同一のデータが複数の伝送アンテナを通じて伝送され、ダイバーシティ利得を得るので、データ信頼性が増大する。

【0005】

50

受信機は送信機から伝送されたデータを復元するためにチャネルを推定する必要がある。チャネル推定は、フェージングによる急激な環境変化と送信信号の復元により発生する信号歪みを補償するプロセスを示す。一般に、チャネル推定のために、送信機と受信機はパイロットを知る必要がある。

【 0 0 0 6 】

MIMOシステムで、信号はそれぞれのアンテナに対応するチャネルを経験する。したがって、複数のアンテナを考慮してパイロットを配置する必要がある。アンテナ数が増加するにつれてパイロットの数は増加されるが、データ伝送速度を増加させるようにアンテナ数を増加させることはできない。

【 0 0 0 7 】

従来、パーミュテーション（分散 / AMC）方法によって異なるパイロット割当構造が設計されて使用されてきた。これは、IEEE 802.16eシステムではパーミュテーション方法が時間領域で互いに分離しており、パーミュテーション方法にしたがって別々に最適化された構造が設計されるからである。パーミュテーション方法が任意の時点に共存すると、統合した基本データ割当構造が必要となる。

【 0 0 0 8 】

従来技術において、深刻なパイロットオーバーヘッドが発生するために、伝送速度は減少する。また、同一のパイロット構造が隣接セルまたはセクターに適用されるため、セルまたはセクター間に衝突が生じうる。そこで、MIMOシステムでパイロットサブキャリアを効率的に割り当てる方法が望まれる。

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 9 】

本発明の目的は、MIMOシステムを含む無線通信システムでパイロットサブキャリアを効率的に割り当てる方法を提供することにある。本発明の目的は、複数の直交周波数分割多重（Orthogonal Frequency Division Multiplexing: OFDM）シンボル及び複数のサブキャリアにわたってMIMOアンテナシステムの複数のアンテナに対するパイロットサブキャリアを割り当てる方法を提供することによって達成される。上記方法は、OFDMシンボルごとに同じ数で複数のアンテナに対するパイロットサブキャリアのそれぞれを割り当てることを含む。パイロットサブキャリアは、2個のパイロットサブキャリア対を形成し、時間領域で2個の隣接するOFDMシンボル上に交互に配列されるように割り当てられる。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 0 】

本発明の一実施例によれば、直交周波数分割多重（OFDM）変調を用いるMIMOアンテナシステムで下りリンク及び上りリンク通信に用いるためのパイロットサブキャリアを割り当てる方法が提供される。この方法は、時間領域でOFDMシンボルを含み、周波数領域でサブキャリアを含むフレーム構造を提供する段階と、時間及び周波数領域で第1のアンテナに対する第1のパイロットサブキャリア及び第2のアンテナに対する第2のパイロットサブキャリアを交互に割り当てる段階と、を含み、交互する第1のパイロット搬送波及び第2のパイロット搬送波のそれぞれは、周波数領域で9個のサブキャリアの整数倍で離れており、さらに2個の隣接OFDMシンボルに割り当てられる。

【 0 0 1 1 】

本発明の一形態において、2個のOFDMシンボルだけ離れている第1のパイロットサブキャリアのそれぞれは3個のサブキャリアの整数倍でシフトされ、2個のOFDMシンボルだけ離れている第2のパイロットサブキャリアのそれぞれは3個のサブキャリアの整数倍でシフトされることで、周波数選択性を区別する。それぞれのOFDMシンボルは、第1の及び第2のパイロットサブキャリアを含む。好ましくは、それぞれのOFDMシンボル内の前記第1の及び第2のパイロットサブキャリアのそれぞれの数は同一である。

【 0 0 1 2 】

本発明の他の形態において、時間及び周波数領域で第3のアンテナに対する第3のパイロットサブキャリアと第4のアンテナに対する第4のパイロットサブキャリアを交互に割り当てる段階をさらに含み、前記交互する第3のパイロットサブキャリアと第4のパイロットサブキャリアのそれぞれは周波数領域で9個のサブキャリアの整数倍で離れており、さらに2個の隣接するOFDMシンボルに割り当てられる。好ましくは、前記第1のパイロットサブキャリアは周波数領域で第3のパイロットサブキャリアと隣接し、第2のパイロットサブキャリアは周波数領域で第4のパイロットサブキャリアと隣接する。好ましくは、2個のOFDMシンボルだけ離れている第3のパイロットサブキャリアのそれぞれは、3個のサブキャリアの整数倍でシフトされ、2個のOFDMシンボルだけ離れている第4のパイロットサブキャリアのそれぞれは、3個のサブキャリアの整数倍でシフトされることで、周波数選択性を区別する。

10

【0013】

前記フレーム構造は、上りリンク及び下りリンク通信のうち一つに用いられることができる。前記フレーム構造は、FUSC (full usage of subchannels) パーミュテーションモードの形態で用いられることができる。前記フレーム構造は、AMC (adaptive modulation and coding) パーミュテーションモードの形態で用いられることができる。

【0014】

本発明の他の形態において、第1のOFDMシンボル内の前記第1のパイロットサブキャリアの開始位置は1個のサブキャリアだけオフセットされる。それぞれのOFDMシンボルは、第1、第2、第3及び第4のパイロットサブキャリアを含むことができる。好ましくは、それぞれのOFDMシンボル内の前記第1、第2、第3及び第4のパイロットサブキャリアのそれぞれの個数は同一である。

20

【0015】

本発明の一実施例によれば、下りリンク及び上りリンク通信のための直交周波数分割多重 (OFDM) 変調を用いる無線通信システムは、MIMOアンテナ、MIMOアンテナに動作可能に接続されたOFDM変調器、及び前記OFDM変調器に動作可能に接続されたプロセッサを含む。前記プロセッサは、時間領域でOFDMシンボルを含み、周波数領域でサブキャリアを含むフレーム構造を提供し、時間及び周波数領域で第1のアンテナに対する第1のパイロットサブキャリア及び第2のアンテナに対する第2のパイロットサブキャリアを交互に割り当てる。好ましくは、交互する第1のパイロット搬送波及び第2のパイロット搬送波のそれぞれは、周波数領域で9個のサブキャリアの整数倍で離れており、さらに2個の隣接OFDMシンボルに割り当てられる。

30

【0016】

本発明の一形態において、前記プロセッサは、上りリンク及び下りリンク通信のうち少なくとも一つで使用するためのサブキャリアにシンボル及びパイロットを割り当てるサブキャリア割当器を含む。前記プロセッサは、入力ストリームを符号化してコードワードを生成するチャンネルエンコーダ、コードワードを信号座標上の位置を表すシンボルにマッピングするマッパー、及び前記シンボルを処理するMIMOプロセッサをさらに含むことができる。

【図面の簡単な説明】

40

【0017】

【図1】複数のアンテナを有する送信機を示すブロック図である。

【図2】複数のアンテナを有する受信機を示すブロック図である。

【図3】フレーム構造を示す図である。

【図4】PUSC (Partial usage of subchannels) における2個の送信アンテナのパイロット配列を示す図である。

【図5】FUSC (Full usage of subchannels) における2個の送信アンテナのパイロット配列を示す図である。

【図6】PUSCにおける4個の送信アンテナのパイロット配列を示す図である。

【図7】FUSCにおける4個の送信アンテナのパイロット配列を示す図である。

50

【図 8】パイロットオーバーヘッドの比率とガードサブキャリアの比率により表 2 の場合を示すグラフである。

【図 9】2 個の送信アンテナのパイロット配列を示す図である。

【図 10】4 個の送信アンテナのパイロット配列を示す図である。

【図 11】3 個または 4 個の送信アンテナのパイロット配列を式で示す図である。

【図 12】2 個の送信アンテナのパイロット配列を示す図である。

【図 13】2 個の送信アンテナのパイロット配列を示す図である。

【図 14】4 個の送信アンテナのパイロット配列を示す図である。

【図 15】4 個の送信アンテナのパイロット配列を示す図である。

【図 16】本発明の一実施例による 8 個のアンテナを用いたシステムで任意のパイロットサブキャリア割当構造を示す図である。

10

【図 17】本発明の一実施例による 8 個のアンテナを用いたシステムで任意のパイロットサブキャリア割当構造を示す図である。

【図 18】本発明の一実施例による 8 個のアンテナを用いたシステムで任意のパイロットサブキャリア割当構造を示す図である。

【図 19】4 - T x システム及び 8 - T x システムでセルによってパイロットサブキャリア割当オフセットが変化する本発明の実施例を示す図である。

【図 20】4 - T x システム及び 8 - T x システムでセルによってパイロットサブキャリア割当オフセットが変化する本発明の実施例を示す図である。

【図 21】図 20 に示す 8 - T x システムの他の実施例を示す図である。

20

【図 22】本発明の一実施例によるパイロットサブキャリア割当パターンを示す図である。

【図 23】本発明の一実施例による 2 - T x システムにおけるパイロットサブキャリア割当パターンを示す図である。

【図 24】本発明の一実施例による 2 - T x システムにおけるパイロットサブキャリア割当パターンを示す図である。

【図 25】本発明の一実施例による 2 - T x システムにおけるパイロットサブキャリア割当パターンを示す図である。

【図 26】本発明の一実施例による 4 - T x システムにおけるパイロットサブキャリア割当パターンを示す図である。

30

【図 27】本発明の一実施例による 4 - T x システムにおけるパイロットサブキャリア割当パターンを示す図である。

【図 28】本発明の一実施例による 4 - T x システムにおけるパイロットサブキャリア割当パターンを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下の詳細な説明では、この文書の一部を形成し、本発明の特定の実施例を説明するために図示される添付の図面を参照する。当業者にとっては、他の実施例が利用可能であり、本発明の範囲を逸脱しない限度内で構造的、電氣的及び手順的な変化が可能であるということが理解できる。図面中、同一または類似の部分には可能な限り同一の参照番号を付する。

40

【0019】

下記の技術は、様々な無線通信システムで用いることができる。無線通信システムは、音声及びパケットデータなどの様々な通信サービスを提供するのに多用される。この技術は、下りリンクまたは上りリンクで用いることができる。一般に、下りリンクは、基地局 (base station; BS) からユーザ装置 (user equipment; UE) への通信を指し、上りリンクは、UE から BS への通信を指す。BS は、通常、UE と通信する固定局を意味し、ノード B、ベーストランシーバシステム (Base transceiver system; BTS) またはアクセスポイントと呼ぶこともできる。UE は、固定または移動可能であり、移動局 (mobile station; MS)、ユーザ端末 (user terminal; UT)、加入者局 (subscriber station; SS

50

）または無線装置と呼ぶこともできる。

【 0 0 2 0 】

以下、新規システムに対する効率的なパイロット構造を説明する。新規システムは、IEEE 802.16mシステムを中心として説明するが、同一の原理が他のシステムに適用されることができる。

【 0 0 2 1 】

通信システムは、MIMO (multiple-input multiple-output) システムまたはMISO (multiple-input single-output) システムでありうる。MIMOシステムは、複数の送信アンテナと複数の受信アンテナを使用する。MISOシステムは、複数の送信アンテナと一つの受信アンテナを使用する。

10

【 0 0 2 2 】

図1は、複数のアンテナを有する送信機のブロック図である。図1を参照すると、送信機100は、チャンネルエンコーダ120、マッパ130、MIMOプロセッサ140、サブキャリア割当器150、及びOFDM変調器160を含む。チャンネルエンコーダ120、マッパ130、MIMOプロセッサ140及びサブキャリア割当器150は別の構成要素としても良く、送信機100の単一プロセッサに組み込んでも良い。

【 0 0 2 3 】

チャンネルエンコーダ120は、所定のコーディング方法によって入力ストリームを符号化してコードワードを生成する。マッパ130は、コードワードを信号座標 (constellation) 上の位置を表すシンボルにマッピングする。マッパ130の変調方式は制限されず、m - 位相シフトキーイング (m - PSK) 方式またはm - 直交振幅変調 (QAM) 方式を含むことができる。

20

【 0 0 2 4 】

MIMOプロセッサ140は、複数の送信アンテナ190 - 1, ..., 190 - N_tを用いるMIMO方法によって入力シンボルを処理する。例えば、MIMOプロセッサ140は、コードブックに基づいてプリコーディングを行うことができる。

【 0 0 2 5 】

サブキャリア割当器150は、入力シンボル及びパイロットをサブキャリアに割り当てる。パイロットは、送信アンテナ190 - 1, ..., 190 - N_tによって配列される。パイロットは、送信機100及び受信機 (図2の200) で既知であり、チャンネル推定またはデータ復調に用いられ、基準信号とも呼ばれる。

30

【 0 0 2 6 】

OFDM変調器160は、入力シンボルを変調してOFDMシンボルを出力する。OFDM変調器160は、入力シンボルに対して高速逆フーリエ変換 (IFFT: Invers Fast Fourier Transform) を行い、IFFT後にサイクリック・プレフィックス (cyclic prefix: CP) を挿入することができる。OFDMシンボルは、送信アンテナ190 - 1, ..., 190 - N_tを介して送信される。

【 0 0 2 7 】

図2は、複数のアンテナを有する受信機のブロック図である。図2を参照すると、受信機200は、OFDM復調器210、チャンネル推定器220、MIMOポストプロセッサ230、デマッパ240及びチャンネルデコーダ250を含む。チャンネル推定器220、MIMOポストプロセッサ230、デマッパ240及びチャンネルデコーダ250は、別の構成要素としても良く、受信機200の単一プロセッサに組み込んでも良い。

40

【 0 0 2 8 】

受信アンテナ290 - 1, ..., 290 - N_rを通じて受信した信号は、OFDM復調器210により高速フーリエ変換 (FFT: Fast Fourier Transform) される。チャンネル推定器220は、パイロットを用いてチャンネルを推定する。MIMOポストプロセッサ230は、MIMOプロセッサ140に対応する後処理を行う。デマッパ240は、入力シンボルをコードワードにデマッピングする。チャンネルデコーダ250は、コードワードを復号して本来のデータを復元する。

50

【 0 0 2 9 】

図 3 は、フレーム構造を示す図である。フレームは、物理的仕様によって用いられる固定された期間中のデータシーケンスであり、これは、I E E E 標準 8 0 2 . 1 6 - 2 0 0 4 「Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems」(以下、参照文献 1 という。)のセクション 8.4.4.2 を参照する。

【 0 0 3 0 】

図 3 を参照すると、フレームは、下りリンク (D L) フレーム及び上りリンク (U L) フレームを含む。T D D (time division duplex) は、上りリンク及び下りリンク送信が時間領域で分離されるが、同じ周波数を共有する方式である。通常、下りリンクフレームは上りリンクフレームに先行する。下りリンクフレームは、プリアンブル、フレーム制御ヘッダ (F C H) 、 D L - M A P 、 U L - M A P 及びバースト領域 (D L バースト # 1 ~ 5 、及び U L バースト # 1 ~ 5) の順で始まる。下りリンクフレームと上りリンクフレームを互いに分離するガードタイムは、フレームの (下りリンクフレームと上りリンクフレームとの間の) 中間部分及び (上りリンクフレームの次である) フレームの末尾の部分に挿入される。送信 / 受信遷移ギャップ (T T G) は、下りリンクバースト及び後続する上りリンクバーストとの間に定義されたギャップである。受信 / 送信遷移ギャップ (R T G) は、上りリンクバースト及び後続する下りリンクバーストとの間に定義されたギャップである。

【 0 0 3 1 】

プリアンブルは、基地局とユーザ装置間の初期同期化、セル検索、周波数オフセット推定及びチャネル推定に用いられる。F C H は、D L - M A P メッセージの長さ及び D L - M A P のコーディング方式に関する情報を含む。D L - M A P は、D L - M A P メッセージが伝送される領域である。D L - M A P メッセージは、下りリンクチャネルのアクセスを定義する。D L - M A P メッセージは、下りリンクチャネル記述子 (D C D) 及び基地局識別子 (I D) の構成変更回数を含む。D C D は、現在のフレームに適用される下りリンクバーストプロファイルを記述する。下りリンクバーストプロファイルは、下りリンク物理チャネルの特性に言及し、D C D は、D C D メッセージを通じて基地局により周期的に送信される。

【 0 0 3 2 】

U L - M A P は、U L - M A P メッセージが伝送される領域である。U L - M A P メッセージは、上りリンクチャネルのアクセスを定義する。U L - M A P メッセージは、上りリンクチャネル記述子 (U C D) の構成変更回数及び U L - M A P により定義された上りリンク割当の効率的な開始時間を含む。U C D は、上りリンクバーストプロファイルを記述する。上りリンクバーストプロファイルは、上りリンク物理チャネルの特性に言及し、U C D は U C D メッセージを通じて基地局により周期的に送信される。

【 0 0 3 3 】

以下、スロットは最小データ割当単位であり、時間及びサブチャネルにより定義される。サブチャネルの数は、F F T サイズ及び時間 - 周波数マッピングに依存する。サブチャネルは、複数のサブキャリアを含み、サブチャネル当たりのサブキャリアの数はパーミュテーション方法によって変化する。パーミュテーションは、物理サブチャネルに対する論理サブチャネルのマッピングを意味する。サブチャネルは、F U S C (full usage of subchannels) では 4 8 個のサブキャリアを含み、P U S C (partial usage of subchannels) では 2 4 または 1 6 個のサブキャリアを含む。セグメントは、一つ以上のサブチャネルセットを表す。

【 0 0 3 4 】

物理層でデータを物理サブキャリアにマッピングするために、一般的に 2 つの段階が行われる。第 1 の段階では、一つ以上の論理サブチャネル上でデータが一つ以上のデータスロットにマッピングされる。第 2 の段階では、論理サブチャネルが物理サブチャネルにマッピングされる。これをパーミュテーションという。参照文献 1 は、F U S C 、 P U S C 、 O - F U S C (Optimal-FUSC) 、 O - P U S C (Optimal-PUSC) 及び A M C (Adaptive

10

20

30

40

50

modulation and coding)などのパーミュテーション方法を開示する。同じパーミュテーション方法を用いたOFDMシンボルセットをパーミュテーションゾーンといい、一つのフレームは少なくとも一つのパーミュテーションゾーンを含む。

【0035】

FUSC及びO-FUSCは、下りリンク送信にのみ用いられる。FUSCは、全てのサブチャネルグループを含む一つのセグメントで構成される。サブチャネルは全ての物理チャネルを通じて分散された物理サブキャリアにマッピングされる。マッピングは、OFDMシンボルによって変更される。スロットは、一つのOFDMシンボル上の一つのサブチャネルで構成される。O-FUSC及びFUSCでパイロットを割り当てる方法は互いに異なる。

10

【0036】

PUSCは、下りリンク送信及び上りリンク送信の両方に用いられる。下りリンクで、それぞれの物理チャネルは、2個のOFDMシンボル上に14個の隣接サブキャリアを含むクラスターに分離される。物理チャネルは、6個のグループ単位でマッピングされる。それぞれのグループで、パイロットは固定位置のクラスターに割り当てられる。上りリンクで、サブキャリアは、3個のOFDMシンボル上の4個の隣接物理サブキャリアで構成されるタイル(tile)に分離される。サブチャネルは6個のタイルを含む。パイロットはタイルのコーナーに割り当てられる。O-PUSCは、上りリンク送信にのみ用いられ、タイルは、3個のOFDMシンボル上の3個の隣接物理サブキャリアで構成される。パイロットは、タイルの中心に割り当てられる。

20

【0037】

図4及び図5はそれぞれ、PUSC及びFUSCにおける2個の送信アンテナのパイロット配列を示す図である。図6及び図7はそれぞれ、PUSC及びFUSCにおける4個の送信アンテナのパイロット配列を示す図である。これらは、IEEE標準802.16-2004/Cor1-2005「Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems; Amendment 2: Physical and Medium Access control layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands and Corrigendum 1」(以下、参照文献2という。)のセクション8.4.8.1.2.1.1、セクション8.4.8.1.2.1.2、セクション8.4.8.2.1、及びセクション8.4.8.2.2を参照する。

30

【0038】

図4～図7を参照すると、サブキャリアの割当がPUSCまたはFUSCによって行われる時、パイロットオーバーヘッドが大きい。特に、送信アンテナ当たりのパイロットオーバーヘッドを考慮すると、少なくとも2個の送信アンテナが用いられる時に比べて一つの送信アンテナが用いられる時にオーバーヘッドがより大きくなる。

【0039】

表1は、それぞれのパーミュテーション方法で送信アンテナの数によるパイロットオーバーヘッドを表す。

【0040】

【表1】

40

表1

送信アンテナの数	PUSC	FUSC	O-FUSC
1	14.28% (14.28%)	9.75% (9.75%)	11.1% (11.1%)
2	14.28% (7.14%)	9.75% (4.78%)	11.1% (5.55%)
4	28.55% (7.14%)	18.09% (4.52%)	22.21% (5.55%)

【0041】

パイロットオーバーヘッドは、パイロットに割り当てられるサブキャリアの数を、用いられる全てのサブキャリアの数で割って得られる値である。括弧中の値は、送信アンテナ

50

当たりのパイロットオーバーヘッドを表す。また、参照文献 2 によれば、4 個または 3 個の送信アンテナが用いられると、サブチャネルに対するデータのマッピングは、チャンネルエンコーディングデータに対してパンクチャリングまたはトランケーション (truncation) 後に行なわれることができる。

【 0 0 4 2 】

本発明によるマルチアンテナのパイロット構造を説明する。最適のパイロット構造に対する設計基準は、次の通りである。

(1) 単一アンテナのパイロットオーバーヘッドは、時間 - 周波数領域で約 4 ~ 9 % である。(2) 一つのスロットは、2 個の隣接する OFDM シンボル上に 4 8 個のサブキャリアを含むことができる。(3) パイロットサブキャリアは時間 - 周波数領域で均一に分散される。(4) 送信アンテナ当たりパイロットオーバーヘッドは略同様に維持され、総パイロットオーバーヘッドは送信アンテナの数が増加するにつれて増加する。総パイロットオーバーヘッドを考慮して、総パイロットオーバーヘッドは少なくとも 3 個の送信アンテナで 2 0 % を越えないように同等に維持される。

10

【 0 0 4 3 】

(5) 送信アンテナの数が増加しても、サブチャネルに対するデータのマッピングは影響を受けない。

【 0 0 4 4 】

上記の条件を用いて可能な候補グループを導出するために、下記の要求事項を式により表現することができ、要求事項を満たす候補グループが導出される。

20

$$(N_{used} - 2 \cdot N_p) \bmod N_{sub} = 0$$

$$(N_{used} - 2 \cdot N_p) \bmod N_{sub} = 0$$

$$(N_{used} - N_p) \bmod N_{sub} = 0$$

$$0.04 \leq N_p \leq 0.09$$

$$N_g = N_{fft} - N_{used} - 1 \text{ (DC サブキャリア)}$$

$$(N_{used} - N_p) / N_{sub} \cdot \text{sym} \geq N_{sch} \cdot \text{pusc}$$

【 0 0 4 5 】

ここで、 N_{used} は、使用されたサブキャリアの個数であり、 N_p は、パイロットサブキャリアの個数であり、 N_g は、ガードサブキャリアの個数であり、 N_{fft} は FFT サイズであり、 N_{sub} は、サブチャネル当たりサブキャリアの数であり、 $N_{sub} \cdot \text{sym}$ は、一つの OFDM シンボル上でサブチャネルに割り当てられたサブキャリアの数であり、 $N_{sch} \cdot \text{pusc}$ は、既存の DL - PUSC で発生しうるサブチャネルの数を表す。

30

【 0 0 4 6 】

表 2 は、設計基準による 2 6 個の候補グループを表す。

【 0 0 4 7 】

【表 2】

表 2

#	FFT Size	Used SCs	Pilot SCs	Guard SCs	# of Subch - 1 antenna	# of Subch - 2 antennas	# of Subch - 4 antennas	Pilot Overhead - 1 antenna	Data Ratio	Guard Ratio	Pilot Spacing
(1)	2048	1656	72	391	66	63	60	4.3478	80.859	19.092	11.5
(2)	2048	1656	96	391	65	61	57	5.7971	80.859	19.092	8.625
(3)	2048	1680	72	387	67	64	61	4.2867	82.031	17.92	11.6667
(4)	2048	1680	96	387	66	62	58	5.7143	82.031	17.92	8.75
(5)	2048	1680	120	367	65	60	55	7.1429	82.031	17.92	7
(6)	2048	1704	72	343	68	65	62	4.2254	83.203	16.748	11.833
(7)	2048	1704	96	343	67	63	59	5.6338	83.203	16.748	8.875
(8)	2048	1704	120	343	66	61	56	7.0423	83.203	16.748	7.1
(9)	2048	1728	72	319	69	66	63	4.1667	84.375	15.576	12
(10)	2048	1728	96	319	68	64	60	5.5556	84.375	15.576	9
(11)	2048	1728	120	319	67	62	57	6.9444	84.375	15.576	7.2
(12)	2048	1728	144	319	66	60	54	8.3333	84.375	15.576	6
(13)	2048	1752	72	295	70	67	64	4.1096	85.547	14.404	12.1667
(14)	2048	1752	96	295	69	65	61	5.4796	85.547	14.404	9.125
(15)	2048	1752	120	295	68	63	58	6.8493	85.547	14.404	7.3
(16)	2048	1752	144	295	67	61	55	8.2192	85.547	14.404	6.08
(17)	2048	1776	72	271	71	68	65	4.0541	86.719	13.232	12.333
(18)	2048	1776	96	271	70	66	62	5.4054	86.719	13.232	9.25
(19)	2048	1776	120	271	69	64	59	6.7568	86.719	13.232	7.4
(20)	1024	816	48	207	32	30	28	5.8824	79.688	20.215	8.5
(21)	1024	840	48	183	33	31	29	5.7143	82.031	17.871	8.75
(22)	1024	864	48	159	34	32	30	5.5556	84.375	15.527	9
(23)	1024	864	72	159	33	30	27	8.3333	84.375	15.527	6
(24)	1024	888	48	135	35	33	31	5.4054	86.719	13.184	9.25
(25)	1024	888	72	135	34	31	28	8.1081	86.719	13.184	6.1665
(26)	512	432	24	79	17	16	15	5.5556	84.375	15.43	9

【 0 0 4 8 】

使用されたサブキャリア (used SCs)、パイロットサブキャリア (Pilot SCs) 及びガードサブキャリア (Guard SCs) は、FFT サイズに従って得られ、送信アンテナの数に従いサブチャネルが得られる。使用されたサブキャリアは、DC サブキャリアを除く値である。例えば、(1) の場合、一つの送信アンテナのサブチャネルの数は (使用されたサブキャリアの数 - パイロットサブキャリアの数) / (一つの OFDM シンボル上でサブチャネルに割り当てられたサブキャリアの数) = $1656 - 72 / 24 = 66$ である。

【 0 0 4 9 】

図 8 は、パイロットオーバーヘッドの比率とガードサブキャリアの比率によって表 2 のケースを示すグラフである。図 8 を参照すると、表 2 に示すケース (1) ~ (26) のうち、FFT サイズまたはシステム帯域幅を考慮して、同じ設計基準で 5 ~ 20 MHz または 512 ~ 2048 FFT サイズに最も適合したケースは、(10)、(22) 及び (26) である。表 2 で、ケース (10)、(22) 及び (26) は、9 パイロットの間隔を有する。すなわち、本発明の一実施例によれば、9 個のサブキャリアの間隔を有するパイロット配列が提供される。

【 0 0 5 0 】

表 3 は、サブキャリア割当を表す。

【 0 0 5 1 】

【表 3】

表 3

パラメーター	値			コメント
	2048	1024	512	
DCサブキャリアの個数	1	1	1	インデックス1024/512/256 (0からカウント)
ガードサブキャリアの個数、左側	160	80	40	—
ガードサブキャリアの個数、右側	159	79	39	—
使用されたサブキャリアの個数 (N_{used})	1729	865	433	パイロット及びDCキャリアを含むシンボル内で用いられる全てのサブキャリアの個数
パイロットサブキャリアの個数 (N_{pilot})	96	48	24	—
パイロットサブキャリアインデックス	$18k+9m_i+3(\lfloor n_s/2 \rfloor \bmod 3)$ $k=0, 1, \dots, N_{pilot}$ $m_i=(n_s+i) \bmod 2, i=0, 1$			n_s はシンボルインデックスを示し、インデックス「0」は現ゾーンの第1シンボルのはずである。 DCキャリアはパイロットサブキャリアインデックスの計算から除外される。
(サブチャネル当たり各シンボルにおける) データサブキャリアの個数	1632 (24)	816 (24)	408 (24)	—

【 0 0 5 2 】

サブチャネルは、パイロットサブキャリアを割り当てた後に、使用されたサブキャリア以外のサブキャリアにマッピングされる。この時、一般的な P U S C または F U S C パーミュテーション方法を適用することができる。

【 0 0 5 3 】

上記の方法によれば、P U S C / F U S C でスループットを 6 ~ 13 % 改善させることができる。例えば、従来技術では 60 個のサブチャネルが P U S C で得られ、64 個のサブチャネルが F U S C で得られるが、上記の方法によれば 68 個のサブチャネルが得られることができる。複数のアンテナを考慮して新しいパーミュテーション方法が用いられると、データパンクチャリングまたはトランケーションにより能力が低下することを防止することができる。

【 0 0 5 4 】

表 3 のパイロットサブキャリアインデックスに示された式は、 i 番目アンテナのパイロットインデックス P_i を表す。これは下記の式で再び表現することができる。

【 0 0 5 5 】

【数 1】

等式1

$$P_i = 18k + 9m_i + 3(\lfloor n_s / 2 \rfloor \bmod 3)$$

【 0 0 5 6 】

【表 4】

ここで、 $k=0, 1, \dots, N_{\text{pilot}}, m_i=(n_{\text{st}}+i) \bmod 2, i=0, 1, \lfloor n \rfloor$ は n よりも小さい整数である。式 1 で、ファクター「18」は一つの OFDM シンボル上のサブチャネルのサブキャリアの数が 18 であることを表し、ファクター「9」はパイロットサブキャリアが 9 個のサブキャリアの間隔で配列されたことを表し、ファクター「3」はサブキャリアがスロット単位で 3 個のサブキャリアの間隔でシフトされることを表す。この場合、それぞれのスロットは、時間領域で 2 個の連続する OFDM シンボルを占める。

10

【0057】

図 9 は、2 個の送信アンテナのパイロット配列の例を示す図である。図 9 を参照すると、一つのスロットは 2 個の隣接する OFDM シンボル上で 72 個のサブキャリアを含み、第 1 のアンテナ（アンテナ 0）に対するパイロットサブキャリアと第 2 のアンテナ（アンテナ 1）に対するパイロットサブキャリアは、各 OFDM シンボル上で 9 個のサブキャリアの間隔で配列される。また、第 1 の OFDM シンボルと第 2 の OFDM シンボル上で、第 1 のアンテナ（アンテナ 0）に対するパイロットサブキャリア及び第 2 のアンテナ（アンテナ 1）に対するパイロットサブキャリアが交互に配列される。

20

【0058】

第 2 のスロットでは、パイロットサブキャリアは、第 1 のスロットに割り当てられたパイロットサブキャリアから 3 個のサブキャリアだけシフトされる。第 3 のスロットでは、パイロットサブキャリアは、第 2 のスロットに割り当てられたパイロットサブキャリアから 3 個のサブキャリアだけシフトされる。結果的に、同じパイロット配列が 3 個のスロットごとに反復される。

【0059】

パイロット配列で、パイロットは、時間領域または周波数領域で一定の間隔で移動でき、絶対的な位置を有するわけではない。パイロットサブキャリアは、パイロットサブキャリア間の間隔を維持しながら一定の時間間隔またはノ及びサブキャリア間隔だけシフトすることができる。

30

【0060】

図 10 は、4 個の送信アンテナのパイロット配列の例を示す図である。図 10 を参照すると、4 個の送信アンテナ（アンテナ 0、アンテナ 1、アンテナ 2、アンテナ 3）に対するパイロットサブキャリアは、時間領域または周波数領域で隣接する。送信アンテナに対するパイロットサブキャリアは、12 個のサブキャリアの間隔で配列される。

【0061】

第 2 のスロットでは、パイロットサブキャリアは第 1 のスロットに割り当てられたパイロットサブキャリアから 6 個のサブキャリアだけシフトされる。結果的に、同じパイロット配列が 2 個のスロットごとに反復される。

40

【0062】

4 個の送信アンテナでは、パイロットの個数が 2 個の送信アンテナのそれよりも多いので、パイロット間隔は 2 個の送信アンテナのパイロット間隔よりも広く、反復されるスロットの循環周期は減少する。

【0063】

図 11 は、3 個または 4 個の送信アンテナのパイロット配列を式で示す図である。図 11 を参照すると、 G_0, G_1, G_2 及び G_3 は、2 個の OFDM ($i=0, 1$) 及び 2 個のサブキャリアを含む 2×2 領域で定義される。例えば、4 個の送信アンテナで、パイロ

50

ット搬送波は表 4 のように配列され、これは、図 10 の配列と同一である。

【 0 0 6 4 】

【表 5】

表 4

	アンテナ0	アンテナ1	アンテナ2	アンテナ3
パイロットサブキャリア インデックス	G_0	G_1	G_2	G_3

10

【 0 0 6 5 】

3 個の送信アンテナで、パイロットサブキャリアは、表 5 のように配列される。

【 0 0 6 6 】

【表 6】

表 5

$\lfloor n_2/2 \rfloor \bmod 2$		0	1	2
パイロット サブキャリア インデックス	アンテナ0	G_0, G_3	G_2	G_1
	アンテナ1	G_1	G_0, G_3	G_2
	アンテナ2	G_2	G_1	G_0, G_3

20

【 0 0 6 7 】

4 個の送信アンテナに対するパイロット配列を式で表現するために、6 個のパイロットサブキャリア $P^i_0, P^i_1, P^i_2, P^i_3, P^i_4, P^i_5$ は、表 6 のように OFDM シンボル ($i = 0, 1$) 上で考慮される。

【 0 0 6 8 】

【表 7】

表 6

	$m_i=0$	$m_i=1$
$k=\text{even}$	$P^i_0 = \{\text{PilotSub}(k, m_i)\}$ $P^i_1 = \{\text{PilotSub}(k, m_i)+1\}$	$P^i_2 = \{\text{PilotSub}(k, m_i)+3\}$
$k=\text{odd}$	$P^i_3 = \{\text{PilotSub}(k, m_i)-5\}$	$P^i_4 = \{\text{PilotSub}(k, m_i)-3\}$ $P^i_5 = \{\text{PilotSub}(k, m_i)-2\}$

30

【 0 0 6 9 】

ここで、

【数 2】

$$\text{PilotSub}(k, m_i) = 18k + 9m_i + 6(\lfloor n_s/2 \rfloor \bmod 2)$$

である。

【 0 0 7 0 】

したがって、1 つのスロットで、パイロットサブキャリアセットは、式 2 のように 4 個

50

のパイロットサブキャリア G_0 、 G_1 、 G_2 及び G_3 にマッピングされることができる。

【 0 0 7 1 】

【 数 3 】

等式 2

$$G_i = P_0^i + P_2^i + P_4^i \text{ and } G_{i+2} = P_1^i + P_3^i + P_5^i$$

【 0 0 7 2 】

ここで、 $i = 0, 1$ である。

【 0 0 7 3 】

パイロット構造によれば、設計基準を満たすパイロットオーバーヘッドが得られ、オーバーヘッドは従来技術に比べて 5 % 以上も減少する。パイロットオーバーヘッドは、2 個の送信アンテナで 5 . 5 5 % で、3 個の送信アンテナで 5 . 5 5 % で、4 個の送信アンテナで 4 . 1 6 % である。

【 0 0 7 4 】

送信アンテナの個数が増加しても、サブチャネルに対するデータのマッピングは影響を受けない。したがって、パーミュテーション方法を簡単に行うことができる。

【 0 0 7 5 】

既存の IEEE 802 . 16 - 2004 標準で用いられる分散サブチャネルを生成する方法で、第 1 及び第 2 のアンテナに対するパイロットサブキャリアがまず割り当てられ、残余サブキャリアを用いてサブチャネルが構成される。第 3 のアンテナ及び第 4 のアンテナでは、パイロットサブキャリアが、割り当てられたサブチャネルを用いて割り当てられ、及び使用されるため、同一の数のサブチャネルがアンテナ個数によらずに構成される。しかし、パイロット構造によれば、必要な数のパイロットサブキャリアがアンテナの数によって割り当てられ、サブチャネルが残余サブキャリアを用いて構成される。したがって、パイロットオーバーヘッドを最適化しながらサブチャネルの数を増加させる。

【 0 0 7 6 】

図 1 2 は、2 個の送信アンテナのパイロット配列の他の例を示す図である。図 1 2 を参照すると、一つのアンテナに対するパイロットサブキャリアが 9 個のサブキャリアの間隔で一つの OFDM シンボル上に配列される。すなわち、第 1 のアンテナ (アンテナ 0) に対するパイロットサブキャリアは、9 個のサブキャリアの間隔で第 1 の OFDM シンボル上に配列され、第 2 のアンテナ (アンテナ 1) に対するパイロット搬送波は、9 個のサブキャリアの間隔で第 2 の OFDM シンボル上に配列される。

【 0 0 7 7 】

第 2 のスロットでは、第 1 のスロットに割り当てられたパイロットサブキャリアを 3 個のサブキャリアだけシフトすることでパイロットサブキャリアが配列される。第 3 のスロットでは、第 2 のスロットに割り当てられたパイロットサブキャリアを 3 個のサブキャリアだけシフトすることでパイロットサブキャリアが配列される。結果的に、同じパイロット配列が 3 個のスロットごとに反復される。

【 0 0 7 8 】

図 1 3 は、2 個の送信アンテナのパイロット配列の他の例を示す図である。図 1 3 を参照すると、一つのスロットでパイロットサブキャリアの配列は、図 9 に示す実施例と同一である。しかし、第 2 のスロットでのパイロットサブキャリアは、第 1 のスロットに割り当てられたパイロットサブキャリアから 4 個のサブキャリアだけシフトされる。結果的に、同じパイロット配列が 2 個のスロットごとに反復される。

【 0 0 7 9 】

図 1 4 を参照すると、送信アンテナ (アンテナ 0、アンテナ 1、アンテナ 2 及びアンテナ 3) に対するパイロットサブキャリアは、12 個のサブキャリアの間隔で配列され、ス

10

20

30

40

50

ロットごとに2個のOFDMシンボルの単位で周波数位置をシフトすることで配列される。第2のロットでのパイロットサブキャリアは、第1のロットに割り当てられたパイロットサブキャリアから6個のサブキャリアだけシフトされる。結果的に、同じパイロット配列は2個のロットごとに反復される。

【0080】

図15は、4個の送信アンテナ（アンテナ0、アンテナ1、アンテナ2、アンテナ3）のパイロット配列の他の例を示す図である。図15を参照すると、送信アンテナに対するパイロットサブキャリアは、12個のサブキャリア間隔で配列され、アンテナに対するパイロットサブキャリアは一つのロットで2個の隣接OFDMシンボル間に交互に配列される。2個の隣接OFDMシンボルで2個のパイロットサブキャリアを交互に配列することによって、すなわち、一つのOFDMシンボルでそれぞれのアンテナに対するパイロットサブキャリアのそれぞれを同等に割り当てることによって、それぞれのアンテナに対する送信電力は、所定の時点において平衡がとられる。図15で、それぞれの2個のアンテナに対する2個のパイロットサブキャリアが対をなし、2対のパイロットサブキャリアのそれぞれは2個のOFDMシンボルに交互に割り当てられる。

【0081】

以下、本発明の一実施例による効率的なパイロット割当構造を説明する。パイロットサブキャリアを割り当てる構造は、パイロットサブキャリア間の衝突を回避するために隣接するセル間のパイロット構造を効率的にシフトする。

【0082】

本発明の次の実施例では、一例として、基本リソースブロック単位は18個のサブキャリア（垂直軸）＊6個のOFDMシンボル（水平軸）で構成される。しかし、本発明によってパイロットサブキャリアを割り当てる方法は、同じ方法をサブフレームまたはフレームに拡張することによって他の基本リソースブロック単位にも適用することができる。

【0083】

次の実施例で、水平軸は時間領域でOFDMシンボルのセットを表し、垂直軸は周波数領域でサブキャリアを表す。P1、P2、P3、P4、P5、P6、P7及びP8はそれぞれ、アンテナ1、2、3、4、5、6、7及び8に対応するパイロットサブキャリアを表す。

【0084】

図16～図18は、本発明の一実施例による8個のアンテナを用いるシステムにおけるパイロットサブキャリア割当構造を示す図である。図16～図18に示すように、第1の送信アンテナ（P1）のパイロットと第2の送信アンテナ（P2）のパイロット、第3の送信アンテナ（P3）のパイロットと第4の送信アンテナ（P4）のパイロット、第5の送信アンテナ（P5）のパイロットと第6の送信アンテナ（P6）のパイロット、及び第7の送信アンテナ（P7）のパイロットと第8の送信アンテナ（P8）のパイロットはそれぞれ、互いに対をなして割り当てられて、2個のOFDMシンボル上で互いに隣接する。また、周波数軸で18個のサブキャリアの間隔でアンテナに対するパイロットサブキャリアを連続して割り当てる構造が提供される。すなわち、パイロットサブキャリアは、18個のサブキャリアを含むサブチャネル間隔で割り当てられる。

【0085】

特に、図16は、2個のOFDMシンボル単位当たり2個のサブキャリア間隔でシフトされて割り当てられたパイロットパターンを示す。図17は、2個のOFDMシンボル単位当たり6個のサブキャリア間隔でシフトされて割り当てられたパイロットパターンを示す。図18は、図17と同様に、2個のOFDMシンボル単位当たり6個のサブキャリア間隔でシフトされて割り当てられたパイロットパターンを示すが、ただし、1個のサブキャリアオフセットをさらに有する。

【0086】

本発明の一形態において、アンテナに対するパイロットサブキャリアは、それぞれのOFDMシンボルで同等に割り当てられ、パイロットサブキャリアパターンは、2個のOF

10

20

30

40

50

DMシンボル単位で所定の間隔でシフトされて割り当てられる。本発明の他の形態において、8個の送信アンテナに対するパイロットは、図16～図18に示すように連続して割り当てられずに、アンテナに対するパイロットまたはパイロットサブキャリア対のそれぞれに対して所定のサブキャリア間隔で8個の送信アンテナに対するパイロットがシフトされるように割り当てられることもできる。

【0087】

パイロット割当は規則的なサブフレームまたは不規則的なサブフレームにかかわらずに同じ割当構造を有することができる。本発明の一実施例によって割り当てられたパイロットの一部は共通パイロットに用いられることができ、他の部分は専用パイロットに用いられることができる。割り当てられた全てのパイロットは、専用パイロットまたは共通パイロットに適用されることができる。この実施例は、全てのアンテナに対するパイロットが、OFDMシンボル当たりアンテナの電力バラスのために一つのOFDMシンボルで同等に割り当てられるということに特徴がある。上述した実施例によってパイロットサブキャリアを割り当てる方法において、パイロット割当のためのシフトオフセットはセルによって変わることができる。

【0088】

図19及び図20は、4-Txシステム及び8-Txシステムでセルによってパイロットサブキャリア割当オフセットが変化することを示す。特に、図19は、4-Txシステムでパイロットサブキャリア割当オフセットがセルA、B及びCに対して別々に設定される場合を示し、図20は、8-Txシステムでパイロットサブキャリア割当オフセットがセルA、B及びCに対して別々に設定される場合を示す。

【0089】

すなわち、パイロット割当構造は、セルA、B及びCに別々に適用されることことができる。適用されたシフトオフセット値は、1～18のサブキャリアの数で適用される。18個のサブキャリアは、基本リソースブロックサイズに対応する。

【0090】

シフトオフセット値は、基本リソースブロックサイズの整数倍でありうる。本実施例では、シフトオフセット値が周波数軸に適用されるが、時間軸に適用されることもできる。

【0091】

隣接セルの個数が3以上であり、上記の原理が拡張されて適用されると、所定のサブキャリアオフセットまたは所定のOFDMシンボルオフセットだけシフトされた状態で、図19及び図20に示す構造が反復して用いられり適用されることことができる。

【0092】

図21は、図20に示す8-Txシステムの他の実施例を示す図である。図22は、本発明の一実施例によるパイロットサブキャリア割当パターンを示す図である。

【0093】

8個の送信アンテナにおいて、パイロットオーバーヘッドのため、パイロットは8個のアンテナ全てに対して割り当てられない可能性がある。すなわち、パイロットがアンテナ1、2、3及び4にのみ割り当てられる時、オーバーヘッドを減少させることができる。例えば、このようなパイロット割当構造は、SFBC-CD方法に適用することができる。図22に示すパイロット割当パターンでは、隣接セル間のパイロットパターンをシフトして使用する方法が、上述した実施例のそれと同一である。

【0094】

図23～図25は、本発明の他の実施例による2-Txシステムにおけるパイロットサブキャリア割当パターンを示す図である。上述した実施例による原理は、図23～図25に示すパイロットパターンに同等に適用される。したがって、第1のアンテナに対するパイロットサブキャリア及び第2のアンテナに対するパイロットサブキャリアは対をなし、2個の隣接OFDMシンボル領域で隣接して配置される。特定時間にアンテナに割り当てられた送信電力を同等に設定する目的で、全てのアンテナに対するパイロットサブキャリアは同一数ずつOFDMシンボル領域のそれぞれに含まれるように設定する。

【 0 0 9 5 】

好ましくは、パイロットサブキャリア対は、コヒーレンス帯域幅内でパイロットサブキャリア割当に対する最適粒度 (granularity) を考慮して、9 個のサブキャリアの間隔で配置される。また、第 1 のアンテナに対するパイロットサブキャリア及び第 2 のアンテナに対するパイロットサブキャリア対は、2 個の OFDM シンボル単位で所定数のサブキャリアだけシフトされる。図 2 3 及び図 2 4 では、シフトされたサブキャリア間隔は 3 個のサブキャリアに対応する間隔であり、例えば、サブキャリアインデックスは 3 個のサブキャリアだけ増加し、シフトされたサブキャリア間隔は、3 個のサブキャリアの所定倍数、例えば 6 個のサブキャリアになり得、インデックスが 3 個のサブキャリアインデックスだけ減少するように適用されることができる。図 2 5 は、シフトされたサブキャリア間隔が 6 個のサブキャリアに設定されることを示す。図 2 5 はまた、インデックスが 3 個のサブキャリアインデックスだけ減少するようにシフトされたサブキャリア間隔が適用されるものと解釈することができる。

10

【 0 0 9 6 】

上述したように、周波数領域シフトが 3 個のサブキャリアの倍数または 3 個のサブキャリアに対応する間隔に設定される理由は、パイロットサブキャリアが 9 個のサブキャリア単位で割り当てられ、パイロットサブキャリア割当パターンが所定周期で反復されるからである。図 2 3 ~ 図 2 5 に示すパイロットパターンは、フレームまたはサブフレーム内の時間 / 周波数領域に同等に及び反復的に適用されることができる。アンテナ 1 に対するパイロットの位置及びアンテナ 2 に対するパイロットの位置は、本実施例の原理を逸脱しない限度内で変更可能である。

20

【 0 0 9 7 】

図 2 3 に示すパイロット割当構造で、アンテナに対するパイロット割当インデックスは、下記のように詳細に表現されることができる。

【 0 0 9 8 】

図 2 3 のパイロット割当インデックス

アンテナ 1

s が 0 の時、 $18k + 1$
 s が 1 の時、 $18k + 10$
 s が 2 の時、 $18k + 4$
 s が 3 の時、 $18k + 13$
 s が 4 の時、 $18k + 7$
 s が 5 の時、 $18k + 16$

30

アンテナ 2

s が 0 の時、 $18k + 10$
 s が 1 の時、 $18k + 1$
 s が 2 の時、 $18k + 13$
 s が 3 の時、 $18k + 4$
 s が 4 の時、 $18k + 16$
 s が 5 の時、 $18k + 7$
 k : サブキャリアインデックス ($k = 0, 1, \dots$)、
 s : [OFDM シンボルインデックス] mod 6
 (OFDM シンボルインデックス = $0, 1, 2, \dots$)

40

【 0 0 9 9 】

図 2 4 に示すパイロット割当構造で、アンテナに対するパイロット割当インデックスは、下記のように詳細に表現されることができる。

【 0 1 0 0 】

図 2 4 のパイロット割当インデックス

アンテナ 1

s が 0 の時、 $18k$

50

s が 1 の時、 $18k + 9$
 s が 2 の時、 $18k + 3$
 s が 3 の時、 $18k + 12$
 s が 4 の時、 $18k + 6$
 s が 5 の時、 $18k + 15$

アンテナ 2

s が 0 の時、 $18k + 9$
 s が 1 の時、 $18k$
 s が 2 の時、 $18k + 12$
 s が 3 の時、 $18k + 3$
 s が 4 の時、 $18k + 15$
 s が 5 の時、 $18k + 6$
 k : サブキャリアインデックス ($k = 0, 1, \dots$)、
 s : [OFDMシンボルインデックス] mod 6
 (OFDMシンボルインデックス = $0, 1, 2, \dots$)

10

【0101】

図 25 に示すパイロット割当構造において、アンテナに対するパイロット割当インデックスは、下記のように詳細に表現されることができる。

【0102】

図 25 のパイロット割当インデックス

20

アンテナ 1

s が 0 の時、 $18k$
 s が 1 の時、 $18k + 9$
 s が 2 の時、 $18k + 6$
 s が 3 の時、 $18k + 15$
 s が 4 の時、 $18k + 3$
 s が 5 の時、 $18k + 12$

アンテナ 2

s が 0 の時、 $18k + 9$
 s が 1 の時、 $18k$
 s が 2 の時、 $18k + 15$
 s が 3 の時、 $18k + 6$
 s が 4 の時、 $18k + 12$
 s が 5 の時、 $18k + 3$
 k : サブキャリアインデックス ($k = 0, 1, \dots$)、
 s : [OFDMシンボルインデックス] mod 6
 (OFDMシンボルインデックス = $0, 1, 2, \dots$)

30

【0103】

上述した実施例によるパイロット割当構造において、プリアンプル OFDM シンボルが所定期間にサブフレームの最前部に伝送されると、パイロットサブキャリアは、第 2 の OFDM シンボル及びその次の OFDM シンボルに適用されるように変更されることができる。

40

【0104】

図 26 及び図 27 は、本発明の他の実施例による 4 - T x システムにおけるパイロットサブキャリア割当パターンを示す図である。図 26 及び図 27 の基本パイロット割当方法は、上述の実施例におけると同様である。しかし、本実施例では、4 個のアンテナに対するパイロットサブキャリアが、隣接する 4 個の OFDM シンボル領域で互いに隣接するように割り当てられる。

【0105】

図 26 に示すパイロット割当構造では、アンテナに対するパイロット割当インデックス

50

が下記のように詳細に表現されることができる。

【 0 1 0 6 】

図 2 6 のパイロット割当インデックス

アンテナ 1

s が 0 の時、 $18k + 1$
s が 1 の時、 $18k + 10$
s が 2 の時、 $18k + 4$
s が 3 の時、 $18k + 13$
s が 4 の時、 $18k + 7$
s が 5 の時、 $18k + 16$

10

アンテナ 2

s が 0 の時、 $18k + 10$
s が 1 の時、 $18k + 1$
s が 2 の時、 $18k + 13$
s が 3 の時、 $18k + 4$
s が 4 の時、 $18k + 16$
s が 5 の時、 $18k + 7$
k : サブキャリアインデックス ($k = 0, 1, \dots$)、
s : [OFDMシンボルインデックス] mod 6
(OFDMシンボルインデックス = $0, 1, 2, \dots$)

20

アンテナ 3

s が 0 の時、 $18k + 4$
s が 1 の時、 $18k + 13$
s が 2 の時、 $18k + 7$
s が 3 の時、 $18k + 16$
s が 4 の時、 $18k + 10$
s が 5 の時、 $18k + 1$

アンテナ 4

s が 0 の時、 $18k + 13$
s が 1 の時、 $18k + 4$
s が 2 の時、 $18k + 16$
s が 3 の時、 $18k + 7$
s が 4 の時、 $18k + 1$
s が 5 の時、 $18k + 10$
k : サブキャリアインデックス ($k = 0, 1, \dots$)、
s : [OFDMシンボルインデックス] mod 6
(OFDMシンボルインデックス = $0, 1, 2, \dots$)

30

【 0 1 0 7 】

図 2 7 に示すパイロット割当構造において、アンテナに対するパイロット割当インデックスは下記のように詳細に表現されることができる。

40

【 0 1 0 8 】

図 2 7 のパイロット割当インデックス

アンテナ 1

s が 0 の時、 $18k$
s が 1 の時、 $18k + 9$
s が 2 の時、 $18k + 3$
s が 3 の時、 $18k + 12$
s が 4 の時、 $18k + 6$
s が 5 の時、 $18k + 15$

アンテナ 2

50

s が 0 の時、 $18k + 9$
 s が 1 の時、 $18k$
 s が 2 の時、 $18k + 12$
 s が 3 の時、 $18k + 3$
 s が 4 の時、 $18k + 15$
 s が 5 の時、 $18k + 6$
 k : サブキャリアインデックス ($k = 0, 1, \dots$)、
 s : [OFDMシンボルインデックス] mod 6
 (OFDMシンボルインデックス = $0, 1, 2, \dots$)

アンテナ 3

10

s が 0 の時、 $18k + 3$
 s が 1 の時、 $18k + 12$
 s が 2 の時、 $18k + 6$
 s が 3 の時、 $18k + 15$
 s が 4 の時、 $18k + 9$
 s が 5 の時、 $18k$

アンテナ 4

s が 0 の時、 $18k + 12$
 s が 1 の時、 $18k + 3$
 s が 2 の時、 $18k + 15$
 s が 3 の時、 $18k + 6$
 s が 4 の時、 $18k$
 s が 5 の時、 $18k + 9$
 k : サブキャリアインデックス ($k = 0, 1, \dots$)、
 s : [OFDMシンボルインデックス] mod 6
 (OFDMシンボルインデックス = $0, 1, 2, \dots$)

20

【0109】

図 28 は、本発明の他の実施例による 4 - T x システムにおけるパイロットサブキャリア割当パターンを示す図である。上述した実施例で説明された原理が、図 28 のパイロットパターンに同様に適用される。ただし、図 26 は、第 1 のアンテナに対するサブキャリアと第 2 のアンテナに対するサブキャリアが 1 対のパイロットを形成し、第 3 のアンテナに対するサブキャリアと第 4 のアンテナに対するサブキャリアが他の 1 対のパイロットを形成する時、2 個のサブキャリアの間隔でパイロット対が配列される例を示す。すなわち、本実施例では、2 対のパイロットが互いに隣接したり隣接しないような割り当てがなされる。

30

【0110】

以上の機能は、マイクロプロセッサ、コントローラ、マイクロコントローラ、またはそれらの機能を行うように符号化された ASIC などのプロセッサにより行われる。コードの設計、開発及び具現は、本発明の説明に基づいて当業者には自明なものである。

【0111】

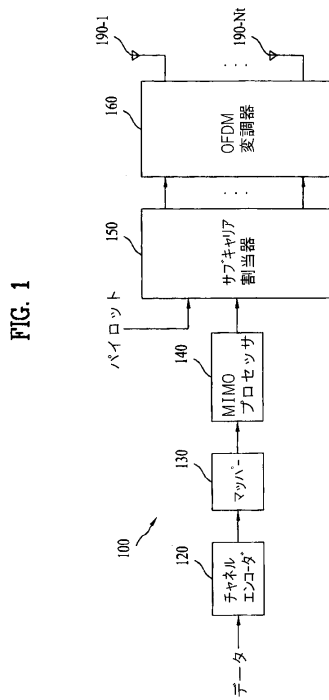
40

本発明によってパイロットサブキャリアを割り当てる方法は、IEEE 802.16 m システムに適用されることができる。上述したように、アンテナに同等に送信電力を割り当てたりパイロットシフトパターン設定のためのパイロット配列などの基本原理は、同様の方法で他の無線通信システムにも適用可能である。

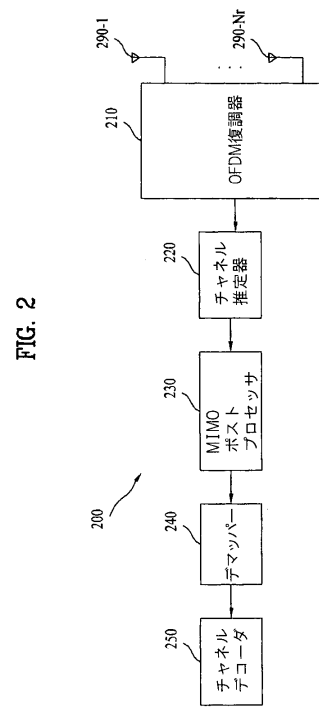
【0112】

本発明の思想と範囲を逸脱しない限度内で様々な変更及び修正が可能であるということは、当業者にとっては自明である。したがって、本発明は、添付の図面及びその同等物の範囲内で提供される本発明の変更及び修正を含む。

【 図 1 】

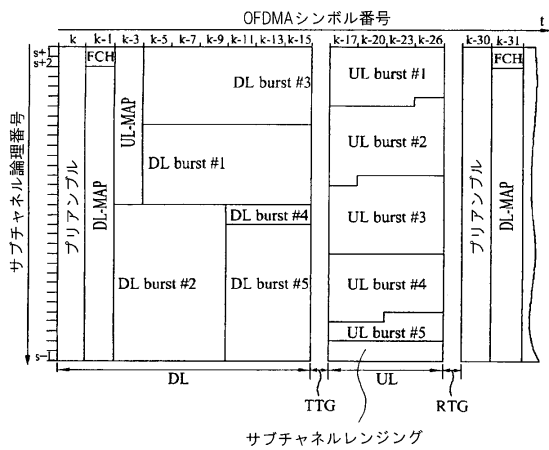


【 図 2 】



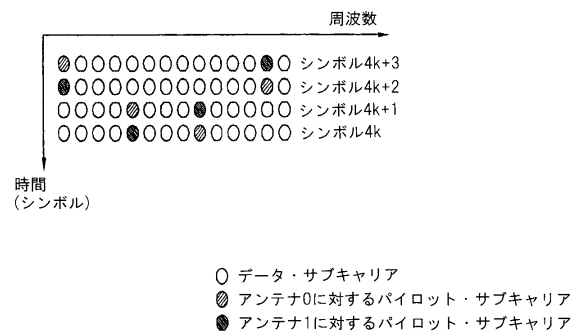
【 図 3 】

FIG. 3



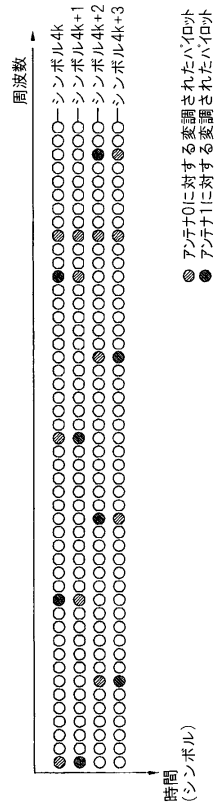
【 図 4 】

FIG. 4



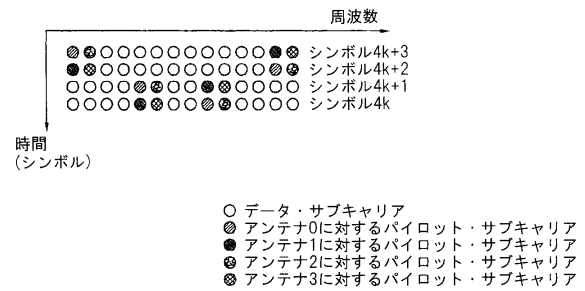
【図 5】

FIG. 5



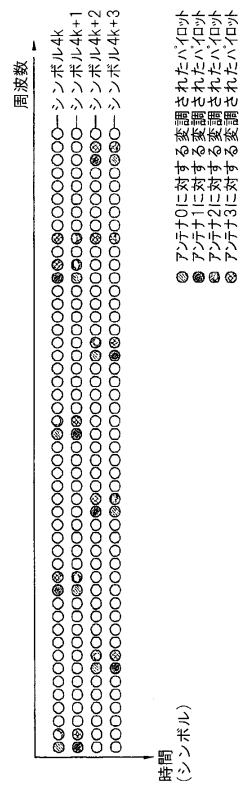
【図 6】

FIG. 6



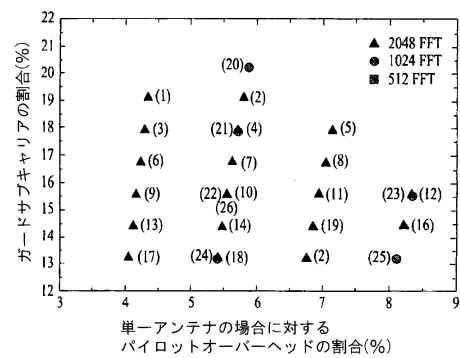
【図 7】

FIG. 7



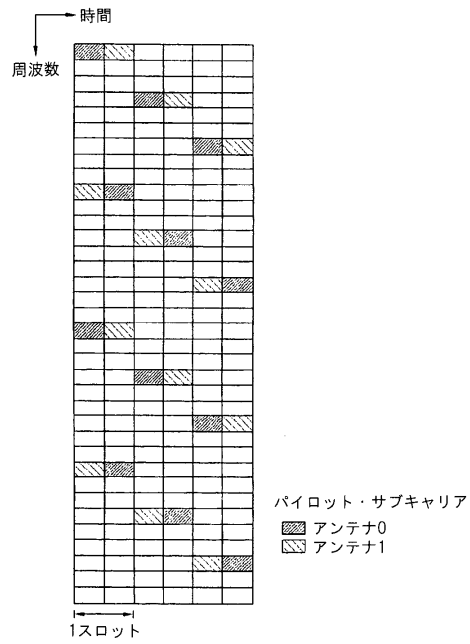
【図 8】

FIG. 8



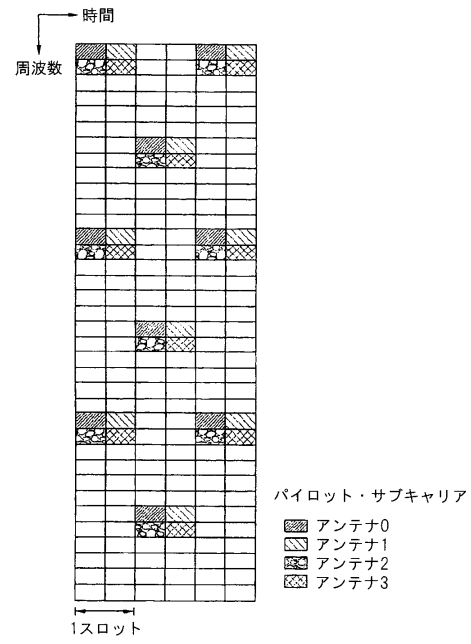
【図 9】

FIG. 9



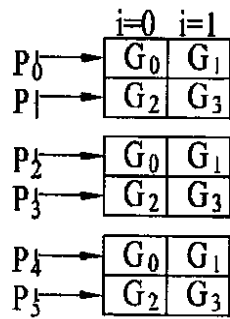
【図 10】

FIG. 10



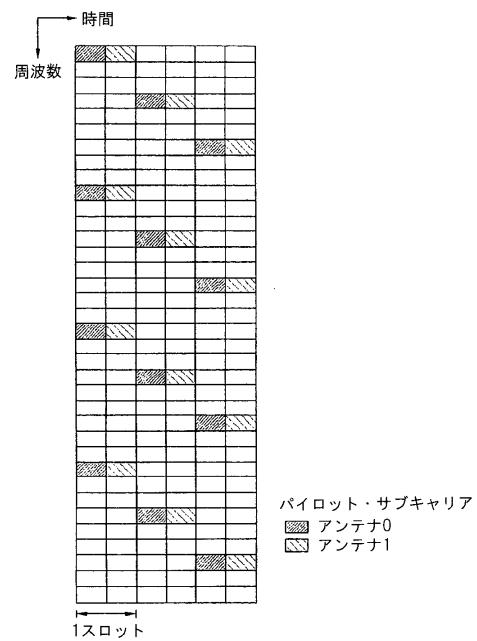
【図 11】

FIG. 11



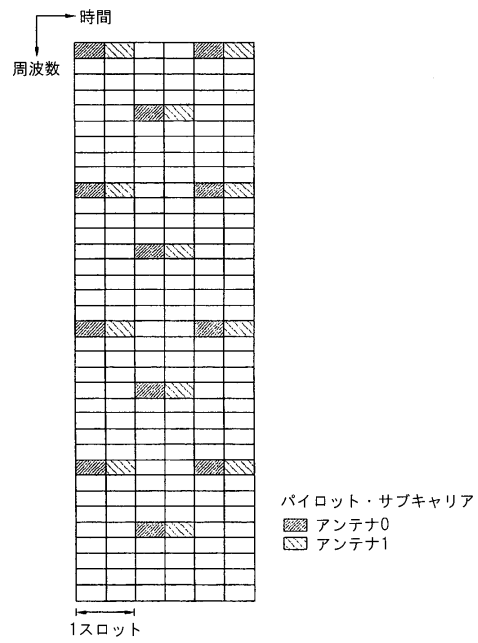
【図 12】

FIG. 12



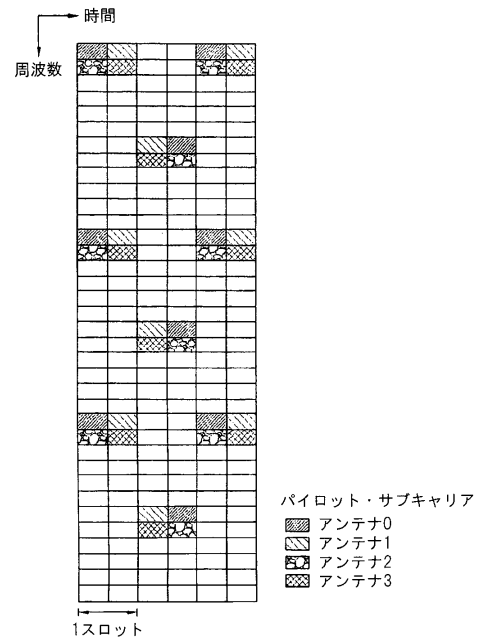
【図 13】

FIG. 13



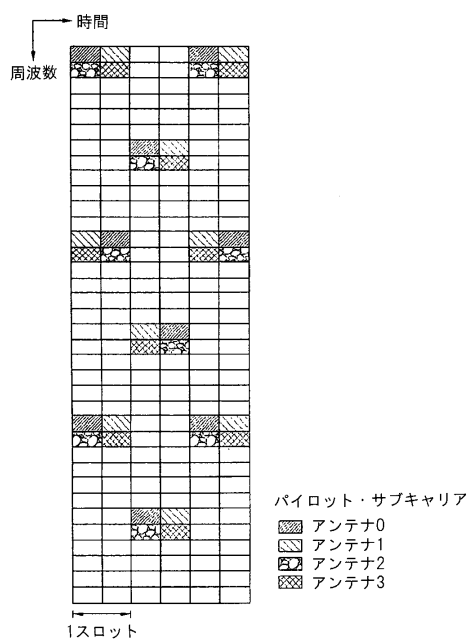
【図 14】

FIG. 14



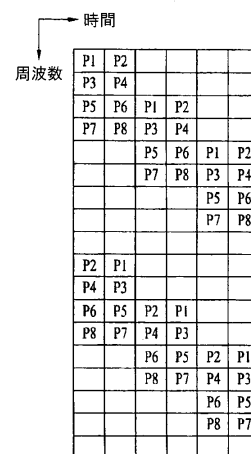
【図 15】

FIG. 15



【図 16】

FIG. 16



【 図 2 1 】

[illegible]

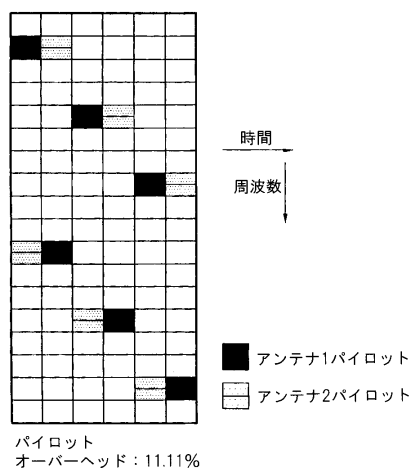
【 図 2 2 】

FIG. 22

	P1	P2			
P3	P4				
				P1	P2
				P3	P4
		P1	P2		
		P3	P4		
P2	P1				
P4	P3				
				P2	P1
				P4	P3
		P2	P1		
		P4	P3		

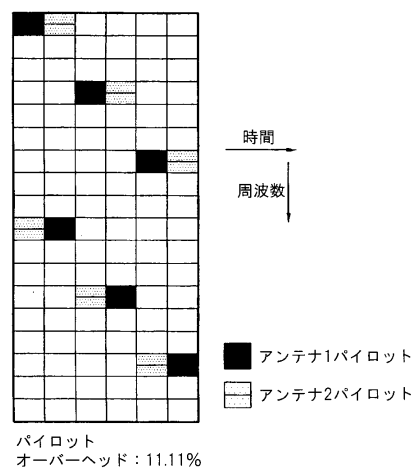
【圖 23】

FIG. 23



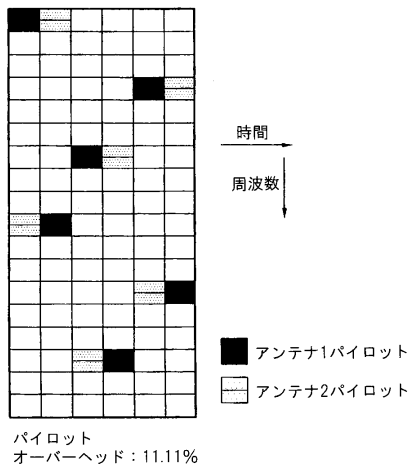
【 図 2 4 】

FIG. 24



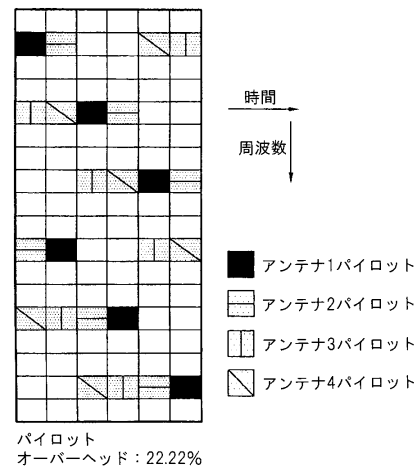
【図 25】

FIG. 25



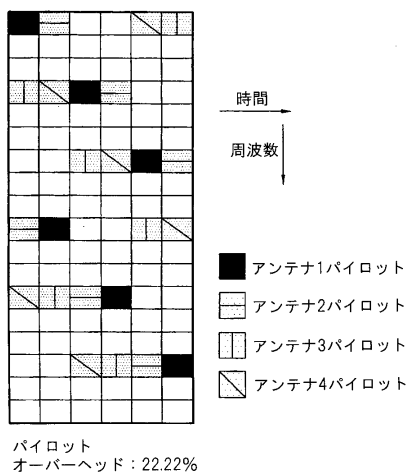
【図 26】

FIG. 26



【図 27】

FIG. 27



【図 28】

FIG. 28

P1	P2	P4	P3		
P3	P4			P1	P2
		P1	P2	P3	P4
P2	P1	P3	P4		
P4	P3			P2	P1
		P2	P1	P4	P3

フロントページの続き

- (31)優先権主張番号 61/045,624
 (32)優先日 平成20年4月17日(2008.4.17)
 (33)優先権主張国 米国(US)
 (31)優先権主張番号 10-2008-0078432
 (32)優先日 平成20年8月11日(2008.8.11)
 (33)優先権主張国 韓国(KR)

前置審査

- (72)発明者 ナン, キ ホ
 大韓民国, ギョンギ - ド 4 3 1 - 0 8 0 , アンヤン - シ, ドンアン - ク, ホジェ 1 (イル) -
 ドン, エルジー インスティテュート
 (72)発明者 クァク, ジン サン
 大韓民国, ギョンギ - ド 4 3 1 - 0 8 0 , アンヤン - シ, ドンアン - ク, ホジェ 1 (イル) -
 ドン, エルジー インスティテュート
 (72)発明者 ナン, スン ウー
 大韓民国, ギョンギ - ド 4 3 1 - 0 8 0 , アンヤン - シ, ドンアン - ク, ホジェ 1 (イル) -
 ドン, エルジー インスティテュート
 (72)発明者 チョイ, ジン スー
 大韓民国, ギョンギ - ド 4 3 1 - 0 8 0 , アンヤン - シ, ドンアン - ク, ホジェ 1 (イル) -
 ドン, エルジー インスティテュート

審査官 藤江 大望

- (56)参考文献 国際公開第2006/096007(WO, A1)
 特開2003-304215(JP, A)
 国際公開第2005/088882(WO, A1)
 国際公開第2007/098456(WO, A2)
 Ran Yaniv, Ran Yaniv, Naftali Chayat, Vladimir Yanover, Marianna Goldhammer, Pilot Arrange
 ment in FUSC. Reply to Comment #433, IEEE C802.16e-04/238, IEEE 802.16 Broadband Wire
 less Access Working Grou, 2004年 7月, http://www.ieee802.org/16/tge/contrib/C80216e-04_238.pdf
 IEEE Computer Society and the IEEE Microwave Theory and Techniques Society, IEEE Stand
 ard for Local and metropolitan area networksPart 16: Air Interface for Fixed and Mobil
 e Broadband Wireless Access Systems Amendment 2:Physical and Medium Access Control Lay
 ers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands and Corrigendum 1, 20
 06年 2月28日, pages: 575-577, URL, <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1603394>
 Jing Wang, Sean Cai, Jason Hou, Jun Han, Dazi Feng, Enhancement of STC/MIMO Pilots, IE
 EE C80216e-04/301r1, IEEE 802.16 Broadband Wireless Access Working Group, 2004年
 9月 1日, URL, http://www.ieee802.org/16/tge/contrib/C80216e-04_301r1.pdf
 Qinghua Li, Xintian Eddie Lin, Shilpa Talwar, Corrected pilot allocation for 4 BS tran
 smit antennas, IEEE C802.16e-04/531r2, IEEE 802.16 Broadband Wireless Access Working G
 roup, 2004年11月12日, URL, http://www.ieee802.org/16/tge/contrib/C80216e-04_531r2.pdf

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

H 0 4 J 9 9 / 0 0

H 0 4 W 4 / 0 0 - 9 9 / 0 0