

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号  
特許第5554150号  
(P5554150)

(45) 発行日 平成26年7月23日 (2014. 7. 23)

(24) 登録日 平成26年6月6日 (2014. 6. 6)

(51) Int. Cl.

F I

HO 4 J 99/00 (2009. 01)

HO 4 B 7/04 (2006. 01)

HO 4 J 15/00

HO 4 B 7/04

請求項の数 4 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2010-124734 (P2010-124734)	(73) 特許権者	000005049
(22) 出願日	平成22年5月31日 (2010. 5. 31)		シャープ株式会社
(65) 公開番号	特開2011-254142 (P2011-254142A)		大阪府大阪市阿倍野区長池町2番22号
(43) 公開日	平成23年12月15日 (2011. 12. 15)	(74) 代理人	100112335
審査請求日	平成25年5月31日 (2013. 5. 31)		弁理士 藤本 英介
		(74) 代理人	100101144
			弁理士 神田 正義
		(74) 代理人	100101694
			弁理士 宮尾 明茂
		(74) 代理人	100124774
			弁理士 馬場 信幸
		(72) 発明者	藤 晋平
			大阪府大阪市阿倍野区長池町2番22号
			シャープ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基地局及び端末装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の送信アンテナを備えて、複数の受信アンテナを備えた複数の端末装置宛の信号に空間多重を施して通信を行い、前記複数の端末装置に対して空間多重伝送を行うための送信ウェイトに関する情報の前記複数の端末装置への通知を行わない基地局装置であって、

前記送信アンテナと前記複数の端末装置それぞれとの間の伝搬路情報を、前記複数の端末装置それぞれから受信する基地局受信部と、

受信した前記伝搬路情報に基づいて、前記送信ウェイトの算出を行う送信ウェイト算出部と、

空間多重されて伝送される前記複数の端末装置宛の複数の情報信号に対し、前記送信ウェイトを乗算する送信ウェイト乗算部と、

前記送信ウェイトを乗算して空間多重した前記複数の情報信号と、前記空間多重された複数の情報信号のうち各端末装置がそれぞれ復調すべき情報信号を特定する復調特定情報とを送信する基地局送信部と、  
を備えたことを特徴とする基地局装置。

【請求項 2】

前記復調特定情報と、前記複数の端末装置に通知する制御信号に含まれる他の情報とを共用することを特徴とする請求項 1 に記載の基地局装置。

【請求項 3】

前記復調特定情報と、前記送信ウェイトを乗算した伝搬路推定用の信号とを共用するこ

とを特徴とする請求項 1 に記載の基地局装置。

【請求項 4】

複数の受信アンテナを備え、複数の送信アンテナを備えて複数の端末装置宛の信号に空間多重を施して通信を行い前記複数の端末装置に対して空間多重伝送を行うための送信ウェイトに関する情報の前記複数の端末装置への通知を行わない基地局装置と通信する端末装置であって、

前記基地局装置より空間多重されて伝送される各端末装置宛の情報信号と、各端末装置が復調すべき前記情報信号を特定する復調特定情報とを受信する端末受信部と、

前記複数の受信アンテナで受信した前記情報信号を合成する合成部と、

前記復調特定情報を用いて、前記合成した受信情報信号のうち自身宛の所望情報信号を検出し、前記検出した所望情報信号を復調する復調部と、  
を備えたことを特徴とする端末装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、MIMO 伝送等における複数の送信アンテナを有する基地局から複数の受信アンテナを有する端末装置宛に空間多重を施した信号を伝送する基地局装置及び端末装置に関する。

【背景技術】

【0002】

セルラシステムにおけるデータ通信量の増加に伴う周波数資源の逼迫を解決するために、高い周波数利用効率と高速伝送を実現する技術として、基地局に備えられた複数の送信アンテナを用いて複数の送信信号を空間多重するダウンリンク MIMO (Multiple Input Multiple Output) 伝送の研究が盛んに行われている。このダウンリンク MIMO 伝送のうち、複数のアンテナを有する単一端末宛に複数の送信信号を空間多重する Single User MIMO (SU MIMO) は各端末の最大伝送速度を向上するために必須の技術であるが、端末が備えるアンテナ数の制限により、基地局が有する送信アンテナを有効に活用できない可能性がある。これに対し、図 8 に示すように、複数の端末 2000a, 2000b, 2000c 宛の送信信号を空間多重して同時に伝送する Multi User MIMO (MU MIMO) は、各端末 2000a, 2000b, 2000c が備えるアンテナ数が少ない場合にも基地局 1000 側のアンテナを有効に活用することが可能であり、セルスループットを向上させる技術として注目されている。

【0003】

MU MIMO 伝送では、複数端末宛の信号を同一リソースで伝送するため、各端末の受信信号が干渉し合わないよう、基地局側で予めプリコーディングを施して伝送する必要がある。このプリコーディング方法としては、大別して、複数の送信信号に線形ウェイトを乗算する線形プリコーディングと、送信信号から既知の干渉信号を逐次減算した後に線形ウェイトを乗算する非線形プリコーディングがあるが、線形プリコーディングは非線形プリコーディングと比較して特性はやや劣化するものの、非常に簡易な処理により複数の信号の空間多重を実現することができる。

【0004】

線形プリコーディングには幾つかの種類があるが、各端末で受信される信号と所望信号の平均 2 乗誤差を最小とする線形 MMSE (Minimum Mean Square Error) プリコーディングは、比較的簡易な処理で良好な伝送特性が得られる方式である。ここで、基地局が 4 つの送信アンテナを有し、それぞれ 2 つの受信アンテナを有する 4 端末に対する信号を空間多重する場合の線形 MMSE によるウェイト  $P_{MMSE}$  を以下に示す。但し、各端末が有する 2 つの受信アンテナのうちの 1 つと基地局が有する 4 アンテナとの間の伝搬路状態を各端末は基地局に通知するものとする。各端末からそれぞれ通知された伝搬路をまとめて表す行列を  $H$  とすると、ウェイト  $P_{MMSE}$  は次式で表される。

【0005】

【数 1】

$$\mathbf{P}_{MMSE} = (\mathbf{H}^H \mathbf{H} + \xi \mathbf{I}_{4 \times 4})^{-1} \mathbf{H}^H \quad (1)$$

【0006】

但し、 $\mathbf{H} = [\mathbf{H}_{11}^T \quad \mathbf{H}_{21}^T \quad \mathbf{H}_{31}^T \quad \mathbf{H}_{41}^T]^T$  であり、 $\mathbf{H}_{mn}$  は端末  $m$  のアンテナ  $n$  と基地局の 4 アンテナとの間の伝搬路を表す 1 行 4 列のベクトルである。また、 $\xi$  は平均雑音電力対信号電力比であり、 $\mathbf{I}_{k \times k}$  は  $k$  行  $k$  列の単位行列を示している。ここで、端末宛の信号ベクトルを  $\mathbf{x} = [x_1 \quad x_2 \quad x_3 \quad x_4]^T$  とすると、基地局に伝搬路を通知した各アンテナで受信された信号をまとめた受信信号ベクトル  $\mathbf{y} = [y_{11} \quad y_{21} \quad y_{31} \quad y_{41}]^T$  は、 $\mathbf{y} = \mathbf{H} \mathbf{P}_{MMSE} \mathbf{x} + \mathbf{z}$  と表される。但し、 $\mathbf{z} = [z_{11} \quad z_{21} \quad z_{31} \quad z_{41}]^T$  は端末  $m$  のアンテナ  $n$  で加わる熱雑音を表すベクトルである。

10

【0007】

このような線形ウェイト  $\mathbf{P}_{MMSE}$  を各端末宛の信号に乗算して伝送することにより、各端末宛の信号が受信側で互いに干渉し合うユーザ間干渉を抑圧し、複数の端末宛の信号を空間多重することが可能となる。このように空間多重された信号を受信する端末  $m$  では、それぞれアンテナ 1 で受信される信号を復調することにより所望の情報を得ることができるが、各端末はそれぞれ 2 つずつの受信アンテナを有しており、基地局での空間多重処理の対象となっていないアンテナ 2 においても何らかの信号が受信される。このアンテナ 2 で受信される信号は、基地局での空間多重処理の対象となっておらず、ユーザ間干渉が非常に多く含まれる信号となるため、各端末のアンテナ 2 で受信された信号を復調しても所望信号を正しく得ることはできない。しかし、この信号にも所望信号成分が含まれるため、アンテナ 1 で受信された信号と適切に合成し、合成した信号を復調することにより、アンテナ 1 のみで受信された信号を復調する場合に比べ、良好な受信特性が得られることが知られている（非特許文献 1）。

20

【0008】

ここで、端末  $m$  の 2 つのアンテナで受信される受信信号ベクトル  $\mathbf{y}_m = [y_{m1} \quad y_{m2}]^T$  は、 $\mathbf{y}_m = \mathbf{H}_m \mathbf{P}_{MMSE} \mathbf{x} + \mathbf{z}_m$  と表される。但し、 $\mathbf{H}_m = [\mathbf{H}_{m1}^T \quad \mathbf{H}_{m2}^T]^T$  であり、 $\mathbf{z}_m = [z_{m1} \quad z_{m2}]^T$  は端末  $m$  における熱雑音ベクトルである。このような受信信号に対して、非特許文献 1 に示す合成方法では、次式で示される受信  $MMSE$  ウェイトを乗算して合成を行う。この受信ウェイトは、各端末で受信される信号と基地局から送信される所望信号ベクトルの平均 2 乗誤差を最小とするものである。

30

【0009】

【数 2】

$$\mathbf{W}_m = (\mathbf{H}_m \mathbf{P}_{MMSE})^H \left\{ \mathbf{H}_m \mathbf{P}_{MMSE} (\mathbf{H}_m \mathbf{P}_{MMSE})^H + \xi \mathbf{I}_{2 \times 2} \right\}^{-1} \quad (2)$$

40

【0010】

端末  $m$  における受信ウェイト乗算後の信号は  $\mathbf{W}_m \mathbf{y}_m = \mathbf{W}_m (\mathbf{H}_m \mathbf{P}_{MMSE} \mathbf{x} + \mathbf{z}_m)$  と表され、この受信ウェイト乗算後の信号のうち  $m$  番目の信号が端末  $m$  の所望信号となる。各端末では、2 つのアンテナで受信された信号をこのように合成することにより、基地局側で空間多重されていないアンテナで受信された信号に含まれる所望信号成分を合成することが可能となり、1 つのアンテナで受信した信号を復調する場合に比べ、良好な受信特性を得ることができる。

【0011】

また、一般に、端末における伝搬路  $\mathbf{H}$  の測定時と、その測定された伝搬路  $\mathbf{H}$  に基づく線形ウェイトを用いた空間多重伝送時には時間差があるため、端末が移動している場合等は

50

伝搬路が時間的に変動し、ユーザ間干渉が抑圧しきれないという問題が生じるが、非特許文献 1 で示されている合成方法は、2 つのアンテナで受信された信号を、実際の空間多重伝送時の伝搬路状態に基づいて合成する方法であるため、このような伝搬路の時間変動により生じるユーザ間干渉の抑圧にも効果的であるとされている。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0012】

【非特許文献 1】 “Interference Cancellation for Downlink MU MIMO,” IEEE 802.11 09/1234r0, Nov. 2009.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

非特許文献 1 に示されている受信ウェイトを用いて、2 つのアンテナで受信された信号を合成することにより、1 つのアンテナで受信した信号を復調する場合に比べ、良好な受信特性を得ることができるが、各端末における受信ウェイト乗算後の信号はベクトルとして算出され、先に述べたように、端末 m では、このベクトルの m 番目の信号が所望信号、それ以外の信号が非所望信号となる。したがって、各端末は、算出された信号ベクトルのうち、自身の所望信号が何番目に位置するかということを把握しておかなければ、信号を正しく復調することができないという問題がある。

【0014】

本発明は、斯かる実情に鑑み、各端末が有する複数の受信アンテナで受信された信号を MMSE 合成する場合に、合成後に得られた信号ベクトルにおける所望信号の位置を各端末がそれぞれ把握することが可能となる基地局装置及び端末装置を提供しようとするものである。

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明は、複数の送信アンテナを備えて、複数の受信アンテナを備えた複数の端末装置宛の信号に空間多重を施して通信を行い、前記複数の端末装置に対して空間多重伝送を行うための送信ウェイトに関する情報の前記複数の端末装置への通知を行わない基地局装置であって、

前記送信アンテナと前記複数の端末装置それぞれとの間の伝搬路情報を、前記複数の端末装置それぞれから受信する基地局受信部と、受信した前記伝搬路情報に基づいて、前記送信ウェイトの算出を行う送信ウェイト算出部と、空間多重されて伝送される前記複数の端末装置宛の複数の情報信号に対し、前記送信ウェイトを乗算する送信ウェイト乗算部と、前記送信ウェイトを乗算して空間多重した前記複数の情報信号と、前記空間多重された複数の情報信号のうち各端末装置がそれぞれ復調すべき情報信号を特定する復調特定情報とを送信する基地局送信部と、を備えたことを特徴とするものである。

【0016】

ここで、前記復調特定情報と、前記複数の端末装置に通知する制御信号に含まれる他の情報とを共用するものであってもよいし、前記復調特定情報と、前記送信ウェイトを乗算した伝搬路推定用の信号とを共用するものであってもよい。

【0017】

また、本発明は、複数の受信アンテナを備え、複数の送信アンテナを備えて複数の端末装置宛の信号に空間多重を施して通信を行い前記複数の端末装置に対して空間多重伝送を行うための送信ウェイトに関する情報の前記複数の端末装置への通知を行わない基地局装置と通信する端末装置であって、

前記基地局装置より空間多重されて伝送される各端末装置宛の情報信号と、各端末装置が復調すべき前記情報信号を特定する復調特定情報とを受信する端末受信部と、前記複数の受信アンテナで受信した前記情報信号を合成する合成部と、前記復調特定情報を用いて、前記合成した受信情報信号のうち自身宛の所望情報信号を検出し、前記検出した所望情

10

20

30

40

50

報信号を復調する復調部と、を備えたことを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0020】

本発明を用いることにより、複数の端末宛の送信信号を空間多重により同時に伝送するシステムにおいて、各端末が有する複数の受信アンテナで受信された信号をMMSSE合成する場合に、合成後に得られた信号ベクトルにおける所望信号の位置を各端末がそれぞれ把握することが可能となり、各端末は自身宛の所望信号を復調することができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】第一の実施形態におけるMU-MIMOの無線通信システムを示す図である。

10

【図2】第一の実施形態におけるフレームフォーマットを示す図である。

【図3】第一の実施形態における基地局を示すブロック図である。

【図4】第一の実施形態における端末を示すブロック図である。

【図5】第二の実施形態におけるフレームフォーマットを示す図である。

【図6】第三の実施形態におけるフレームフォーマットを示す図である。

【図7】第三の実施形態における端末を示すブロック図である。

【図8】従来のMU-MIMOの無線通信システムを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、本発明の実施の形態を添付図面を参照して説明する。

20

【0023】

(第一の実施形態)

まず、本実施の形態で対象とするMU-MIMOシステムの一例を図1に示す。図1に示すように、本実施の形態で対象とするMU-MIMOシステムでは、複数の送信アンテナを有する基地局100が、複数の受信アンテナを有する端末200a, 200b, 200c, 200d宛の異なる信号に空間多重を施して同一リソースで伝送を行う。但し、空間多重の対象となる全端末200a~200dの受信アンテナの合計が、基地局100が有する送信アンテナ数よりも多く、基地局100では、各端末200a~200dが有する複数の受信アンテナのうちのいずれかを空間多重の対象として、それらの対象となるアンテナで受信される信号に対するユーザ間干渉が抑圧されるように送信処理を行う。なお、図1では端末数が4つであるが、これに限るものではない。

30

【0024】

図1に示す例では、空間多重の対象となるアンテナはそれぞれ30-1の番号を付したアンテナであり、空間多重の対象とならないアンテナは30-2の番号を付したアンテナとなっている。この図1では、基地局100は4つの送信アンテナ16-1~16-4を、各端末200a, b, c, dはそれぞれ2つずつの受信アンテナ30-1, 30-2を有し、各端末宛にそれぞれ1ストリーム(信号系列)ずつを基地局100から伝送する構成となっているが、これに限らず、例えば、端末が3以上の受信アンテナを有しても良く、そのような場合に、1つの端末宛に2以上のストリームを伝送する構成としても良い。但し、各端末に伝送されるストリーム数は、各端末がそれぞれ有する受信アンテナ数未満とし、1つの端末宛に伝送される複数ストリームはそれぞれ分離されて端末で受信されるものとする。また、基地局が備える送信アンテナ数は4つに限らず、複数の送信アンテナを備えていればよい。また、システムによっては、基地局が備える複数の送信アンテナ全てが常に伝送に用いられるとは限らず、基地局において幾つかの送信アンテナが選択されて用いられ、選択されなかった送信アンテナからは信号が送信されないといった場合もある。そのような場合には、本発明では、空間多重の対象となる全端末の受信アンテナの合計が、基地局において伝送に用いられる送信アンテナ数(選択された送信アンテナ数)よりも多い状況を対象としている。

40

【0025】

このようなMU-MIMOシステムを対象とし、本発明による第一の実施形態では、各

50

端末がそれぞれ復調すべき所望信号の位置を基地局から明示的に通知する方法について示す。まず、本実施の形態における所望信号の位置の通知方法を用いる場合のフレームフォーマットを図2に示す。但し、本実施の形態ではIEEE 802.11等の無線LANシステムを対象としており、図2に示すフレームフォーマットは、無線LANシステムにおけるフレームを簡略化したものである。無線LANシステムにおいては、基地局はアクセスポイントと呼ばれることもあり、また、複数の端末のうち、ある端末が他の端末の通信を管理、中継するようなシステムにおいては、管理を担う端末が基地局またはアクセスポイントとして機能することとなる。

#### 【0026】

図2に示すように、本実施の形態におけるフレームは、プリアンプル、制御信号及び、空間多重されたデータ信号から構成される。但し、ここでは、プリアンプルと制御信号は空間多重されていないものとする。フレームを構成するこれらの信号のうちプリアンプルは、同期タイミングの検出用や伝搬路推定用に用いられる送受信装置間で既知の信号であり、パイロット信号やリファレンス信号と呼ばれることもある。また、制御信号は、後続するデータ信号の宛先となる端末のID等を示す信号であり、各端末は、まずこの制御信号を復調し、その復調結果に基づいてデータ信号の復調を行う。

#### 【0027】

ここで、データ信号だけでなく、制御信号に対しても、プリアンプルを用いた伝搬路推定結果に基づく復調が行われるが、空間多重されているデータ信号と空間多重されていない制御信号では、基地局側での空間多重処理も考慮した等価的な伝搬路が異なるため、それぞれの復調に用いる伝搬路を推定するためのプリアンプルを別々に用意するものとする。具体的には、データ信号に乗算したものと同一送信ウェイトを乗算して送信するプリアンプルと、そのような乗算処理は施さずに送信を行うプリアンプルを用意し、前者をデータ信号復調用のプリアンプル、後者を制御信号復調用のプリアンプルとして用いる。但し、データ信号を復調するために用いられるプリアンプルは、データ信号と同じ送信ウェイトが乗算されて送信されるものの、複数のアンテナから送信される際に空間多重されず、時間領域や周波数領域等で直交化されて送信されるものとする。また、拡散符号を用いて符号領域で直交化する構成としてもよい。

#### 【0028】

各端末では、このようなプリアンプルをそれぞれ用いて、制御信号とデータ信号の復調に用いる伝搬路推定値を算出し、まずは制御信号の復調を行う。先に述べたように、制御信号にはデータ信号の宛先となる端末のID等が含まれており、各端末は、復調した制御信号内に自身のIDが含まれていれば後続のデータ信号を復調し、自身のIDが含まれていなければ、それ以降の信号を廃棄する処理を行う。

#### 【0029】

IEEE 802.11等の無線LANシステムでは、このようにデータ信号の宛先となる端末IDを制御信号として通知し、各端末では、通知された制御信号の復調結果に基づいて後続の信号を復調するか否かを決定することにより、自身が宛先に含まれない場合にもデータ信号の復調を行うことを避け、復調処理に伴う電力消費等を抑えることができる。

#### 【0030】

このような端末IDを表す情報だけでなく、本実施の形態では、データ信号の宛先となっている各端末が復調すべき信号がいずれの信号であるかを示す情報も制御信号として各端末に通知する。本実施の形態では、この情報を所望信号判別用情報と呼び、図2に示すように各端末IDの直後にそれぞれ付加するものとする。ここでは、所望信号判別用情報としているが、後述する実施形態においては、これに限っているわけではない。従って、各端末装置が復調すべき前記情報信号を特定する情報を復調特定情報とする。本実施形態にあっては、復調特定情報が所望信号判別用情報ということである。

#### 【0031】

本実施形態では、例えば、制御信号の先頭に端末200aのIDが挿入されている場合

10

20

30

40

50

には、その直後の所望信号判別用情報は、端末 200a が復調すべき信号の位置を示すようになっており、その次に、端末 200b の ID が挿入されている場合には、その直後の所望信号判別用情報は、端末 200b が復調すべき信号の位置を示すようになっている。ここで、復調すべき信号が信号ベクトルの 1 番目である場合の所望信号判別用情報を 00、2 番目である場合の所望信号判別用情報を 01、3 番目である場合の所望信号判別用情報を 10、4 番目である場合の所望信号判別用情報を 11 とすると、4 端末 200a ~ 200d を空間多重する場合の所望信号判別用情報は 8 ビットでよいこととなる。このような所望信号判別用情報を制御信号に含める場合に、例えば、端末 200a 宛の所望信号判別用情報が 10 となっている際には、端末 200a は、複数アンテナで受信した信号に受信ウェイトを乗算して算出された信号ベクトルのうち、3 番目の信号を所望信号として復調する。同様に、端末 200b 宛の所望信号判別用情報が 00、端末 200c 宛の所望信号判別用情報が 01、端末 200d 宛の所望信号判別用情報が 11 となっている場合には、端末 200b は 1 番目の信号、端末 200c は 2 番目の信号、端末 200d は 4 番目の信号をそれぞれの所望信号として復調することとなる。

#### 【0032】

このように、端末 ID と併せて、その ID が示す端末が復調すべき信号の位置を示す情報を制御信号として付加しておくことにより、受信ウェイト乗算後の信号ベクトルに所望信号と非所望信号が含まれる場合にも、各端末はそれぞれの所望信号の位置を正しく把握することが可能となり、その所望信号をそれぞれ復調することができる。

#### 【0033】

ここで、本実施の形態における基地局 100 の装置構成を図 3 に示す。但し、本実施の形態では線形フィルタを用いた空間多重を行うシステムを対象とし、図 3 に示すように、基地局 100 は、上位層 10、変調部 11、送信ウェイト乗算部 12、18、信号多重部 13、D/A 部 14、無線部 15、22、送信アンテナ部 16、プリアンプ生成部 17、送信ウェイト算出部 19、受信部 20、A/D 部 21、受信アンテナ部 23 から構成される。

#### 【0034】

この基地局 100 で線形フィルタを用いた MU-MIMO 伝送を行う場合、まず、空間多重の対象となる各端末 200a ~ 200d からフィードバックされる伝搬路情報 (CSI: Channel State Information) を受信アンテナ部 23 で受信し、無線部 22 において受信信号を A/D 変換可能な周波数に変換し、A/D 部 21 でアナログ信号からデジタル信号に変換した後、受信部 20 で復調等を行い、フィードバックされた伝搬路情報を得る。但し、各端末 200a ~ 200d からフィードバックされる伝搬路情報は、基地局 100 の送信アンテナ 16-1 ~ 16-4 と各端末 200a ~ 200d において空間多重の対象となるアンテナとの間の伝搬路である。ここで、各端末 200a ~ 200d から基地局 100 へのアップリンクの伝送方法はどのような伝送方法を用いてもよく、図 3 では受信アンテナ 23 が 1 つのみとなっているが、複数の受信アンテナを備え、アップリンクの MU-MIMO 伝送を行う構成としてもよい。

#### 【0035】

このように得られた各端末 200a ~ 200d における伝搬路情報は送信ウェイト算出部 19 へ入力され、MU-MIMO 伝送を行うために必要な送信ウェイトの算出が行われる。具体的には、まず各端末 200a ~ 200d における伝搬路情報から伝搬路行列 H を生成し、生成した伝搬路行列 H を用いて、以下の送信ウェイト  $P_{MMSE}$  を算出する。

#### 【0036】

#### 【数 3】

$$P_{MMSE} = (H^H H + \xi I_{4 \times 4})^{-1} H^H \quad (3)$$

#### 【0037】

但し、 $\xi$  は平均雑音電力対信号電力比であり、 $I_{k \times k}$  は k 行 k 列の単位行列を示して

10

20

30

40

50

いる。このように算出された送信ウェイトは送信ウェイト乗算部 12, 18 に入力され、また、伝搬路行列  $H$  を生成する際の各端末 200a ~ 200d の伝搬路情報の並べ方にに関する情報が上位層 10 に入力される。この情報は、各端末 200a ~ 200d からフィードバックされた伝搬路情報を用いて伝搬路行列  $H$  を生成する際に、どの端末からフィードバックされた伝搬路情報を行列の何行目に配置したかを示す情報であり、例えば、 $H = [H_{21}^T \ H_{31}^T \ H_{11}^T \ H_{41}^T]^T$  となる場合には、端末 200b, 200c, 200a, 200d の順番で伝搬路情報が並べられたことを示す情報を上位層 10 に入力することとなる。

#### 【0038】

上位層 10 では、データ信号の宛先となる端末 ID と、その ID の端末が復調すべき信号の位置を示す制御信号、及び各端末宛の個別のデータが生成され変調部 11 に入力される。但し、図 3 の変調部 11 に入力される 5 つの系統のうち、最も上の系統には制御信号が入力され、残りの 4 つの系統には、送信ウェイト算出部 19 から通知された伝搬路行列の構成順に応じたデータがそれぞれ入力されることとなる。つまり、先に述べた例と同様、端末 200b, 200c, 200a, 200d の順番で伝搬路情報が並べられて伝搬路行列が構成されている場合には、端末 200b 宛、200c 宛、200a 宛、200d 宛の順番で、4 つの系統の上からデータが入力される。そして、変調部 11 では、入力されたデジタルデータに対して変調を行い、QPSK や 16QAM といった変調信号が生成される。

#### 【0039】

変調部 11 において変調された信号は、送信ウェイト乗算部 12 と信号多重部 13 に入力される。ここで、送信ウェイト乗算部 12 に入力されるのは、空間多重されて伝送される各端末宛の個別データを変調した信号であり、信号多重部 13 に入力されるのは、空間多重されず、各端末共通に通知される制御信号を変調した信号である。変調されたデータ信号を入力された送信ウェイト乗算部 12 では、送信信号と送信ウェイトの乗算が行われ、その結果が信号多重部 13 に入力される。但し、この時、アンテナ 16-i から送信すべき信号は信号多重部 13-i へ入力される。

#### 【0040】

先に述べたように、本実施の形態では、伝搬路推定用のプリアンプルとして、データ信号用の伝搬路推定と制御信号用の伝搬路推定に用いられる 2 通りを設けるものとしており、前者はプリアンプル生成部 17 で生成された既知の系列に、データ信号に乗算したものと同一送信ウェイトを送信ウェイト乗算部 18 で乗算したものとなっている。そして、送信ウェイトを乗算されたプリアンプルは、送信ウェイト乗算部 18 から信号多重部 13 へ入力される。また、後者は、送信ウェイトの乗算が行われないため、プリアンプル生成部 17 から直接信号多重部 13 へ入力されることとなる。

#### 【0041】

これらの信号が入力された信号多重部 13 では、各端末宛の個別のデータ信号と制御信号、プリアンプルが多重され、図 2 に示すようなフレームが生成される。但し、本実施の形態では、制御信号はアンテナ 16-1 からのみ送信される構成となっており、その復調に用いられるプリアンプルも同様にアンテナ 16-1 からのみ送信されるため、これらは信号多重部 13-1 でのみ多重されることとなる。このように信号多重部 13 において生成された図 2 に示すような送信フレームは、D/A 部 14 においてデジタル信号からアナログ信号に変換され、無線部 15 において無線送信可能な周波数に変換された後、送信アンテナ部 16 からそれぞれ送信される。

#### 【0042】

このような構成とし、データ信号の宛先を示す端末の ID と共に、その ID の端末が復調すべき信号の位置を示す情報を制御信号とし、これらの制御信号と、空間多重したデータ信号とを伝送することにより、各端末がそれぞれ複数の受信アンテナで受信した信号を MMSSE 合成する場合に、合成後の信号ベクトルにおいて各端末がそれぞれ復調すべき信号の位置を通知することが可能となり、各端末が自身宛の信号を復調することができる。



## 【 0 0 4 3 】

以上のように基地局において処理された信号を受信する各端末の装置構成を次に示す。本実施の形態における端末 2 0 0 の装置構成を図 4 に示す。図 4 に示すように、本実施の形態における端末 2 0 0 は、受信アンテナ部 3 0、無線部 3 1、4 1、A / D 部 3 2、信号分離部 3 3、伝搬路推定部 3 4、伝搬路補償部 3 5、M M S E 合成部 3 6、復調部 3 7、上位層 3 8、送信部 3 9、D / A 部 4 0、送信アンテナ部 4 2 から構成される。

## 【 0 0 4 4 】

この端末 2 0 0 では、図 3 に示す基地局 1 0 0 から送信された信号をまず受信アンテナ部 3 0 で受信し、無線部 3 1 において受信信号を A / D 変換可能な周波数に変換し、A / D 部 3 2 でアナログ信号からデジタル信号に変換した後、受信信号を信号分離部 3 3 に  
10  
入力する。信号分離部 3 3 では、図 2 に示すようにフレーム化された信号を分離する。具体的には、プリアンプルを伝搬路推定部 3 4 へ、制御信号を伝搬路補償部 3 5 へ、データ信号を M M S E 合成部 3 6 へそれぞれ分離して入力する。但し、本実施の形態では、空間多重されていない制御信号については、受信アンテナ部 3 0 - 1 で受信した信号のみを復調して取得するものとし、信号分離部 3 3 - 2 では、制御信号の伝搬路推定用に付加されたプリアンプルと制御信号は廃棄されるものとする。

## 【 0 0 4 5 】

信号分離部 3 3 から入力されたプリアンプルを基に、伝搬路推定部 3 4 では伝搬路の推定が行われる。但し、伝搬路推定部 3 4 - 1 では、制御信号復調用とデータ信号復調用のプリアンプルの両方による伝搬路推定が行われ、伝搬路推定部 3 4 - 2 では、データ信号  
20  
復調用のプリアンプルのみによる伝搬路推定が行われる。この時、制御信号復調用のプリアンプルには送信ウェイトが乗算されていないため、このプリアンプルを用いて推定される伝搬路は、基地局の送信アンテナ部 1 6 - 1 と各端末の受信アンテナ部 3 0 - 1 との間  
の伝搬路となり、この推定結果は伝搬路補償部 3 5 へ入力される。また、データ信号復調用のプリアンプルには送信ウェイトが乗算されているため、端末 m の伝搬路推定部 3 4 - n で推定される伝搬路は  $H_{m \ n} P$  となり、この推定結果は M M S E 合成部 3 6 へ入力される。

## 【 0 0 4 6 】

伝搬路補償部 3 5 では、制御信号の伝搬路補償が行われ、伝搬路補償された制御信号は復調部 3 7 に入力される。そして、復調部 3 7 において制御信号の復調が行われ、復調された  
30  
制御信号は上位層 3 8 に入力されて、基地局 1 0 0 から通知された端末 I D と所望信号判別用情報が得られる。上位層 3 8 では、基地局 1 0 0 から通知された複数の端末 I D に、自身の I D が含まれているか否かを判断し、自身の I D が含まれていれば、その直後に付加されている所望信号判別用情報を復調部 3 7 に通知する。一方、制御信号の中に自身の I D が含まれていない場合には、データ信号の復調処理を停止し、受信信号を全て廃棄するよう復調部 3 7 に指示する。

## 【 0 0 4 7 】

このような制御信号への処理に対し、2 つのアンテナでそれぞれ受信されたデータ信号は M M S E 合成部 3 6 において合成される。具体的には、端末 m の 2 つのアンテナで受信される受信信号ベクトル  $y_m = [y_{m \ 1} \ y_{m \ 2}]^T$  に、次式で表される受信 M M S E ウェイトを乗算して合成を行う。  
40

## 【 0 0 4 8 】

【数 4】

$$W_m = (H_m P)^H \left\{ H_m P (H_m P)^H + \xi I_{2 \times 2} \right\}^{-1} \quad (4)$$

## 【 0 0 4 9 】

但し、 $H_m = [H_{m \ 1}^T \ H_{m \ 2}^T]^T$  である。

## 【 0 0 5 0 】

10

20

30

40

50

このような受信ウェイトを乗算されて合成された信号はベクトルとなり、復調部 37 へ入力される。データ信号ベクトルを入力された復調部 37 では、先に述べたように、制御信号の中に自身の ID が含まれていなければ、復調処理は行わず、入力されたデータ信号ベクトルを廃棄する。また、制御信号の中に自身の ID が含まれている場合には、上位層 38 から、自身の所望信号の位置を示す所望信号判別用情報が入力されるため、得られた信号ベクトルのうち、所望信号判別用情報が示す信号のみを抽出して復調処理を行う。そして、復調された信号は上位層 38 へ出力され、基地局 100 から送信された所望の信号を得ることができる。

#### 【0051】

また、本実施の形態における端末装置 200 では、基地局 100 へ伝搬路情報 (CSI) をフィードバックする必要があるが、これは、伝搬路推定部 34 - 1 で推定された伝搬路に関する情報を送信部 39 へ入力し、D/A 部 40、無線部 41 を経由して送信アンテナ部 42 から基地局 100 に向けて送信される。このことから、本実施の形態では、基地局 100 において空間多重される対象となるアンテナが各端末のアンテナ 30 - 1 となり、アンテナ 30 - 2 に対する空間多重は行われないうこととなる。また、本実施の形態では、CSI の測定は、送信ウェイトの乗算は行われず、各アンテナから互いに直交するように送信されるプリアンプルを用いて行われ、図 2 に示すフレームとは異なる構成のフレームにおいて測定するものとする。

#### 【0052】

以上のような端末の構成とすることにより、基地局における空間多重の対象となっているアンテナ 30 - 1 と、対象となっていないアンテナ 30 - 2 の 2 つのアンテナで受信された信号を MMS E 合成し、合成後の信号ベクトルのうち、自身宛の所望信号を抽出し復調することができる。このような処理により、1 つのアンテナで受信した信号を復調する場合に比べ、良好な受信特性を得ることができる。

#### 【0053】

ここで、本実施の形態では、図 2 に示すフレームに含まれる制御信号は空間多重されないものとしているが、これとは異なり、制御信号にも送信ウェイトが乗算され、空間多重されて伝送される構成としてもよい。このような場合には、複数の端末のうち、空間多重された端末しか制御信号を復調できないが、制御信号を復調できなかった端末は、そのフレームに自身宛のデータ信号が含まれていないものと判断して信号を廃棄する。一方、制御信号を復調でき、自身の ID が得られた端末は、そのフレームに自身宛のデータ信号が含まれているため、端末 ID と共に復調した所望信号判別用情報を基に、受信ウェイト乗算後のデータ信号の中から自身宛の信号を抽出し、その所望信号を復調する。このような処理を行うことにより、制御信号が空間多重されて伝送される場合にも、2 つのアンテナで受信された信号を MMS E 合成し、合成後の信号ベクトルのうち、自身宛の所望信号を抽出し復調することができる。

#### 【0054】

また、本実施の形態における制御信号は、各端末 ID の直後に、その ID を有する端末が復調すべき所望信号の位置を示す情報をそれぞれ付加し、端末 ID と所望信号判別用情報が交互に配置される構成となっていたが、送受信機間で既知のフォーマットであればよく、この構成に限らない。例えば、複数の端末 ID を連続して配置し、その後に所望信号判別用情報を連続して配置する構成としてもよい。さらに、空間多重される端末の数に応じて、制御情報として各端末に通知すべき信号の量が変化することもあり、そのような場合に高効率な通信を実現するために、図 2 に示す制御信号を可変長としてもよい。制御信号を可変長とする場合には、制御信号長を端末に通知する別の制御情報が必要となり、各端末は、この制御情報長を示す情報を得ることにより、適応的に変化する制御情報の長さを把握し、端末 ID や所望信号判別用情報をフレームから適切に抽出することができる。制御情報長を示す情報としては、制御情報のシンボル長や、空間多重される端末数等が挙げられる。また、単一の端末宛のみに信号が伝送される、つまり MU MIMO 伝送が行われない場合には、所望信号判別用情報は不要となるため、所望信号判別用情報を削除す

10

20

30

40

50

ることにより伝送効率の低下を防ぐことができる。

【 0 0 5 5 】

さらに、本実施の形態では無線LANシステムを対象として、各端末がそれぞれ復調すべき所望信号の位置を示す情報をフレームに挿入して基地局から明示的に通知する方法について示したが、この方法は無線LANシステムに限らず、セルラシステム等にも適用可能である。セルラシステムにおいては、時間や周波数で区切られた無線リソースを基地局が多数の端末にそれぞれ割り当てて、割り当てたリソースを用いて基地局と各端末との通信が行われるが、データ送受信に先立って、まずはリソース割り当ての情報を基地局から端末に通知する必要がある。このリソース割り当て情報は、図2に示すように、データ信号と同じフレームで伝送される場合や、異なるリソースで伝送される場合があり、また、複数の端末で復調できるように伝送される場合や、リソースを割り当てられた個別の端末しか復調できないように伝送される場合もある。このような様々な場合においても、リソースを割り当てられた端末を特定するID等の情報と共に、先に述べた所望信号判別用情報を制御情報として各端末に通知することにより、各端末は、MMSE合成後の信号ベクトルのうち、自身宛の所望信号を抽出し復調することができる。

【 0 0 5 6 】

また、本実施の形態では、基地局において用いられる送信ウェイトの算出をMMSE基準により行うものとしたが、これに限らず、ZF (Zero Forcing) 基準等により行ってもよいし、予め決められたコードブックと呼ばれるウェイトを用いる構成としてもよい。また、線形送信ウェイトを用いたMU MIMO伝送だけでなく、非線形処理を含む空間多重方法を用いるMU MIMO伝送を行う場合にも適用可能である。ここで、非線形処理を含むMU MIMO伝送としては、THP (Tomlinson Harashima Precoding) を用いたMU MIMO伝送が挙げられる。THP MU MIMO伝送は、線形の送信ウェイトにより端末間での干渉の一部を除去し、残りの干渉を所望信号から減算することにより、複数の端末宛の信号を同一リソースで伝送することにより生じる干渉を除去する構成となっており、干渉の減算に起因する送信電力の増大をTHPにより抑圧することで、電力効率に優れた空間多重を実現することができる。このTHP MU MIMO伝送を行うためには、図3に示す基地局に、干渉減算機能や電力を抑圧するためのmodulo演算機能等を追加する必要があるが、先に述べた線形MU MIMO伝送と同じく、各端末が復調すべき信号の位置を示す情報を制御情報に付加しておくことにより、各端末へ所望信号の位置をそれぞれ通知することが可能となる。また、THP MU MIMO伝送された信号を受信する端末は、図4に示す構成に、modulo演算機能を追加するだけで実現可能である。但し、MMSE合成部36において用いられる受信MMSEウェイトは次式で表される。

【 0 0 5 7 】

【 数 5 】

$$\mathbf{W}_m = (\mathbf{I}_{4 \times 4} - \mathbf{F}) \mathbf{R}_v (\mathbf{H}_m \mathbf{P})^H \left\{ \mathbf{H}_m \mathbf{P} \mathbf{R}_v (\mathbf{H}_m \mathbf{P})^H + \xi \mathbf{I}_{2 \times 2} \right\}^{-1} \quad (5)$$

【 0 0 5 8 】

ここで、 $\mathbf{R}_v$  は送信信号ベクトルの共分散行列を、 $\mathbf{F}$  は基地局側で減算される干渉に乘算される係数を表す行列を示している。この式(5)で表される受信ウェイトを受信信号に乗算して受信信号を合成し、基地局から通知された所望信号判別用情報に基づいて、合成後の信号ベクトルから所望信号を抽出し、抽出した信号にmodulo演算を施した後に復調を行うことにより、端末固有の所望信号をそれぞれ得ることが可能となる。

【 0 0 5 9 】

さらに、式(4)や式(5)で表される受信ウェイトは行列であるが、これまでに述べてきたように、本実施の形態における各端末の所望信号は、受信ウェイト乗算後の信号ベクトルのいずれかの成分のみであるため、行列で表される受信ウェイトを受信信号に乗算する必要はなく、行列のいずれかの行成分のみを抽出したベクトルを受信信号に乗算する

ことによっても所望信号を得ることができる。この時、いずれの行成分を用いて受信信号を合成するかの判断を、所望信号判別用情報に基づいて行えばよい。例えば、自身が復調すべき所望信号の位置が一番目という所望信号判別用情報を端末が受信した場合には、式(4)や式(5)で表される行列の一行目を用いて受信信号の合成を行い、自身が復調すべき所望信号の位置が二番目という所望信号判別用情報を端末が受信した場合には、式(4)や式(5)で表される行列の二行目を用いて受信信号の合成を行うといった判断を行うこととなる。

#### 【0060】

また、本実施の形態では、シングルキャリア伝送を対象とした例について示したが、本発明はマルチキャリア伝送を行うシステムにも適用可能である。マルチキャリア伝送システムに適用する場合には、送信ウェイトの算出等をサブキャリア毎に行ってもよいし、幾つかのサブキャリアをグループ化した単位で行ってもよい。また、マルチキャリア伝送システムでは、異なるサブキャリアにプリアンプルを配置し、周波数領域で直交化して送信することもできる。このようなマルチキャリア伝送システムでは、基地局及び端末にIFFT(Inverse Fast Fourier Transform)部、FFT部、GI(Guard Interval)挿入部等が必要になる。

#### 【0061】

さらに、本実施の形態では、制御信号と、その復調に利用する伝搬路推定用のプリアンプルを1つのアンテナからのみ送信するものとしていたが、これに限らず、基地局が有する複数のアンテナから制御信号並びにその伝搬路推定用のプリアンプルを送信する構成としてもよい。

#### 【0062】

また、本実施の形態では、送信されるデータ信号に誤り訂正符号化が施されていなかったが、これに限らず、基地局において誤り訂正符号化を施して、端末で復号を行う構成としてもよい。

#### 【0063】

##### (第二の実施形態)

第一の実施形態では、各端末がそれぞれ復調すべき所望信号の位置を所望信号判別用情報として基地局から明示的に通知する構成について示したが、所望信号判別用情報を明示的に通知するのではなく、他の制御情報と共通化する構成としてもよく、本実施の形態では、このような復調特定情報の例について示す。

#### 【0064】

本実施の形態におけるフレームフォーマットを図5に示す。但し、本実施の形態においても、第一の実施形態と同様に、無線LANシステムにおけるフレームを簡略化したものを対象として説明を行う。図5に示すように、本実施の形態では、制御信号に所望信号判別用情報は含まれておらず、所望信号判別用情報の明示的な通知は行わない。しかし、各端末が復調すべき信号の位置をそれぞれ通知する必要があるため、制御信号に含まれる端末IDの順番と所望信号判別用情報を関連付けておき、端末IDの記載順を各端末が把握することにより、自身が復調すべき信号の位置を検出することができるような構成とする。

#### 【0065】

具体的には、例えば、複数アンテナで受信した信号に受信ウェイトを乗算して算出された信号ベクトルのうち、端末200aは3番目の信号を、端末200bは1番目の信号を、端末200cは2番目の信号を、端末200dは4番目の信号をそれぞれの所望信号として復調すべき場合には、図5に示すように、端末IDを端末200b、端末200c、端末200a、端末200dの順番に制御信号として含めるようにする。基地局100がこのような制御信号を送信し、各端末200a~200dに通知することにより、各端末200a~200dでは、自身の端末IDが制御信号の何番目に記載されているかを把握することにより、自身が復調すべき信号の位置を検出することができる。例えば、図5に示すフレームを受信した端末200aでは、制御信号を復調し、自身の端末IDが制御信

10

20

30

40

50

号の3番目に記載されていることを把握することにより、MMSE合成後の信号ベクトルのうち、3番目の信号が所望信号であることを把握することができ、所望信号の復調が可能となる。

【0066】

このように、各端末がそれぞれ復調すべき所望信号の位置を所望信号判別用情報として基地局から明示的に通知する必要はなく、端末ID等、他の制御情報の配置、順番等を工夫することにより所望信号判別用情報を表すことが可能となる。これにより、端末位置情報が削除可能となるため、制御情報が増大することによる伝送効率の低下を防ぐことができる。このような場合の基地局及び端末はそれぞれ図3、図4の構成により実現することが可能である。

10

【0067】

本実施の形態においても、第一の実施形態と同様に無線LANシステムを対象として説明を行ったが、無線LANシステムだけでなく、セルラシステム等を対象としてもよい。先に述べたように、セルラシステムにおいては、時間や周波数で区切られた無線リソースのリソース割り当て情報を基地局から端末に通知する必要があり、このリソース割り当て情報の配置や順番を所望信号判別用情報に応じて変更することにより、所望信号判別用情報を制御信号に別途付加することなく、各端末に所望信号判別用情報を通知することが可能となる。例えば、1シンボルに1つの端末のリソース割り当て情報が含まれているような場合には、図5に示す端末IDと同様に、リソース割り当て情報の順番を所望信号判別用情報と一致させておくことにより、各端末に所望信号判別用情報を通知することが可能となる。また、リソース割り当て情報が複数の周波数チャンネルに分割されて送信されるような場合には、第一の周波数チャンネルでリソース割り当て情報が通知された端末は、合成後に得られた信号ベクトルのうち1番目の信号を復調し、第二の周波数チャンネルでリソース割り当て情報が通知された端末は、合成後に得られた信号ベクトルのうち2番目の信号を復調するというように、周波数チャンネルと所望信号判別用情報の関係を予め定めておくことにより、所望信号判別用情報を明示的に伝送することなく、各端末に所望信号判別用情報を通知することが可能となる。尚、リソース割り当て情報(所望信号判別情報)は情報信号と多重されて伝送される必要はなく、別のリソースにて伝送される構成でもよい。

20

【0068】

本実施の形態においても、第一の実施形態と同様に、式(4)や式(5)に示す行列で表される受信ウェイトではなく、その行列のいずれか一行で表されるベクトルを受信ウェイトとして用いる構成としてもよく、その場合に、いずれの行を用いるかを、他の制御情報と共通化された所望信号判別用情報を基に判断してもよい。

30

【0069】

(第三の実施形態)

以上の実施形態では、制御情報を基に、各端末がそれぞれ復調すべき所望信号の位置を把握する構成としていたが、制御情報とは異なる信号を基に所望信号の位置を推定する構成としてもよく、本実施の形態では、このような復調特定情報の例について示す。

【0070】

本実施の形態におけるフレームフォーマットを図6に示す。但し、図6に示すフレーム内の制御信号には、データ信号の宛先となる端末のIDは含まれているものの、各端末が復調すべき信号の位置を示す所望信号判別用情報は含まれておらず、さらに、第二の実施形態のように端末IDの記載順等が所望信号判別用情報を示しているということもないものとする。

40

【0071】

また、図6より、プリアンブルとして、#0から#4までの5つのプリアンブル(シンボル)が含まれていることがわかる。これは、第一の実施形態において述べたように、送信ウェイトが乗算されていない制御信号を復調するためのプリアンブルと、送信ウェイトが乗算されているデータ信号を復調するためのプリアンブルが別々に必要であり、さらに、データ信号を復調するために用いられるプリアンブルは空間多重されず、時間領域や周

50

波数領域等で直交化されて送信されるものとしているためである。ここでは、それらのプリアンブルが時間領域で直交化されている例について示しており、# 0 は制御信号復調用のプリアンブルを、# 1 から # 4 まではデータ信号復調用のプリアンブルをそれぞれ示している。但し、# 1 は送信ウェイト乗算部 18 への入力が  $[1 \ 0 \ 0 \ 0]^T$ 、# 2 は送信ウェイト乗算部 18 への入力が  $[0 \ 1 \ 0 \ 0]^T$ 、# 3 は送信ウェイト乗算部 18 への入力が  $[0 \ 0 \ 1 \ 0]^T$ 、# 4 は送信ウェイト乗算部 18 への入力が  $[0 \ 0 \ 0 \ 1]^T$  となっているプリアンブルであり、送信ウェイト乗算部 18 において、データ信号に乗算されるものと同じ送信ウェイトがこれらの入力プリアンブルに乗算され、送信ウェイト乗算後のプリアンブルが全てのアンテナから送信されることとなる。このようなプリアンブルを送信することにより、プリアンブル同士が互いに干渉し合うことを防ぐことができ、適切な伝搬路推定を行うことが可能となる。

10

【0072】

ここで、例えば、各端末における空間多重の対象となる受信アンテナをそれぞれアンテナ 1 とし、基地局において、 $H = [H_{2,1}^T \ H_{3,1}^T \ H_{1,1}^T \ H_{4,1}^T]^T$  として式 (3) に示す送信ウェイトを用いた伝送を行う場合には、各端末において空間多重の対象となっている受信アンテナで観測される等価的な伝搬路行列  $H_{eq}$  は、以下のように表すことができる。

【0073】

【数 6】

20

$$H_{eq} = \begin{pmatrix} a_{21} & \varepsilon_{22} & \varepsilon_{23} & \varepsilon_{24} \\ \varepsilon_{31} & a_{32} & \varepsilon_{33} & \varepsilon_{34} \\ \varepsilon_{11} & \varepsilon_{12} & a_{13} & \varepsilon_{14} \\ \varepsilon_{41} & \varepsilon_{42} & \varepsilon_{43} & a_{44} \end{pmatrix} \quad (6)$$

【0074】

この式 (6) において、 $a_{m,k}$  及び  $\varepsilon_{m,k}$  は基地局のアンテナ  $k$  から送信される信号が端末  $m$  のアンテナ 1 において受信される際の等価的な伝搬路を表している。但し、 $a_{m,k}$  は端末  $m$  の所望信号が等価的に経由する伝搬路を表している。また、 $\varepsilon_{m,k}$  は式 (3) に示す送信ウェイトが MMSE 基準で求められたものであるために生じる、干渉信号が等価的に経由する伝搬路であり、通常、 $a_{m,k}$  に比べ微小な値となる。

30

【0075】

式 (6) で示される等価的な伝搬路は、データ信号と、データ信号復調用に付加された # 1 から # 4 までのプリアンブルが経由し、# 1 から # 4 までのプリアンブルは各端末において次のように受信される。まず、端末 1 で受信されるプリアンブルは  $[a_{11} \ a_{12} \ a_{13} \ a_{14}]^T$  となり、端末 2 は  $[a_{21} \ \varepsilon_{22} \ \varepsilon_{23} \ \varepsilon_{24}]^T$  となる。同様に、端末 3 は  $[\varepsilon_{31} \ a_{32} \ \varepsilon_{33} \ \varepsilon_{34}]^T$  となり、端末 4 は  $[\varepsilon_{41} \ \varepsilon_{42} \ \varepsilon_{43} \ a_{44}]^T$  となる。これは、端末 1 では # 3 において高い電力を有するプリアンブルが受信され、端末 2 では # 1 において高い電力を有するプリアンブルが受信されるといように、高い電力を有して受信されるプリアンブルのシンボルが端末毎に異なることを示している。

40

【0076】

この高い電力を有して受信されるプリアンブルの位置は、基地局で構成された伝搬路行列  $H$  の行ベクトルの並びに依存し、そして、伝搬路行列  $H$  をどのように構成するかは、各端末が復調すべき信号位置にも対応している。したがって、各端末は、高い電力を有して受信されるプリアンブルの位置を検出することにより、自身が復調すべき信号の位置を把握することができる。例えば、プリアンブル # 1 が高い電力を有して受信される場合には、MMSE 合成して得られるデータ信号ベクトルの 1 番目の信号を復調し、プリアンブル # 2 が高い電力を有して受信される場合には、MMSE 合成して得られるデータ信号ベク

50

トルの 2 番目の信号を復調するといった処理を各端末が行うこととなる。

【 0 0 7 7 】

このような処理により、各端末が復調すべき信号の位置が制御情報によって通知されない場合でも、端末は自身が復調すべき信号の位置を推定することができ、これは、データ信号と同じ送信ウェイトを乗算したプリアンブルにより所望信号判別用情報を代用可能であるといえることができる。

【 0 0 7 8 】

このような処理を行う端末の装置構成を図 7 に示す。図 7 に示す端末装置は、図 4 に示す端末装置とほぼ同じだが、伝搬路推定部 3 4 - 1 からプリアンブル # 1 ~ # 4 の受信電力に関する情報が復調部 3 7 に入力される構成となっている。復調部 3 7 では、プリアンブル # 1 ~ # 4 の受信電力を基に、自身が復調すべき信号の位置を把握し、M M S E 合成後の信号ベクトルから所望信号を抽出して復調を行う。このような構成とすることにより、各端末が復調すべき信号の位置が制御情報によって通知されない場合でも、端末は自身が復調すべき信号の位置を推定することが可能となる。

【 0 0 7 9 】

ここで、本実施の形態では、データ信号復調用のプリアンブルは時間領域において直交化されているが、これに限らず、マルチキャリア伝送システムに適用される場合等は、異なるサブキャリアにプリアンブル # 1 ~ # 4 を配置する構成としてもよい。

【 0 0 8 0 】

このように、データ信号復調用のプリアンブルを用いて、各端末が復調すべき信号の位置を推定する方法は、第一の実施形態においても触れた T H P M U M I M O 伝送にも適用可能である。但し、T H P M U M I M O 伝送が行われる場合に、各端末において空間多重の対象となっている受信アンテナで観測される等価的な伝搬路行列  $H_{eq}$  は、以下のように表される。

【 0 0 8 1 】

【 数 7 】

$$H_{eq} = \begin{pmatrix} a_{21} & \varepsilon_{22} & \varepsilon_{23} & \varepsilon_{24} \\ b_{31} & a_{32} & \varepsilon_{33} & \varepsilon_{34} \\ b_{11} & b_{12} & a_{13} & \varepsilon_{14} \\ b_{41} & b_{42} & b_{43} & a_{44} \end{pmatrix} \quad (7)$$

【 0 0 8 2 】

先に述べたように、T H P M U M I M O 伝送は、線形の送信ウェイトにより端末間での干渉の一部を除去し、残りの干渉を所望信号から減算することにより、複数の端末宛の信号が互いに干渉し合うのを防ぐ構成となっており、式 ( 7 ) の  $b_{mk}$  が、基地局において減算される干渉が経路する伝搬路を表している。この  $b_{mk}$  は  $a_{mk}$  に比べ大きな値となり、 $a_{mk}$  と比べても大差ない値となることもあるため、幾つかの端末では、高い電力を有するプリアンブルが複数受信されることとなり、線形ウェイトによる M U M I M O 伝送を行う場合のように、高い電力を有するプリアンブルの位置を検出するだけでは、復調すべき信号の位置を把握することはできない。しかし、高い電力で受信されるプリアンブルの数が端末毎に異なるため、その位置だけでなく数も考慮することにより、端末は自身が復調すべき信号の位置を推定することが可能となる。

【 0 0 8 3 】

具体的には、端末 1 で受信されるプリアンブルは  $[b_{11} \quad b_{12} \quad a_{13} \quad \varepsilon_{14}]$  となり、プリアンブル # 1 ~ # 3 において高い電力を有して受信されるため、M M S E 合成して得られるデータ信号ベクトルの 3 番目の信号を復調し、端末 2 は  $[a_{21} \quad \varepsilon_{22} \quad \varepsilon_{23} \quad \varepsilon_{24}]$  となり、プリアンブル # 1 においてのみ高い電力を有して受信されるため、M M S E 合成後のデータ信号ベクトルの 1 番目の信号を復調するといった処理とな

る。このような処理を行うことにより、T H P M U M I M O 伝送が行われる場合にも、データ信号復調用のプリアンブルを基に、各端末が復調すべき信号の位置を推定することができる。

【 0 0 8 4 】

また、T H P M U M I M O 伝送が行われる場合には、各端末において空間多重の対象となっているアンテナにおける伝搬路の状態によって、送信する信号ベクトルを適応的に入れ替えるという処理が行われることがある。これは、基地局で構成される伝搬路行列  $H$  に対して、送信信号ベクトルと全端末の受信信号を合わせた受信信号ベクトルの誤差が最小となるように、式 ( 5 ) に示す線形ウェイト  $P$  や、干渉に乗算される係数行列  $F$ 、送信信号ベクトルの順序等を決定することを意味している。端末  $m$  宛の送信信号を  $s_m$  とし、このような適応的な制御を行うと、 $H = [H_{21}^T \ H_{31}^T \ H_{11}^T \ H_{41}^T]^T$  のように基地局において伝搬路行列が構成される場合であっても、送信信号ベクトルは  $[s_1 \ s_4 \ s_2 \ s_3]^T$  や  $[s_4 \ s_2 \ s_3 \ s_1]^T$  というように適応的に順序が入れ替えられる。

10

【 0 0 8 5 】

このような制御が行われる場合には、各端末において空間多重の対象となっている受信アンテナで観測される等価的な伝搬路行列  $H_{eq}$  は、例えば、以下のように表される。

【 0 0 8 6 】

【数 8】

20

$$H_{eq} = \begin{pmatrix} b_{21} & b_{22} & a_{23} & \varepsilon_{24} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} & a_{34} \\ a_{11} & \varepsilon_{12} & \varepsilon_{13} & \varepsilon_{14} \\ b_{41} & a_{42} & \varepsilon_{43} & \varepsilon_{44} \end{pmatrix} \quad (8)$$

【 0 0 8 7 】

この時の送信信号ベクトルは、 $[s_1 \ s_4 \ s_2 \ s_3]^T$  となる。このような場合に、端末 2 で受信されるプリアンブルは  $[b_{21} \ b_{22} \ a_{23} \ \varepsilon_{24}]$  となり、プリアンブル # 1 ~ # 3 において高い電力で受信されることとなる。しかし、基地局において構成された伝搬路行列  $H$  では、端末 2 宛の伝搬路が 1 行目に配置されていることから、M M S E 合成して得られるデータ信号ベクトルの 1 番目の信号を復調する必要がある。このことから、高い電力で受信されるプリアンブルの数と、自身が復調すべき信号の位置は必ずしも一致しないこととなり、先に述べた手法は適用できないこととなる。

30

【 0 0 8 8 】

ここで、T H P M U M I M O 伝送が行われる場合には、各端末では式 ( 5 ) に示すような受信ウェイトを乗算する必要があるため、基地局から各端末へ行列  $F$  を通知しなければならない。但し、行列  $F$  が式 ( 8 ) に示す行列の  $b_{mk}$  以外の成分をゼロとしたもので表される。

【 0 0 8 9 】

【数 9】

40

$$F = \begin{pmatrix} b_{21} & b_{22} & 0 & 0 \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ b_{41} & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (9)$$

【 0 0 9 0 】

これより、各端末では、通知された行列  $F$  と、高い電力で受信されるプリアンブルの数

50



を併せて考慮することにより、自身が復調すべき信号の位置を把握することが可能となる。具体的には、各端末において高い電力で受信されるプリアンブル数から1を減算した数の非ゼロの要素を有する行ベクトルが、通知された行列Fの何行目となっているかを検出すればよい。例えば、端末2では3つのプリアンブルが高い電力で受信されるため、非ゼロの要素数が2となる行列Fの行番号を検出する。これは、式(9)の1行目であるため、基地局において構成された伝搬路行列Hでは、端末2宛の伝搬路が1行目に配置されているものと推定できる。したがって、端末2では、MMSE合成して得られるデータ信号ベクトルの1番目の信号を復調する処理ができる。同様に、プリアンブル#1のみが高い電力で受信される端末1では、非ゼロの要素数が0となる行列Fの行番号を検出する。これは、式(9)の3行目であるため、基地局において構成された伝搬路行列Hでは、端末1宛の伝搬路が3行目に配置されているものと推定できる。したがって、端末1では、MMSE合成して得られるデータ信号ベクトルの3番目の信号を復調する処理ができる。以上のような処理を行うことにより、各端末において空間多重の対象となっているアンテナにおける伝搬路の状態によって、送信する信号ベクトルを適応的に入れ替えるという処理が行われる場合にも、MMSE合成後のデータ信号ベクトルのうち、自身が復調すべき信号の位置を各端末が把握することが可能となる。

10

## 【0091】

また、本実施の形態においても、第一、第二の実施形態と同様に、式(4)や式(5)に示す行列で表される受信ウェイトではなく、その行列のいずれか一行で表されるベクトルを受信ウェイトとして用いる構成としてもよく、その場合に、いずれの行を用いるかを、受信したプリアンブルを基に判断してもよい。

20

## 【0092】

尚、以上の実施形態では、図1に示すように、各端末が有する複数の受信アンテナのうちのいずれかを空間多重の対象として、それらの対象となるアンテナで受信される信号に対するユーザ間干渉が抑圧されるように基地局で送信処理を行うMU-MIMOシステムを対象として説明を行ったが、基地局での空間多重処理方法に依らず、端末が複数の受信アンテナで受信された信号をMMSE合成して所望信号を得る受信処理を行う場合に本発明は適用可能である。

## 【0093】

また、本発明に関わる移動局装置および基地局装置で動作するプログラムは、本発明に関わる上記実施形態の機能を実現するように、CPU等を制御するプログラム(コンピュータを機能させるプログラム)である。そして、これら装置で取り扱われる情報は、その処理時に一時的にRAMに蓄積され、その後、各種ROMやHDDに格納され、必要に応じてCPUによって読み出し、修正・書き込みが行なわれる。プログラムを格納する記録媒体としては、半導体媒体(例えば、ROM、不揮発性メモリカード等)、光記録媒体(例えば、DVD、MO、MD、CD、BD等)、磁気記録媒体(例えば、磁気テープ、フレキシブルディスク等)等のいずれであってもよい。また、ロードしたプログラムを実行することにより、上述した実施形態の機能が実現されるだけでなく、そのプログラムの指示に基づき、オペレーティングシステムあるいは他のアプリケーションプログラム等と共同して処理することにより、本発明の機能が実現される場合もある。

30

40

## 【0094】

また市場に流通させる場合には、可搬型の記録媒体にプログラムを格納して流通させたり、インターネット等のネットワークを介して接続されたサーバコンピュータに転送したりすることができる。この場合、サーバコンピュータの記憶装置も本発明に含まれる。また、上述した実施形態における移動局装置および基地局装置の一部、または全部を典型的には集積回路であるLSIとして実現してもよい。移動局装置および基地局装置の各機能ブロックは個別にプロセッサ化してもよいし、一部、または全部を集積してプロセッサ化してもよい。また、集積回路化の手法はLSIに限らず専用回路、または汎用プロセッサで実現しても良い。また、半導体技術の進歩によりLSIに代替する集積回路化の技術が出現した場合、当該技術による集積回路を用いることも可能である。

50

## 【 0 0 9 5 】

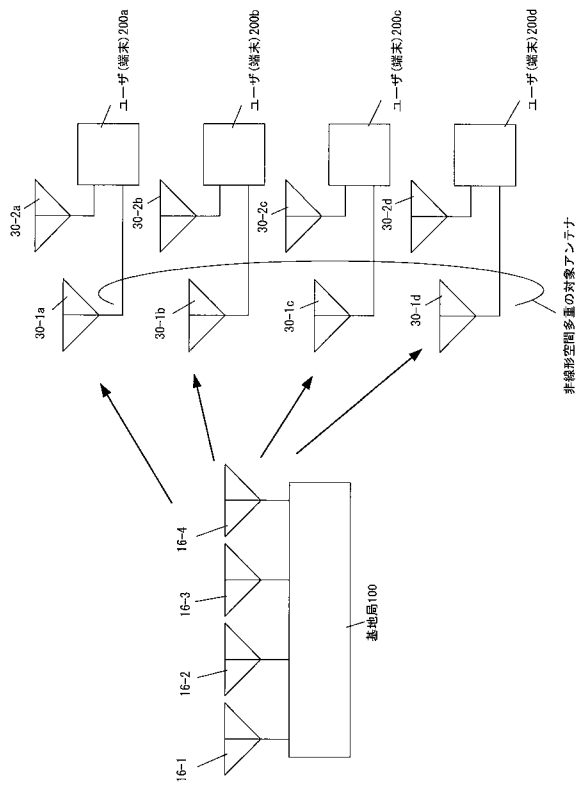
以上、この発明の実施形態を、図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の設計等も特許請求の範囲に含まれる。

## 【 符号の説明 】

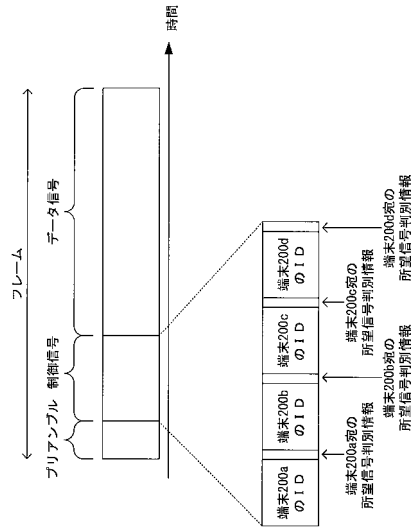
## 【 0 0 9 6 】

1 0	上位層	
1 1	変調部	
1 2 , 1 8	送信ウェイト乗算部	
1 3	信号多重部	10
1 4	D / A 部	
1 5	無線部	
1 6	送信アンテナ部	
1 7	プリアンプル生成部	
1 8	送信ウェイト乗算部	
1 9	送信ウェイト算出部	
2 0	受信部	
2 1	A / D 部	
2 2	無線部	
2 3	受信アンテナ部	20
3 0	受信アンテナ部	
3 1	無線部	
3 2	A / D 部	
3 3	信号分離部	
3 4	伝搬路推定部	
3 5	伝搬路補償部	
3 6	合成部	
3 7	復調部	
3 8	上位層	
3 9	送信部	30
4 0	D / A 部	
4 1	無線部	
4 2	送信アンテナ部	
1 0 0	基地局	
2 0 0	端末	

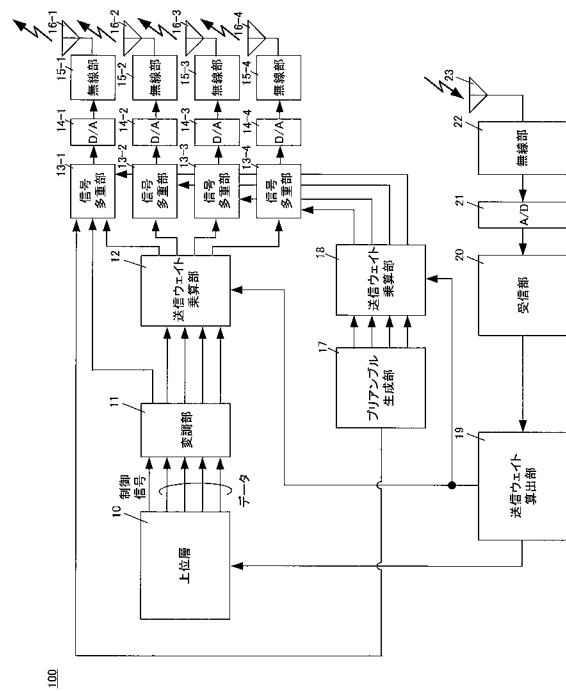
【図 1】



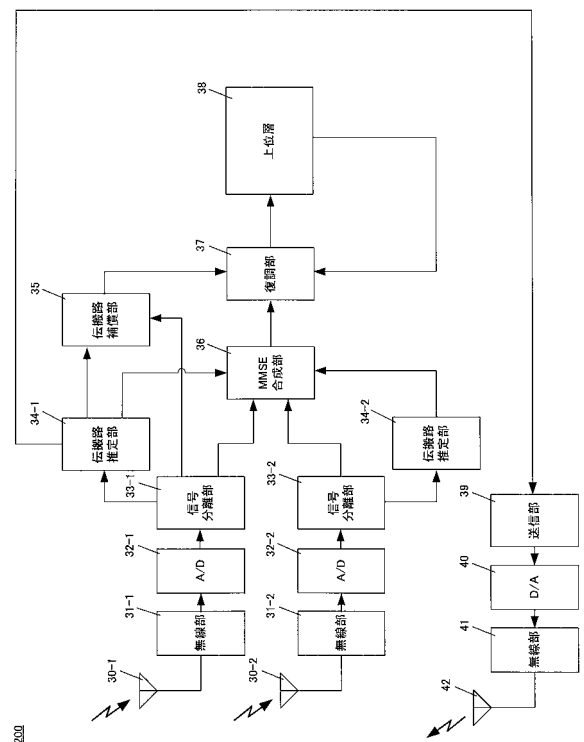
【図 2】



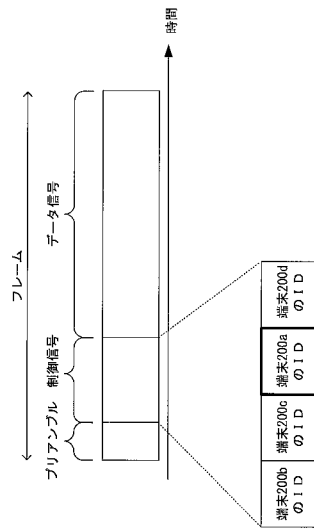
【図 3】



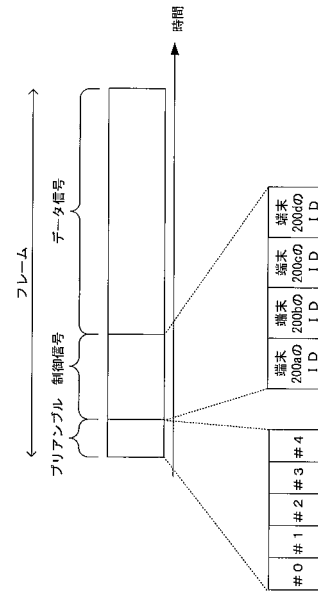
【図 4】



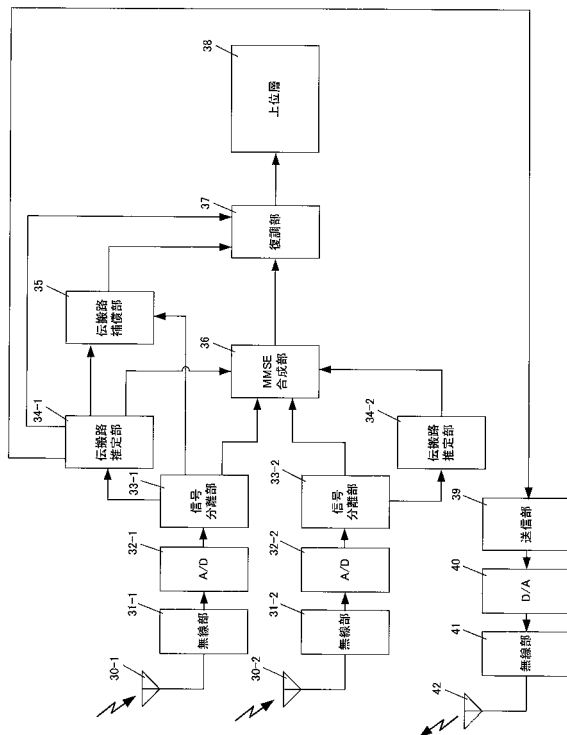
【図 5】



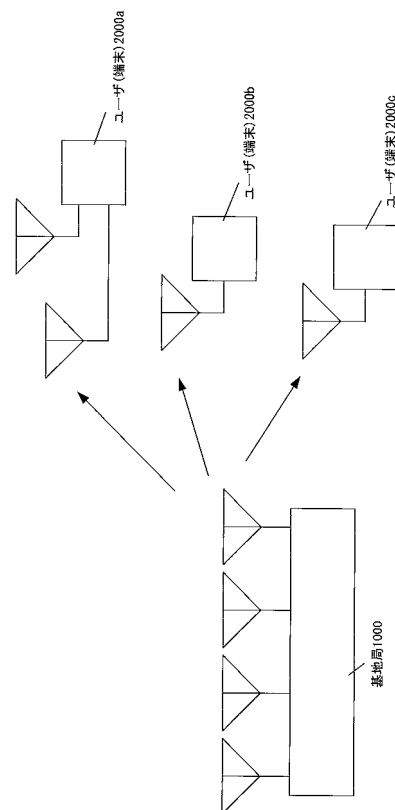
【図 6】



【図 7】



【図 8】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 小野寺 毅  
大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号 シャープ株式会社内
- (72)発明者 平田 梢  
大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号 シャープ株式会社内
- (72)発明者 中野 博史  
大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号 シャープ株式会社内
- (72)発明者 留場 宏道  
大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号 シャープ株式会社内
- (72)発明者 窪田 稔  
大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号 シャープ株式会社内

審査官 岡 裕之

- (56)参考文献 国際公開第2010/018690(WO,A1)  
国際公開第2009/013810(WO,A1)  
国際公開第2010/013751(WO,A1)  
Sameer Vermani, Interference Cancellation for Downlink MU-MIMO, IEEE 802.11-09/1234r1  
, 2010年 3月15日

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H04J 99/00  
H04B 7/04  
IEEE Explore  
CiNii