

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5723627号
(P5723627)

(45) 発行日 平成27年5月27日 (2015. 5. 27)

(24) 登録日 平成27年4月3日 (2015. 4. 3)

(51) Int. Cl.	F I
HO 4 J 99/00 (2009. 01)	HO 4 J 15/00
HO 4 B 7/04 (2006. 01)	HO 4 B 7/04
HO 4 W 16/28 (2009. 01)	HO 4 W 16/28 1 3 0

請求項の数 7 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2011-32549 (P2011-32549)	(73) 特許権者	000005049
(22) 出願日	平成23年2月17日 (2011. 2. 17)		シャープ株式会社
(65) 公開番号	特開2012-175189 (P2012-175189A)		大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
(43) 公開日	平成24年9月10日 (2012. 9. 10)	(74) 代理人	100114258
審査請求日	平成26年1月31日 (2014. 1. 31)		弁理士 福地 武雄
		(74) 代理人	100125391
			弁理士 白川 洋一
		(72) 発明者	小野寺 毅
			大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22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22番22号
			シャープ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線送信装置、無線受信装置、無線通信システム、制御プログラムおよび集積回路

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の送信アンテナを備え、複数の無線受信装置宛てのデータ信号に対して、それぞれプリコーディングを行ない、前記プリコーディング後の信号を空間多重して送信する無線送信装置であって、

前記プリコーディングに用いられる複数の第1の線形フィルタが複数のグループ毎に記載された第1のコードブックを記憶するコードブック記憶部と、

空間多重の対象とする複数の無線受信装置を選択し、選択した無線受信装置毎にそれぞれ異なる前記グループを選択するグループ選択部と、

前記選択した各グループをそれぞれの前記無線受信装置に通知する制御情報を生成する制御情報生成部と、を備えることを特徴とする無線送信装置。

10

【請求項 2】

前記無線受信装置から送信された無線信号の到来方向を推定する到来方向推定部を更に備え、

前記グループ選択部は、前記各無線受信装置から送信された無線信号の到来方向推定結果に基づいて、空間多重の対象とする複数の無線受信装置を選択することを特徴とする請求項1記載の無線送信装置。

【請求項 3】

前記コードブック記憶部は、複数の第2の線形フィルタが記載された第2のコードブックを記憶し、

20

前記第 1 および第 2 の線形フィルタを組み合わせた線形フィルタを用いて前記プリコーディングを行なうことを特徴とする請求項 1 記載の無線送信装置。

【請求項 4】

複数の送信アンテナを備え、複数の無線受信装置宛てのデータ信号に対して、それぞれプリコーディングを行ない、前記プリコーディング後の信号を空間多重して送信する無線送信装置から送信された無線信号を受信する無線受信装置であって、

前記プリコーディングに用いられる複数の第 1 の線形フィルタが複数のグループ毎に記載された第 1 のコードブックを記憶する受信側コードブック記憶部と、

前記無線送信装置から前記複数の無線受信装置毎にそれぞれ通知され、前記複数の無線受信装置毎にそれぞれ異なる前記グループのうちのいずれか一つを指定するグループ情報を取得する制御情報取得部と、

前記取得したグループ情報を記憶するグループ記憶部と、

前記記憶されたグループ情報が示すグループに属する前記第 1 の線形フィルタの中から、いずれか一つの第 1 の線形フィルタを選択する所望フィルタ算出部と、

前記選択した第 1 の線形フィルタの識別番号であるインデックスを前記無線送信装置に通知する通知情報を生成する通知情報生成部と、を備えることを特徴とする無線受信装置。

【請求項 5】

前記受信側コードブック記憶部は、複数の第 2 の線形フィルタが記載された第 2 のコードブックを記憶し、

前記所望フィルタ算出部は、いずれか一つの前記第 2 の線形フィルタを選択することを特徴とする請求項 4 記載の無線受信装置。

【請求項 6】

複数の送信アンテナを備えた無線送信装置に実装されることにより、前記無線送信装置に複数の機能を発揮させる集積回路であって、

複数の無線受信装置宛てのデータ信号に対して、それぞれプリコーディングを行ない、前記プリコーディング後の信号を空間多重して送信する機能と、

前記プリコーディングに用いられる複数の第 1 の線形フィルタが複数のグループ毎に記載された第 1 のコードブックを記憶する機能と、

空間多重の対象とする複数の無線受信装置を選択し、選択した無線受信装置毎にそれぞれ異なる前記グループを選択する機能と、

前記選択した各グループをそれぞれの前記無線受信装置に通知する制御情報を生成する機能と、の一連の機能を、前記無線送信装置に発揮させることを特徴とする集積回路。

【請求項 7】

無線受信装置に実装されることにより、前記無線受信装置に複数の機能を発揮させる集積回路であって、

複数の送信アンテナを備え、複数の無線受信装置宛てのデータ信号に対して、それぞれプリコーディングを行ない、前記プリコーディング後の信号を空間多重して送信する無線送信装置から送信された無線信号を受信する機能と、

前記プリコーディングに用いられる複数の第 1 の線形フィルタが複数のグループ毎に記載された第 1 のコードブックを記憶する機能と、

前記無線送信装置から前記複数の無線受信装置毎にそれぞれ通知され、前記複数の無線受信装置毎にそれぞれ異なる前記グループのうちのいずれか一つを指定するグループ情報を取得する機能と、

前記取得したグループ情報を記憶する機能と、

前記記憶されたグループ情報が示すグループに属する前記第 1 の線形フィルタの中から、いずれか一つの第 1 の線形フィルタを選択する機能と、

前記選択した第 1 の線形フィルタの識別番号であるインデックスを前記無線送信装置に通知する通知情報を生成する機能と、の一連の機能を、前記無線受信装置に発揮させることを特徴とする集積回路。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、移動通信技術に関し、特に、コードブックベースの閉ループ型マルチユーザ MIMO において、移動局装置の空間多重機会の向上および通知にかかるオーバーヘッド量を抑圧する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

第 3 . 9 世代無線伝送方式として 3rd Generation Partnership Project (3GPP) において標準化が進められた Long Term Evolution (LTE) では、第 3 世代無線伝送方式からの大幅な周波数利用効率の改善のために、複数の送受信アンテナを用いて無線伝送を行なう多入力多出力 (Multiple Input Multiple Output: MIMO) 技術が仕様化された。MIMO 技術の一つである空間多重 (Spatial Multiplexing: SM) 技術により、周波数帯域幅を拡大することなく、伝送速度の向上が実現できる。また、LTE の発展版である LTE-Advanced (LTE-A) が、第 4 世代無線伝送方式のひとつとして国際電気通信連合 無線通信部門 (International Telecommunication Union Radio communications Sector: ITU-R) より承認され、その標準化活動が活発に行なわれている。LTE-A では下りリンク (基地局装置 移動局装置) 伝送のピーク伝送速度 1 Gbps を達成するために、最大 8 ストリームを空間多重可能なシングルユーザ MIMO (Single User MIMO: SU-MIMO) が検討されている。SU-MIMO は複数送信アンテナを有する基地局装置と複数受信アンテナを有する単一移動局装置との MIMO 伝送である。

【0003】

MIMO 伝送は、送信装置で伝搬路情報 (Channel State Information: CSI) を要求する閉ループ型 MIMO 伝送と、CSI を必要としない開ループ型 MIMO 伝送とに大別され、閉ループ型 MIMO は開ループ型 MIMO よりも優れた周波数利用効率が達成できることが報告されている。しかし、上下リンクで異なる搬送波周波数を用いる周波数分割複信 (Frequency Division Duplex: FDD) に基づく無線通信システムの場合、基地局装置が CSI を取得するためには、移動局装置より CSI をフィードバックする必要がある、オーバーヘッドが大幅に増加してしまうという問題がある。

【0004】

そこで、LTE では、非特許文献 1 に記載されているように CSI の通知にかかるオーバーヘッド量を大幅に抑圧することができるコードブックベースの閉ループ型 MIMO 伝送がサポートされている。コードブックベースの閉ループ型 MIMO では、基地局装置と移動局装置の間で複数の線形フィルタが記載されたコードブックを予め共有しておき、移動局装置は所望の送信フィルタを前述のコードブックより抽出し、その番号 (インデックス) を基地局装置に通知する。基地局装置は、通知された線形フィルタに基づき、送信データに対してプリコーディングを行なったのち、MIMO 伝送を行なう。コードブックに基づき CSI を通知するため、CSI そのものを移動局装置が通知する方法と比較して、オーバーヘッドの量を大幅に抑圧することが可能である。

【0005】

しかし、コードブックベースの閉ループ型 MIMO 伝送において、基地局装置の送信アンテナ数が増加した場合にコードブックが大きくなってしまい、オーバーヘッド量が増加してしまうという問題がある。そこで、非特許文献 2 のように、2 種類のコードブックに記載された 2 つの線形フィルタ (W1、W2) を組み合わせた線形フィルタによりプリコーディングを行なうこととし、それぞれのコードブックから選択した線形フィルタのインデックスを異なる頻度で基地局装置へ通知することによって、時間平均的なオーバーヘッド量を抑圧する方法が提案されている。

【0006】

一方、同時接続する複数移動局装置を仮想的な大規模アンテナアレーとみなし、基地局

10

20

30

40

50

装置から各移動局装置への送信信号を空間多重させるマルチユーザMIMO (Multi-User MIMO:MU-MIMO) がLTEでサポートされており、これもまたコードブックベースによるものである。SU-MIMOと同様に、MU-MIMOでも、移動局装置はコードブックから所望の線形フィルタを基地局装置に通知し、基地局装置は複数の移動局装置より通知された線形フィルタに基づき、複数移動局装置宛のデータを空間多重して送信するMU-MIMOを行なうかどうかを決定する。

【0007】

また、移動局装置が基地局装置に対して、所望の線形フィルタに加えて、所望線形フィルタと空間多重するのに最も相性の良い線形フィルタを表すBest companion PMI (Precoding Matrix Indicator) も通知するBest companion PMIフィードバックという技術が非特許文献3などで議論されている。これは、基地局装置は複数の移動局装置より通知される所望線形フィルタとBest companion PMIを取得し、互いの所望線形フィルタが相手のBest companion PMIとなっている移動局装置同士を空間多重するという方法であり、純粋なコードブックベースMU-MIMOと比較して、空間多重機会を向上させることが可能である。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献1】3GPP R1-100501, NTT docomo, "Performance of DL MU-MIMO based on implicit feedback scheme in LTE-Advanced," Jan. 2010.

【非特許文献2】3GPP R1-105011, "Way Forward on 8Tx Codebook for Rel.10 DL MIMO," Aug. 2010.

【非特許文献3】3GPP R1-090051, Alcatel-Lucent, "UE PMI feedback signaling for user pairing/coordination," Jan. 2009.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、コードブックベースの閉ループ型MIMOでは、コードブック記載の線形フィルタ群からの所望線形フィルタの抽出を移動局装置が行なうため、コードブックのサイズが大きくなるに従い、移動局装置の複雑性を増加させてしまうという問題があった。すなわち、移動局装置が所望の送信フィルタを抽出するためには、コードブック記載の全ての線形フィルタについて受信品質（受信信号対雑音電力比（受信SNR）、受信信号対干渉および雑音電力比（受信SINR）、または通信容量（キャパシティ）等）を算出し、その結果を比較する必要があるため、移動局装置の負担が大きくなり、複雑性が増加してしまう。

【0010】

また、所望線形フィルタとは別の線形フィルタも更に通知することで、周波数利用効率を改善させることができるが、移動局装置からの通知にかかるオーバーヘッド量が増加してしまうという問題があった。すなわち、Best companion PMIを通知するためにオーバーヘッド量が増加してしまうという問題がある。

【0011】

さらに、いずれの場合もMU-MIMOにおいては、各移動局装置が選択して通知してきた所望線形フィルタが直交する組み合わせとなる場合にのみMU-MIMOによる多重が可能となるため、MU-MIMOによる空間多重機会が限定されてしまうという問題があった。すなわち、移動局装置がCSIそのものを通知していないコードブックベースのMU-MIMOでは、各移動局装置（ユーザ）から通知された線形フィルタの組み合わせにおいて、各ユーザ宛のストリーム間で生じるユーザ間干渉（Inter-User Interference: IUI）が十分小さくなる、すなわち通知された線形フィルタ同士が直交する、または直交に近い組み合わせを選択しなければならず、空間多重機会が限定されてしまうという問題があった。

【 0 0 1 2 】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、コードブックベースの閉ループ型MU-MIMOにおいて、移動局装置の複雑性の改善と、移動局装置からの通知にかかるオーバーヘッド量の抑圧、およびMU-MIMOによる空間多重機会の向上を実現する無線送信装置、無線受信装置、無線通信システム、制御プログラムおよび集積回路を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 3 】

(1) 上記の目的を達成するために、本発明は、以下のような手段を講じた。すなわち、本発明の無線送信装置は、複数の送信アンテナを備え、複数の無線受信装置宛てのデータ信号に対して、それぞれプリコーディングを行ない、前記プリコーディング後の信号を空間多重して送信する無線送信装置であって、前記プリコーディングに用いられる複数の第1の線形フィルタが複数のグループ毎に記載された第1のコードブックを記憶するコードブック記憶部と、空間多重の対象とする複数の無線受信装置を選択し、選択した無線受信装置毎にそれぞれ異なる前記グループを選択するグループ選択部と、前記選択した各グループをそれぞれの前記無線受信装置に通知する制御情報を生成する制御情報生成部と、を備えることを特徴とする。

10

【 0 0 1 4 】

このように、無線送信装置が、空間多重の対象とする複数の無線受信装置を選択し、それぞれに対して異なる前記グループを選択するので、無線受信装置が所望線形フィルタを算出する際の候補数を削減することが可能となる。その結果、無線受信装置における所望線形フィルタの算出に必要な演算量が削減でき、さらに所望線形フィルタのインデックスを無線送信装置へ通知するためのオーバーヘッド量を削減することができる。

20

【 0 0 1 5 】

(2) また、本発明の無線送信装置は、前記無線受信装置から送信された無線信号の到来方向を推定する到来方向推定部を更に備え、前記グループ選択部は、前記各無線受信装置から送信された無線信号の到来方向推定結果に基づいて、空間多重の対象とする複数の無線受信装置を選択することを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

このように、無線送信装置が、複数の無線受信装置の到来方向推定結果に基づいて、空間多重の対象とする複数の無線受信装置を選択するので、より直交性が高く、高いMU-MIMO伝送効率が得られる無線受信装置の組を選択することが可能となる。

30

【 0 0 1 7 】

(3) また、本発明の無線送信装置において、前記コードブック記憶部は、複数の第2の線形フィルタが記載された第2のコードブックを記憶し、前記第1および第2の線形フィルタを組み合わせた線形フィルタを用いて前記プリコーディングを行なうことを特徴とする。

【 0 0 1 8 】

このように、無線送信装置が複数の第2の線形フィルタが記載された第2のコードブックをさらに記憶するので、第1のコードブックおよび第2のコードブックの2種類のコードブックにそれぞれ記載された2つの線形フィルタを組み合わせた線形フィルタによりプリコーディングを行なうことができる。これにより、コードブックベースの閉ループ型MU-MIMOにおいて、無線受信装置が第1のコードブックの所望線形フィルタを算出する際の候補数を削減することが可能となり、また、無線受信装置における所望線形フィルタの算出に必要な演算量が削減でき、さらに所望線形フィルタのインデックスを無線送信装置へ通知するためのオーバーヘッド量を削減することができる。

40

【 0 0 1 9 】

(4) また、本発明の無線送信装置は、複数の送信アンテナを備え、複数の無線受信装置宛てのデータ信号に対して、それぞれプリコーディングを行ない、前記プリコーディング後の信号を空間多重して送信する無線送信装置であって、前記プリコーディングに用い

50

られる複数の第1の線形フィルタが複数のグループ毎に記載された第1のコードブックを記憶するコードブック記憶部と、前記各無線受信装置の個別識別番号に基づいて、前記無線受信装置毎に前記グループを決定し、前記決定したグループが異なる複数の前記無線受信装置を空間多重の対象として選択するユーザ選択部と、を備えることを特徴とする。

【0020】

このように、無線送信装置が、無線受信装置の個別識別番号に基づいて、各無線受信装置に対するグループを決定し、決定したグループが異なる複数の無線受信装置を空間多重の対象として選択するので、無線送信装置から無線受信装置へコードブックグループを通知する必要がなく、下りリンクの通知情報量を削減することができる。

【0021】

(5)また、本発明の無線送信装置において、前記第1のコードブックには、相互に異なるグループ間で直交する関係となるように複数のグループに分類された複数の前記第1の線形フィルタが記載されていることを特徴とする。

【0022】

このように、第1のコードブックには、相互に異なるグループ間で直交する関係となるように複数のグループ分類された複数の前記第1の線形フィルタが記載されているので、無線受信装置は、IUIが十分小さな状態でMU-MIMOによる多重が可能となる。これにより、MU-MIMOによる空間多重機会が増大し、周波数利用効率を向上することができる。

【0023】

(6)また、本発明の無線受信装置は、複数の送信アンテナを備え、複数の無線受信装置宛てのデータ信号に対して、それぞれプリコーディングを行ない、前記プリコーディング後の信号を空間多重して送信する無線送信装置から送信された無線信号を受信する無線受信装置であって、前記プリコーディングに用いられる複数の第1の線形フィルタが複数のグループ毎に記載された第1のコードブックを記憶する受信側コードブック記憶部と、前記無線送信装置から通知された前記グループのうちのいずれか一つを指定するグループ情報を取得する制御情報取得部と、前記取得したグループ情報を記憶するグループ記憶部と、前記記憶されたグループ情報が示すグループに属する前記第1の線形フィルタの中から、いずれか一つの第1の線形フィルタを選択する所望フィルタ算出部と、前記選択した第1の線形フィルタの識別番号であるインデックスを前記無線送信装置に通知する通知情報

【0024】

このように、無線受信装置が、無線送信装置から通知されたグループのうち1つを指定するグループ情報を取得し、取得したグループ情報を記憶し、記憶されたグループ情報が示すグループに属する第1の線形フィルタの中から1つを選択するので、無線受信装置が所望線形フィルタを算出する際の候補数を削減することが可能となる。その結果、無線受信装置における所望線形フィルタの算出に必要な演算量が削減でき、さらに所望線形フィルタのインデックスを無線送信装置へ通知するためのオーバーヘッド量を削減することができる。

【0025】

(7)また、本発明の無線受信装置は、前記受信側コードブック記憶部は、複数の第2の線形フィルタが記載された第2のコードブックを記憶し、前記所望フィルタ算出部は、いずれか一つの前記第2の線形フィルタを選択することを特徴とする。

【0026】

このように、無線受信装置が、さらに、第2の線形フィルタの中から1つを選択するので、第1のコードブックおよび第2のコードブックの2種類のコードブックにそれぞれ記載された2つの線形フィルタを組み合わせた線形フィルタによりプリコーディングを行なうことができる。これにより、コードブックベースの閉ループ型MU-MIMOにおいて、無線受信装置が第1のコードブックの所望線形フィルタを算出する際の候補数を削減することが可能となり、また、無線受信装置における所望線形フィルタの算出に必要な演算

10

20

30

40

50

量が削減でき、さらに所望線形フィルタのインデックスを無線送信装置へ通知するためのオーバーヘッド量を削減することができる。

【0027】

(8) また、本発明の無線受信装置は、複数の送信アンテナを備え、複数の無線受信装置宛てのデータ信号に対して、それぞれプリコーディングを行ない、前記プリコーディング後の信号を空間多重して送信する無線送信装置から送信された無線信号を受信する無線受信装置であって、前記プリコーディングに用いられる複数の第1の線形フィルタが複数のグループ毎に記載された第1のコードブックを記憶する受信側コードブック記憶部と、自装置の個別識別番号を記憶する識別番号記憶部と、前記記憶された個別識別番号に基づいて、前記グループのうちのいずれか一つを選択し、前記選択したグループに属する前記第1の線形フィルタのうちいずれか一つの第1の線形フィルタを選択する所望フィルタ算出部と、前記選択した第1の線形フィルタの識別番号であるインデックスを前記無線送信装置に通知する通知情報を生成する通知情報生成部と、を備えることを特徴とする。

10

【0028】

このように、無線受信装置が、記憶された個別識別番号に基づいてグループのうちの1つを選択し、選択したグループに属する第1の線形フィルタの中から1つを選択するので、無線送信装置から無線受信装置へコードブックグループを通知する必要がなく、下りリンクの通知情報量を削減することができる。

【0029】

(9) また、本発明の無線通信システムは、複数の無線受信装置と、複数の送信アンテナを備え、前記複数の無線受信装置宛てのデータ信号に対して、それぞれプリコーディングを行ない、前記プリコーディング後の信号を空間多重して送信する無線送信装置と、から構成される無線通信システムであって、前記各無線受信装置は、前記プリコーディングに用いられる複数の第1の線形フィルタが複数のグループ毎に記載された第1のコードブックのうち、それぞれ異なる前記グループからいずれか一つの前記第1の線形フィルタを選択し、その第1の線形フィルタの識別番号であるインデックスを前記無線送信装置に通知し、前記無線送信装置は、前記各無線受信装置からそれぞれ通知された各インデックスで表わされる前記各第1の線形フィルタに基づいて、前記プリコーディングを行なうことを特徴とする。

20

【0030】

このように、複数の無線受信装置が、それぞれ異なる前記グループから1つの第1の線形フィルタを選択して、その識別番号であるインデックスを無線送信装置にそれぞれ通知するので、無線受信装置が所望線形フィルタを算出する際の候補数を削減することが可能となる。その結果、無線受信装置における所望線形フィルタの算出に必要な演算量が削減でき、さらに所望線形フィルタのインデックスを無線送信装置へ通知するためのオーバーヘッド量を削減することができる。

30

【0031】

(10) また、本発明の無線通信システムにおいて、前記無線送信装置は、前記各無線受信装置に対して、それぞれ異なる前記グループを選択し、前記選択した各グループをそれぞれの前記無線受信装置に通知し、前記各無線受信装置は、前記無線送信装置から通知された前記グループから、いずれか一つの第1の線形フィルタを選択することを特徴とする。

40

【0032】

このように、各無線受信装置が、無線送信装置より通知された前記グループから1つの第1の線形フィルタを選択するので、無線受信装置が所望線形フィルタを算出する際の候補数を削減することが可能となる。その結果、無線受信装置における所望線形フィルタの算出に必要な演算量が削減でき、さらに所望線形フィルタのインデックスを無線送信装置へ通知するためのオーバーヘッド量を削減することができる。

【0033】

(11) また、本発明の無線通信システムにおいて、前記各無線受信装置は、自装置に

50

対して割り当てられた個別識別番号に基づいて、前記複数のグループのうちいずれか一つのグループを選択し、前記選択したグループからいずれか一つの第1の線形フィルタを選択することを特徴とする。

【0034】

このように、各無線受信装置は、それぞれに対して割り振られた個別識別番号に基づいてグループから1つのグループを選択し、選択したグループから1つの第1の線形フィルタを選択するので、無線送信装置から無線受信装置へコードブックグループを通知する必要がなく、下りリンクの通知情報量を削減することができる。

【0035】

(12) また、本発明の無線通信システムにおいて、前記各無線受信装置は、複数の第2の線形フィルタが記載された第2のコードブックのうち、いずれか一つの第2の線形フィルタを選択し、その選択した第2の線形フィルタの識別番号であるインデックスを前記無線送信装置に通知し、前記無線送信装置は、前記各無線受信装置からそれぞれ通知された各インデックスで表わされる前記第1および第2の線形フィルタを組み合わせた線形フィルタを用いて前記プリコーディングを行なうことを特徴とする。

10

【0036】

このように、複数の無線受信装置が、さらに、それぞれ第2のコードブックから1つの第2の線形フィルタを選択して、その識別番号であるインデックスを無線送信装置にそれぞれ通知するので、第1のコードブックおよび第2のコードブックの2種類のコードブックにそれぞれ記載された2つの線形フィルタを組み合わせた線形フィルタによりプリコーディングを行なうことができる。これにより、コードブックベースの閉ループ型MU-MIMOにおいて、無線受信装置が第1のコードブックの所望線形フィルタを算出する際の候補数を削減することが可能となり、また、無線受信装置における所望線形フィルタの算出に必要な演算量が削減でき、さらに所望線形フィルタのインデックスを無線送信装置へ通知するためのオーバーヘッド量を削減することができる。

20

【0037】

(13) また、本発明の制御プログラムは、複数の送信アンテナを備え、複数の無線受信装置宛てのデータ信号に対して、それぞれプリコーディングを行ない、前記プリコーディング後の信号を空間多重して送信する無線送信装置の制御プログラムであって、前記プリコーディングに用いられる複数の第1の線形フィルタが複数のグループ毎に記載された第1のコードブックを記憶する処理と、空間多重の対象とする複数の無線受信装置を選択し、選択した無線受信装置毎にそれぞれ異なる前記グループを選択する処理と、前記選択した各グループをそれぞれの前記無線受信装置に通知する制御情報を生成する処理と、の一連の処理を、コンピュータに実行させることを特徴とする。

30

【0038】

このように、無線送信装置が、空間多重の対象とする複数の無線受信装置を選択し、それぞれに対して異なる前記グループを選択するので、無線受信装置が所望線形フィルタを算出する際の候補数を削減することが可能となる。その結果、無線受信装置における所望線形フィルタの算出に必要な演算量が削減でき、さらに所望線形フィルタのインデックスを無線送信装置へ通知するためのオーバーヘッド量を削減することができる。

40

【0039】

(14) また、本発明の制御プログラムは、複数の送信アンテナを備え、複数の無線受信装置宛てのデータ信号に対して、それぞれプリコーディングを行ない、前記プリコーディング後の信号を空間多重して送信する無線送信装置から送信された無線信号を受信する無線受信装置の制御プログラムであって、前記プリコーディングに用いられる複数の第1の線形フィルタが複数のグループ毎に記載された第1のコードブックを記憶する処理と、前記無線送信装置から通知された前記グループのうちのいずれか一つを指定するグループ情報を取得する処理と、前記取得したグループ情報を記憶する処理と、前記記憶されたグループ情報が示すグループに属する前記第1の線形フィルタの中から、いずれか一つの第1の線形フィルタを選択する処理と、前記選択した第1の線形フィルタの識別番号である

50

インデックスを前記無線送信装置に通知する通知情報を生成する処理と、の一連の処理を、コンピュータに実行させることを特徴とする。

【 0 0 4 0 】

このように、無線受信装置が、無線送信装置から通知されたグループのうち1つを指定するグループ情報を取得し、取得したグループ情報を記憶し、記憶されたグループ情報が示すグループに属する第1の線形フィルタの中から1つを選択するので、無線受信装置が所望線形フィルタを算出する際の候補数を削減することが可能となる。その結果、無線受信装置における所望線形フィルタの算出に必要な演算量が削減でき、さらに所望線形フィルタのインデックスを無線送信装置へ通知するためのオーバーヘッド量を削減することができる。

10

【 0 0 4 1 】

(15) また、本発明の集積回路は、複数の送信アンテナを備えた無線送信装置に実装されることにより、前記無線送信装置に複数の機能を発揮させる集積回路であって、複数の無線受信装置宛てのデータ信号に対して、それぞれプリコーディングを行ない、前記プリコーディング後の信号を空間多重して送信する機能と、前記プリコーディングに用いられる複数の第1の線形フィルタが複数のグループ毎に記載された第1のコードブックを記憶する機能と、空間多重の対象とする複数の無線受信装置を選択し、選択した無線受信装置毎にそれぞれ異なる前記グループを選択する機能と、前記選択した各グループをそれぞれの前記無線受信装置に通知する制御情報を生成する機能と、の一連の機能を、前記無線送信装置に発揮させることを特徴とする。

20

【 0 0 4 2 】

このように、無線送信装置が、空間多重の対象とする複数の無線受信装置を選択し、それぞれに対して異なる前記グループを選択するので、無線受信装置が所望線形フィルタを算出する際の候補数を削減することが可能となる。その結果、無線受信装置における所望線形フィルタの算出に必要な演算量が削減でき、さらに所望線形フィルタのインデックスを無線送信装置へ通知するためのオーバーヘッド量を削減することができる。

【 0 0 4 3 】

(16) また、本発明の集積回路は、無線受信装置に実装されることにより、前記無線受信装置に複数の機能を発揮させる集積回路であって、複数の送信アンテナを備え、複数の無線受信装置宛てのデータ信号に対して、それぞれプリコーディングを行ない、前記プリコーディング後の信号を空間多重して送信する無線送信装置から送信された無線信号を受信する機能と、前記プリコーディングに用いられる複数の第1の線形フィルタが複数のグループ毎に記載された第1のコードブックを記憶する機能と、前記無線送信装置から通知された前記グループのうちのいずれか一つを指定するグループ情報を取得する機能と、前記取得したグループ情報を記憶する機能と、前記記憶されたグループ情報が示すグループに属する前記第1の線形フィルタの中から、いずれか一つの第1の線形フィルタを選択する機能と、前記選択した第1の線形フィルタの識別番号であるインデックスを前記無線送信装置に通知する通知情報を生成する機能と、の一連の機能を、前記無線受信装置に発揮させることを特徴とする。

30

【 0 0 4 4 】

このように、無線受信装置が、無線送信装置から通知されたグループのうち1つを指定するグループ情報を取得し、取得したグループ情報を記憶し、記憶されたグループ情報が示すグループに属する第1の線形フィルタの中から1つを選択するので、無線受信装置が所望線形フィルタを算出する際の候補数を削減することが可能となる。その結果、無線受信装置における所望線形フィルタの算出に必要な演算量が削減でき、さらに所望線形フィルタのインデックスを無線送信装置へ通知するためのオーバーヘッド量を削減することができる。

40

【発明の効果】

【 0 0 4 5 】

本発明によれば、コードブックベースの閉ループ型MU-MIMOにおいて、移動局装

50

置の空間多重機会を向上することができ、さらに移動局装置においてコードブック記載の線形フィルタ群からの所望線形フィルタを抽出するための演算量の低減と、移動局装置からの通知にかかるオーバーヘッド量を抑圧することができる。

【図面の簡単な説明】

【0046】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る基地局装置の一構成例を示す機能ブロック図である。

【図2】本発明の第1の実施形態に係る移動局装置の一構成例を示す機能ブロック図である。

【図3】本発明の第1の実施形態に係る基地局装置と複数 ($U = 2$ 個) の移動局装置との間の処理手順の例を示すシーケンスチャートである。

10

【図4】本発明の第2の実施形態に係る基地局装置の一構成例を示す機能ブロック図である。

【図5】本発明の第2の実施形態に係る基地局装置と複数 ($U = 2$ 個) の移動局装置との間の処理手順の例を示すシーケンスチャートである。

【図6】本発明の第3の実施形態に係る基地局装置の一構成例を示す機能ブロック図である。

【図7】本発明の第3の実施形態に係る移動局装置の一構成例を示す機能ブロック図である。

【図8】本発明の第3の実施形態に係る基地局装置と複数 ($U = 2$ 個) の移動局装置との間の処理手順の例を示すシーケンスチャートである。

20

【図9】本発明の第4の実施形態に係る基地局装置と複数 ($U = 2$ 個) の移動局装置との間の処理手順の例を示すシーケンスチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0047】

本発明による各実施形態では、 N_t 本の送信アンテナを有する基地局装置 (送信装置とも呼ぶ) に対して、 N_r 本の受信アンテナを有する複数の移動局装置 (受信装置、移動端末とも呼ぶ) が接続している通信を対象とする。そして、同一無線リソースにおいて最大 $U = 2$ 局の移動局装置が空間多重される MU-MIMO 伝送を対象とする。ただし、 N_t

$R \times U$ (R は後述するランク数) が満たされる限りの数だけの空間多重を行なうことができるため、同一無線リソースにおいて空間多重される移動局装置数は2に限ったものではない。また、以下の説明では、簡単のため、各移動局装置には1データストリームだけを通信している状況を想定しているが、各移動局装置が有する受信アンテナ数だけのデータストリームを同時に伝送することも可能である。また、各移動局装置が有する受信アンテナ数はそれぞれ異なる数でも良く、もちろん各移動局装置に送信するデータストリーム数も異なっていて良い。以下では、移動局装置あたりに基地局装置が送信しているデータストリーム数のことをランク数と呼び、 R 個のデータストリームを伝送している場合には、ランク R の伝送を行なっていると呼ぶこととする。

30

【0048】

具体的な実施形態の説明の前に、コードブックベースの閉ループ型 MU-MIMO の信号処理についてその概要を説明する。はじめに、基地局装置は、接続している複数の移動局装置に対して、既知の参照信号系列を送信する。次いで、移動局装置は受信された既知参照信号系列に基づき、伝搬路推定を行なう。推定された伝搬路情報に基づき、移動局装置は自局に最も望ましい線形フィルタを既知のコードブックより抽出し、その線形フィルタの番号 (インデックス) を基地局装置に通知する。基地局装置は、各移動局装置の所望の線形フィルタを取得し、その情報に基づき、各移動局装置宛の送信データに対して、送信符号化 (プリコーディング) を施す。プリコーディング後のデータを同一無線リソースに空間多重して、接続されている複数の移動局装置宛に送信する。複数移動局装置宛のデータが空間多重された信号を受信した移動局装置では、前述の伝搬路情報等に基づき、自局の所望データを検出する。

40

50

【 0 0 4 9 】

移動局装置では、自局に対して最も望ましい線形フィルタをコードブックより抽出する必要がある。コードブックは基地局装置が有する送信アンテナ数や、各移動局装置への送信ランク数に応じて規定される。コードブックのサイズ、すなわち記載線形フィルタ数を C とし、記載線形フィルタを $\{c_j; j = 1, \dots, C\}$ と定義する。第 u の移動局装置と基地局装置間の伝搬路行列を H_u 、第 u ユーザが所望する線形フィルタを w_u とすると、第 u の移動局装置が基地局装置に通知する線形フィルタは次式を満たすものとなる。

【 0 0 5 0 】

【数 1】

$$w_u = \arg \max_{c_j; j=1, \dots, C} \left(\|H_u c_j\|^2 \right) \quad \dots (1)$$

10

ここで、 $\|a\|$ はベクトル a のノルム演算を表す。また、 $\arg \max_x (f(x))$ は評価関数 $f(x)$ を最大とする x を選択する関数であるから、式 (1) の場合、 $\|H_u \times c_j\|^2$ を最大とする c_j をコードブック記載の線形フィルタ群から抽出し、それを基地局装置に通知する所望線形フィルタ w_u とすることを意味している。なお、 $\|H_u \times c_j\|^2$ を最大とすることは、受信信号対雑音電力比 (SNR) を最大とすることを意味している。なお、受信 SNR の代わりに、受信信号対干渉および雑音電力比 (SINR) や、通信容量を最大とするような線形フィルタを抽出するようにしても良い。

20

【 0 0 5 1 】

本発明の各実施形態では、コードブック記載の線形フィルタ群 $\{c_j; j = 1 \sim C\}$ を、グループ間で互いに直交するような複数のグループ (サブセット) に分類する (以下、このグループをコードブックグループと呼ぶ)。なお、簡単のため、以下の各実施形態では、 $N_t = 2$ 、 $N_r = 1$ 、 $U = 2$ の場合を例として説明する。以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

30

【 0 0 5 2 】

(第 1 の実施形態)

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係る基地局装置の一構成例を示す機能ブロック図である。コードブック記憶部 101 は、プリコーディングに用いる複数の線形フィルタを、異なるグループ間で直交する関係となるように複数のグループに分類して、それぞれの識別番号 (インデックス) とともに記憶する。なお、各線形フィルタの識別番号として、コードブック全体の中の識別番号の他に、グループ内での識別番号を備えることが好ましい。グループ選択部 103 は、当該基地局装置と接続状態にある複数の移動局装置から、MU-MIMO 伝送での空間多重の対象とする移動局装置を $U (= 2)$ 個選択し (第 1 の移動局装置と第 2 の移動局装置)、選択した移動局装置に対して互いに直交関係にあるコードブックグループを選択する。

40

【 0 0 5 3 】

制御情報生成部 105 は、グループ選択部 103 で選択した各移動局装置に対するコードブックグループをそれぞれの移動局装置に通知するコードブックグループ情報を含む制御情報を生成し、第 1 無線部 107-1 または第 2 無線部 107-2、またはその両方の無線送信部 109 およびアンテナ部 111 を通じて各移動局装置に送信する。通知情報取得部 113 は、第 1 無線部 107-1 または第 2 無線部 107-2、またはその両方のアンテナ部 111 および無線受信部 115 を通じて各移動局装置からの通知情報を受信し、各移動局装置が選択した線形フィルタのインデックスを取得する。

【 0 0 5 4 】

50

フィルタ算出部 117 では、通知情報取得部 113 で取得した線形フィルタのインデックスに基づいて、コードブック記憶部 101 に記憶されたコードブックから各移動局装置の所望の線形フィルタ w_1 (第1の移動局装置) および w_2 (第2の移動局装置) を求め、プリコーディング部で MU-MIMO 信号を生成するために用いる線形フィルタ W_{eff} を算出する。具体的には以下のように求める。まず $\{w_1, w_2\}$ より、各移動局装置と基地局装置間の見掛け上の伝搬路行列 H_{eff} を次式のように定義する。

【0055】

【数2】

$$H_{eff} = \begin{pmatrix} w_1^H \\ w_2^H \end{pmatrix} \dots \quad (2)$$

10

見掛け上の伝搬路行列 H_{eff} は各移動局装置から通知された線形フィルタ (ここでは w_1 と w_2) にエルミート転置を与えることで得られる行ベクトルを行方向に結合することにより得ることができる。ここでは、同時空間多重移動局装置数を 2 としているが、空間多重数が 3 以上となった場合も、同様に伝搬路行列 H_{eff} を定義できる。

20

【0056】

式 (2) で与えられる伝搬路行列 H_{eff} より、プリコーディング部で用いる線形フィルタ W_{eff} を生成する。本実施形態で用いる線形フィルタ W_{eff} は伝搬路行列 H_{eff} を対角行列に変換する行列とし、そのような行列は、 H_{eff} の一般逆行列を求めることにより、生成することができる。

【0057】

【数3】

$$W_{eff} = H_{eff}^+ = H_{eff}^H \left(H_{eff} H_{eff}^H \right)^{-1} \dots \quad (3)$$

30

ここで A^+ は行列 A の一般逆行列を表す。式 (3) で表される線形フィルタは移動局装置にて観測される雑音電力が無いと仮定した場合に、ZFC (ZF) 規範に基づいている。ZF 規範ではなく、受信信号と送信信号との平均二乗誤差を最小にする Minimum mean square error (MMSE) 規範や、ある移動局装置宛の送信信号が他移動局装置に与える与干渉電力 (Leakage power) を最小とする Signal-to-leakage power ratio (SLR) 規範や、所望信号電力と与干渉 + 受信雑音電力の比を最大とする Signal-to-leakage plus noise power ratio (SLNR) 規範に基づいて線形フィルタを生成しても良い。

40

【0058】

第1符号化部 119-1 および第2符号化部 119-2 は、それぞれ第1の移動局装置宛のデータ系列、第2の移動局装置宛のデータ系列に対して、誤り訂正符号化を施す。第1変調部 121-1 および第2変調部 121-2 は、誤り訂正符号化された第1の移動局装置宛のデータ系列 d_1 および第2の移動局装置宛のデータ系列 d_2 に対してそれぞれ変調を施し、変調シンボル系列 s_1 および s_2 を生成する。第1参照信号多重部 123-1 および第2参照信号多重部 123-2 は、変調シンボル系列に既知の参照信号系列を多重 (挿入) する。なお、第1参照信号多重部 123-1 で多重される参照信号系列と、第2参照信号多重部 123-2 で多重される参照信号系列は、受信時に分離されている必要がある

50

ため、互いに直交するような系列または多重方法（時間分割多重、周波数分割多重など）を用いて多重される。また、基地局装置と移動局装置との間の伝搬路を推定するために用いられる参照信号系列については、後続のプリコーディング部 125 においてプリコーディング処理の対象外とすることが好ましい。

【0059】

プリコーディング部 125 は、フィルタ算出部 117 で算出した線形フィルタ W_{eff} を（参照信号が多重された）変調シンボルベクトル $s = [s_1 \ s_2]^T$ に乗算し、MU-MIMO 信号を生成する。なお上付添え字の T は転置を示す。第 1 無線部 107-1 および第 2 無線部 107-2 は、プリコーディング部 125 で生成された MU-MIMO 信号を、それぞれ無線送信部 109 およびアンテナ部 111 を通じて送信する。

10

【0060】

図 2 は、本発明の第 1 の実施形態に係る移動局装置の一構成例を示す機能ブロック図である。制御情報取得部 201 は、無線部 203 のアンテナ部 205 および無線受信部 207 を通じて、基地局装置からの制御情報を受信し、コードブックグループ情報を取得する。グループ記憶部 209 は、制御情報取得部 201 で取得したコードブックグループ情報を記憶する。参照信号分離部 211 は、無線部 203 のアンテナ部 205 および無線受信部 207 を通じて受信した受信信号を、受信参照信号と受信データ信号とに分離する。伝搬路推定部 213 は、参照信号分離部 211 で分離・抽出された受信参照信号に基づいて、基地局装置の各アンテナと自移動局装置のアンテナとの間の伝搬路の状態を推定する。

【0061】

20

所望フィルタ算出部 215 は、コードブック記憶部 217 に記憶されたコードブックを参照して、グループ記憶部 209 に記憶されているコードブックグループ情報が示すコードブックグループに含まれる線形フィルタの中から、伝搬路推定結果を用いて式（1）の基準で所望線形フィルタを算出（選択）し、そのインデックスを出力する。なお、コードブックグループが指定されていることによって、選択可能な線形フィルタの候補数が削減されているため、移動局装置において所望線形フィルタを算出するために必要な演算量が削減される。

【0062】

通知情報生成部 219 は、所望フィルタ算出部 215 が出力した、所望線形フィルタのインデックスを基地局装置に通知するための通知情報を生成し、無線部 203 の無線送信部 221 およびアンテナ部 205 を通じて基地局装置へ送信する。なお、コードブックグループを指定されたことによって、選択可能な線形フィルタの候補数が削減されているため、所望線形フィルタのインデックスを表現するために必要となる通知情報量（ビット数）が削減され、オーバーヘッド量が削減されている。伝搬路補償部 223 は、伝搬路推定結果に基づいて、参照信号分離部 211 で分離・抽出された受信データ信号に対して伝搬路補償（伝搬路等化）を行なう。また、伝搬路補償部 223 では、所望フィルタ算出部 215 で選択した所望線形フィルタと伝搬路推定結果とに基づいて受信フィルタを算出し、受信信号に対して乗算しても良い。復調部 225 は、伝搬路補償された受信データ信号に対して復調処理を施し、受信符号化データ系列を出力する。復号化部 227 は、受信符号化データ信号に対して誤り訂正復号化を施し、受信データ系列（送信データ系列の推定値）を出力する。

30

40

【0063】

図 3 は、本発明の第 1 の実施形態に係る基地局装置と複数（ $U = 2$ 個）の移動局装置との間の処理手順の例を示すシーケンスチャートである。まず基地局装置は、MU-MIMO 伝送での空間多重の対象とする移動局装置として、第 1 の移動局装置と第 2 の移動局装置の 2 つを選択し（ステップ S101）、それぞれに対して互いに直交関係にある異なるコードブックグループを選択し、それぞれ通知する（ステップ S102）。次に、基地局装置は、既知の参照信号を送信する（ステップ S103）。各移動局装置は、上記参照信号の受信結果に基づいて、基地局装置との間の伝搬路の状態を推定する（ステップ S104）。各移動局装置は、それぞれの伝搬路推定結果に基づいて、通知されたコードブック

50

グループに属する線形フィルタのうちで自局に最も望ましい線形フィルタを選択し（ステップS105）、そのインデックスを基地局装置へ通知する（ステップS106）。

【0064】

基地局装置では、各移動局装置から通知されたインデックスが示す線形フィルタに基づいて、それぞれの移動局装置宛のデータ系列に対してプリコーディングを施して、空間多重されたMU-MIMO信号を生成し（ステップS107）、送信する（ステップS108）。各移動局装置は、上記MU-MIMO信号を受信し、前述の伝搬路情報等に基づいて自移動局装置宛のデータを検出する（ステップS109）。

【0065】

本実施形態によれば、移動局装置が所望線形フィルタを算出する際の候補数を削減することによって、移動局装置における所望線形フィルタの算出に必要な演算量が削減でき、さらに所望線形フィルタのインデックスを基地局装置へ通知するためのオーバーヘッド量も削減できる。さらに、各移動局装置が選択して通知してきた所望線形フィルタは、互いに直交関係にあるコードブックグループから選択されているため、IUIが十分小さな状態でMU-MIMOによる多重が可能となるため、MU-MIMOによる空間多重機会が増大し、周波数利用効率を向上することができる。

【0066】

（第2の実施形態）

図4は、本発明の第2の実施形態に係る基地局装置の一構成例を示す機能ブロック図である。到来方向推定部301は、当該基地局装置と接続状態にある複数の移動局装置について、第1無線部107-1または第2無線部107-2、またはその両方のアンテナ部111および無線受信部115を通じて各移動局装置からの上りリンクの信号を受信し、各アンテナ部111の受信信号の相関などから、各移動局装置からの信号の到来方向を推定する。グループ選択部103は、到来方向推定部301による到来方向推定結果に基づいて、MU-MIMO伝送での空間多重の対象とする移動局装置をU（=2）個選択し（第1の移動局装置と第2の移動局装置）、選択した移動局装置に対して互いに直交関係にあるコードブックグループを選択する。その他の構成は、図1の基地局装置と同じであるため、説明を省略する。また、本実施形態における移動局装置の構成は、図2の移動局装置と同じであるため、説明を省略する。

【0067】

図5は、本発明の第2の実施形態に係る基地局装置と複数（U=2個）の移動局装置との間の処理手順の例を示すシーケンスチャートである。まず基地局装置は、接続している各移動局装置からの上りリンク信号を受信し（ステップS201）、それぞれの上りリンク信号の到来方向を推定する（ステップS202）。基地局装置は、各移動局装置からの信号到来方向の推定結果から、MU-MIMO伝送での空間多重の対象とする移動局装置の組として第1の移動局装置と第2の移動局装置の2つを選択し、それぞれに対して互いに直交関係にある異なるコードブックグループを選択し（ステップS203）、それぞれ通知する（ステップS204）。なお、MU-MIMO伝送での空間多重の対象とする移動局装置の選択は、それぞれの信号到来方向の成す角がなるべく大きくなるような移動局装置を組み合わせで選択することが好ましい。

【0068】

次に、基地局装置は、既知の参照信号を送信する（ステップS205）。各移動局装置は、上記参照信号の受信結果に基づいて、基地局装置との間の伝搬路の状態を推定する（ステップS206）。各移動局装置は、それぞれの伝搬路推定結果に基づいて、通知されたコードブックグループに属する線形フィルタのうちで自局に最も望ましい線形フィルタを選択し（ステップS207）、そのインデックスを基地局装置へ通知する（ステップS208）。基地局装置では、各移動局装置から通知されたインデックスが示す線形フィルタに基づいて、それぞれの移動局装置宛のデータ系列に対してプリコーディングを施して、空間多重されたMU-MIMO信号を生成し（ステップS209）、送信する（ステップS210）。各移動局装置は、上記MU-MIMO信号を受信し、前述の伝搬路情報等

10

20

30

40

50

に基づいて自移動局装置宛のデータを検出する（ステップS211）。

【0069】

本実施形態によれば、まず基地局装置が移動局装置からの到来方向に基づいてMU-MIMO伝送での空間多重の対象とする移動局装置を選択することによって、より直交性が高く、高いMU-MIMO伝送効率を得られる移動局装置の組を選択することが可能となる。また、移動局装置が所望線形フィルタを算出する際の候補数を削減することによって、移動局装置における所望線形フィルタの算出に必要な演算量が削減でき、さらに所望線形フィルタのインデックスを基地局装置へ通知するためのオーバーヘッド量も削減できる。さらに、各移動局装置が選択して通知してきた所望線形フィルタは、互いに直交関係にあるコードブックグループから選択されているため、IUIが十分小さな状態でMU-MIMOによる多重が可能となるため、MU-MIMOによる空間多重機会が増大し、周波数利用効率を向上することができる。

【0070】

（第3の実施形態）

本実施形態にかかる通信システムでは、移動局装置を識別する、ユーザIDなどの個別識別番号によって、予めコードブックグループが決定されるものとする。

図6は、本発明の第3の実施形態に係る基地局装置の一構成例を示す機能ブロック図である。識別番号生成部401は、自基地局装置と接続する各移動局装置に割り当てる個別識別番号を生成し、第1無線部107-1または第2無線部107-2、またはその両方の無線送信部109およびアンテナ部111を通じて各移動局装置に送信する。ユーザ選択部403は、各移動局装置に割り当てられた個別識別番号に基づいて、それら個別識別番号に基づくコードブックグループが互いに直交関係にある移動局装置をU（=2）個、MU-MIMO伝送での空間多重の対象として選択する（第1の移動局装置と第2の移動局装置）。通知情報取得部113は、第1無線部107-1または第2無線部107-2、またはその両方のアンテナ部111および無線受信部115を通じて各移動局装置からの通知情報を受信し、ユーザ選択部403が選択したU個の移動局装置が選択した線形フィルタのインデックスを取得する。その他の構成は、図1の基地局装置と同じであるため、説明を省略する。

【0071】

図7は、本発明の第3の実施形態に係る移動局装置の一構成例を示す機能ブロック図である。識別番号取得部501は、無線部203のアンテナ部205および無線受信部207を通じて、基地局装置からの個別識別番号の通知を受信し、コードブックグループ情報を取得する。識別番号記憶部503は、識別番号取得部501で取得した個別識別番号を記憶する。所望フィルタ算出部215は、コードブック記憶部217に記憶されたコードブックを参照して、識別番号記憶部503に記憶されている個別識別番号に対して予め定められたコードブックグループを求め、そのコードブックグループに含まれる線形フィルタの中から、伝搬路推定結果を用いて式（1）の基準で所望線形フィルタを算出（選択）し、そのインデックスを出力する。なお、コードブックグループが指定されていることによって、選択可能な線形フィルタの候補数が削減されているため、移動局装置において所望線形フィルタを算出するために必要な演算量が削減される。その他の構成は、図2の移動局装置と同じであるため、説明を省略する。

【0072】

図8は、本発明の第3の実施形態に係る基地局装置と複数（U=2個）の移動局装置との間の処理手順の例を示すシーケンスチャートである。まず基地局装置は、各移動局装置に対して個別識別番号を通知する（ステップS301）。なお、個別識別番号は、各移動局装置が基地局装置に接続を開始する際に基地局装置によって割り当てて通知するのが好ましいが、これに限られるものではない。また、個別識別番号は、基地局装置が割り当てて通知せず、例えば基地局装置が形成するセルの情報（セル識別番号）等に基づいて、定められた方法によって移動局装置が個別識別情報を生成しても良い。基地局装置は、MU-MIMO伝送での空間多重の対象とする移動局装置として、個別識別番号に基づくコー

10

20

30

40

50

ドブックグループが互いに直交関係にある第1の移動局装置と第2の移動局装置の2つを選択する(ステップS302)。

【0073】

次に、基地局装置は、既知の参照信号を送信する(ステップS303)。各移動局装置は、上記参照信号の受信結果に基づいて、基地局装置との間の伝搬路の状態を推定する(ステップS304)。各移動局装置は、それぞれの伝搬路推定結果に基づいて、自移動局装置の個別識別番号に基づくコードブックグループに属する線形フィルタのうちで自局に最も望ましい線形フィルタを選択し(ステップS305)、そのインデックスを基地局装置へ通知する(ステップS306)。基地局装置では、各移動局装置から通知されたインデックスが示す線形フィルタに基づいて、それぞれの移動局装置宛のデータ系列に対してプリコーディングを施して、空間多重されたMU-MIMO信号を生成し(ステップS307)、送信する(ステップS308)。

10

【0074】

各移動局装置は、上記MU-MIMO信号を受信し、前述の伝搬路情報等に基づいて自移動局装置宛のデータを検出する(ステップS309)。

【0075】

本実施形態によれば、移動局装置が所望線形フィルタを算出する際の候補数を削減することによって、移動局装置における所望線形フィルタの算出に必要な演算量が削減でき、さらに所望線形フィルタのインデックスを基地局装置へ通知するためのオーバーヘッド量も削減できる。また、各移動局装置の個別識別番号に基づいて、コードブックグループが決定されるため、基地局装置から移動局装置へコードブックグループを通知する必要がなく、下りリンクの通知情報量も削減できる。さらに、各移動局装置が選択して通知してきた所望線形フィルタは、互いに直交関係にあるコードブックグループから選択されているため、IUIが十分小さな状態でMU-MIMOによる多重が可能となるため、MU-MIMOによる空間多重機会が増大し、周波数利用効率を向上することができる。

20

【0076】

(第4の実施形態)

本実施形態では、第1のコードブックおよび第2のコードブックの2種類のコードブックにそれぞれ記載された2つの線形フィルタ(W_1 、 W_2)を組み合わせた線形フィルタによりプリコーディングを行なうコードブックベースの閉ループ型MU-MIMOに本発明を適用する。

30

【0077】

図9は、本発明の第4の実施形態に係る基地局装置と複数($U=2$ 個)の移動局装置との間の処理手順の例を示すシーケンスチャートである。まず基地局装置は、MU-MIMO伝送での空間多重の対象とする移動局装置として、第1の移動局装置と第2の移動局装置の2つを選択し、それぞれに対して互いに直交関係にある第1のコードブックの異なるコードブックグループを選択し(ステップS401)、それぞれ通知する(ステップS402)。次に、基地局装置は、既知の参照信号を送信する(ステップS403)。各移動局装置は、上記参照信号の受信結果に基づいて、基地局装置との間の伝搬路の状態を推定する(ステップS404)。

40

【0078】

各移動局装置は、それぞれの伝搬路推定結果に基づいて、通知された第1のコードブックのコードブックグループに属する線形フィルタのうちで自局に最も望ましい線形フィルタ(第1の線形フィルタ W_1)を選択し(ステップS405)、そのインデックスを基地局装置へ通知する(ステップS406)。さらに、各移動局装置は、それぞれの伝搬路推定結果に基づいて、上記で選択した第1の線形フィルタと組み合わせた際に自局に最も望ましい第2の線形フィルタ W_2 を、第2のコードブックに属する線形フィルタから選択し(ステップS407)、そのインデックスを基地局装置へ通知する(ステップS408)。基地局装置では、各移動局装置から通知された第1の線形フィルタ W_1 のインデックスおよび第2の線形フィルタ W_2 のインデックスが示す2つの線形フィルタの行列積 $W_1 W$

50

w_2 を各移動局装置の所望の線形フィルタ w_1 （第1の移動局装置）および w_2 （第2の移動局装置）として、式（2）および式（3）より求められる線形フィルタを用いて、それぞれの移動局装置宛のデータ系列に対してプリコーディングを施して、空間多重されたMU-MIMO信号を生成し（ステップS409）、送信する（ステップS410）。各移動局装置は、上記MU-MIMO信号を受信し、前述の伝搬路情報等に基づいて自移動局装置宛のデータを検出する（ステップS411）。

【0079】

本実施形態における基地局装置の構成は、図1の基地局装置と同じであり、コードブック記憶部がさらに第2のコードブックに含まれる線形フィルタとその識別番号を記憶する点、通知情報取得部において第1の線形フィルタ W_1 のインデックスおよび第2の線形フィルタ W_2 のインデックスを取得する点、フィルタ算出部において第1の線形フィルタ W_1 と第2の線形フィルタ W_2 の行列積 $W_1 W_2$ を各移動局装置の所望の線形フィルタ w_1 （第1の移動局装置）および w_2 （第2の移動局装置）として、線形フィルタを算出する点が異なる。

【0080】

また、本実施形態における移動局装置の構成は、図2の移動局装置と同じであり、制御情報取得部が第1のコードブックに関するコードブックグループ情報を取得する点と、グループ記憶部が、制御情報取得部で取得した第1のコードブックに関するコードブックグループ情報を記憶する点、および、所望フィルタ算出部が、グループ記憶部に記憶されている第1のコードブックに関するコードブックグループ情報が示す第1のコードブックに関するコードブックグループに属する線形フィルタのうちで自局に最も望ましい線形フィルタ（第1の線形フィルタ W_1 ）を選択し、選択した第1の線形フィルタと組み合わせた際に自局に最も望ましい第2の線形フィルタ W_2 を、第2のコードブックに属する線形フィルタから選択し、それらのインデックスを出力する点が異なる。

【0081】

本実施形態によれば、第1のコードブックおよび第2のコードブックの2種類のコードブックにそれぞれ記載された2つの線形フィルタ（ W_1 、 W_2 ）を組み合わせた線形フィルタによりプリコーディングを行なうコードブックベースの閉ループ型MU-MIMOにおいて、移動局装置が第1のコードブックの所望線形フィルタを算出する際の候補数を削減することによって、移動局装置における所望線形フィルタの算出に必要な演算量が削減でき、さらに所望線形フィルタのインデックスを基地局装置へ通知するためのオーバーヘッド量も削減できる。さらに、各移動局装置が選択して通知してきた所望線形フィルタは、互いに直交関係にあるコードブックグループから選択されているため、IUIが十分小さな状態でMU-MIMOによる多重が可能となるため、MU-MIMOによる空間多重機会が増大し、周波数利用効率を向上することができる。

【0082】

上記、各実施形態においては、伝送方式（もしくはアクセス方式）については制限を与えていない。例えば、LTEの下りリンク伝送に採用されている直交周波数分割多重アクセス（Orthogonal Frequency Division Multiple Access:OFDMA）方式に適用することも可能である。この場合は、サブキャリア毎に本発明を適用すれば良く、また複数サブキャリアを一纏めとしたリソースブロック毎に本発明を適用しても良い。同様に、シングルキャリアベースのアクセス方式（例えばシングルキャリア周波数分割多重アクセス（Single Carrier-Frequency Division Multiple Access:SC-FDMA）方式など）に適用することも可能であり、周波数成分毎に適用しても良いし、送信電力の強調を回避するために、全周波数帯域に渡って同一のプリコーディングを行なうようにしても良い。

【0083】

本発明による通信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（Central Processing Unit）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）であっても良い。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（Random Access Memory）に蓄積され、その後、F1

10

20

30

40

50

ash ROM (Read Only Memory) などの各種 ROM や HDD (Hard Disk Drive) 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。

【0084】

また、図1、図2等の各構成の機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することにより各部の処理を行なってもよい。なお、ここでの「コンピュータシステム」とは、OSや周辺機器等のハードウェアを含むものとする。

【0085】

また、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、ROM、CD-ROM等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことをいう。さらに「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、インターネット等のネットワークや電話回線等の通信回線を介してプログラムを送信する場合の通信線のように、短時間の間、動的にプログラムを保持するもの、その場合のサーバやクライアントとなるコンピュータシステム内部の揮発性メモリのように、一定時間プログラムを保持しているものも含むものとする。

【0086】

また上記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであっても良く、さらに前述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるものであっても良い。また、上述した実施形態における通信装置（基地局装置および端末装置）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。通信装置の各機能ブロックは個別にチップ化してもよいし、一部、または全部を集積してチップ化してもよい。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よい。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。

【0087】

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、具体的な構成はこれら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変更等された発明も含まれる。本発明は携帯電話や無線LANなどの無線通信システムおよび無線通信装置に利用可能である。

【符号の説明】

【0088】

- 101 コードブック記憶部
- 103 グループ選択部
- 105 制御情報生成部
- 107-1 第1無線部
- 107-2 第2無線部
- 109 無線送信部
- 111 アンテナ部
- 113 通知情報取得部
- 115 無線受信部
- 117 フィルタ算出部
- 119-1 第1符号化部
- 119-2 第2符号化部
- 121-1 第1変調部
- 121-2 第2変調部
- 123-1 第1参照信号多重部
- 123-2 第2参照信号多重部
- 125 プリコーディング部
- 201 制御情報取得部

10

20

30

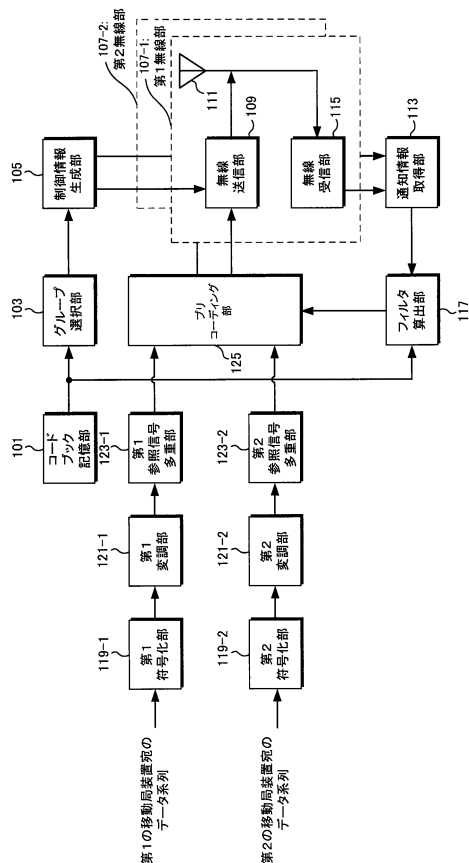
40

50

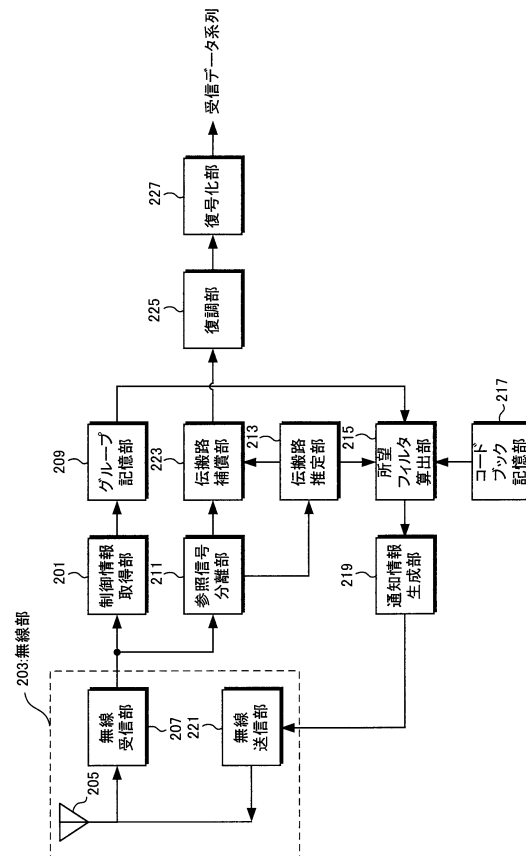
- 203 無線部
- 205 アンテナ部
- 207 無線受信部
- 209 グループ記憶部
- 211 参照信号分離部
- 213 伝搬路推定部
- 215 所望フィルタ算出部
- 217 コードブック記憶部
- 219 通知情報生成部
- 221 無線送信部
- 223 伝搬路補償部
- 225 復調部
- 227 復号化部
- 301 到来方向推定部
- 401 識別番号生成部
- 403 ユーザ選択部
- 501 識別番号取得部
- 503 識別番号記憶部

10

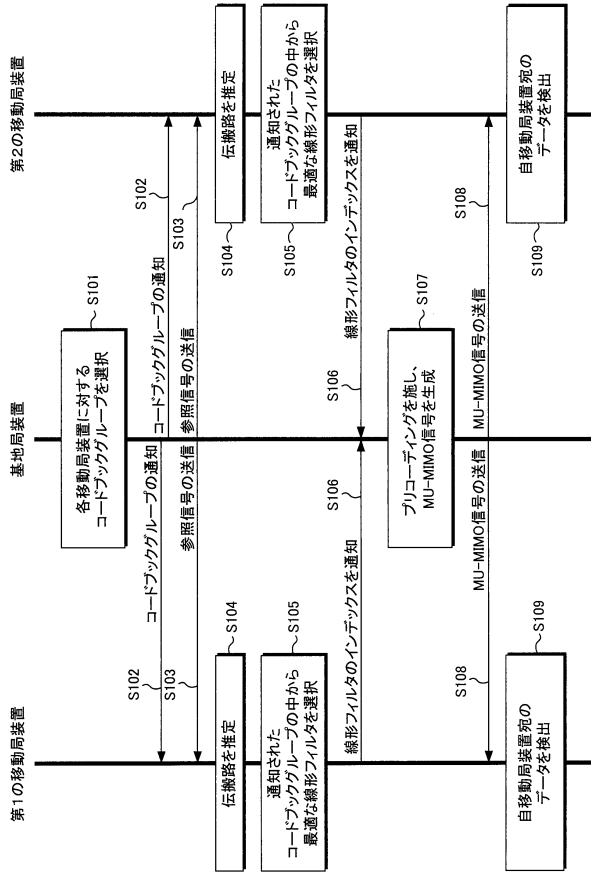
【図1】



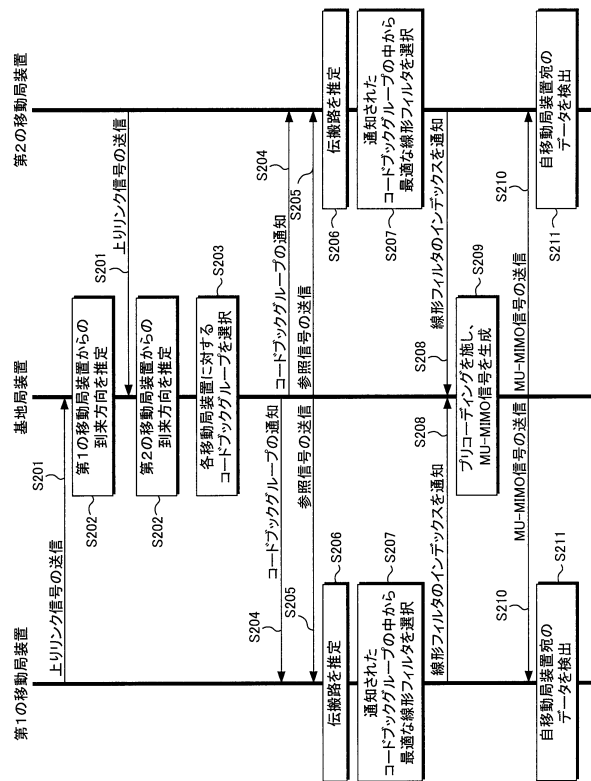
【図2】



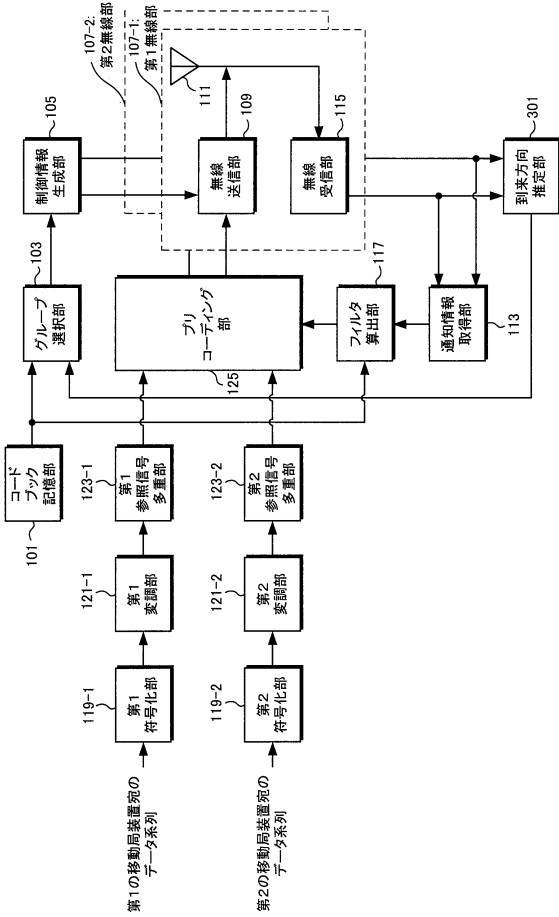
【図3】



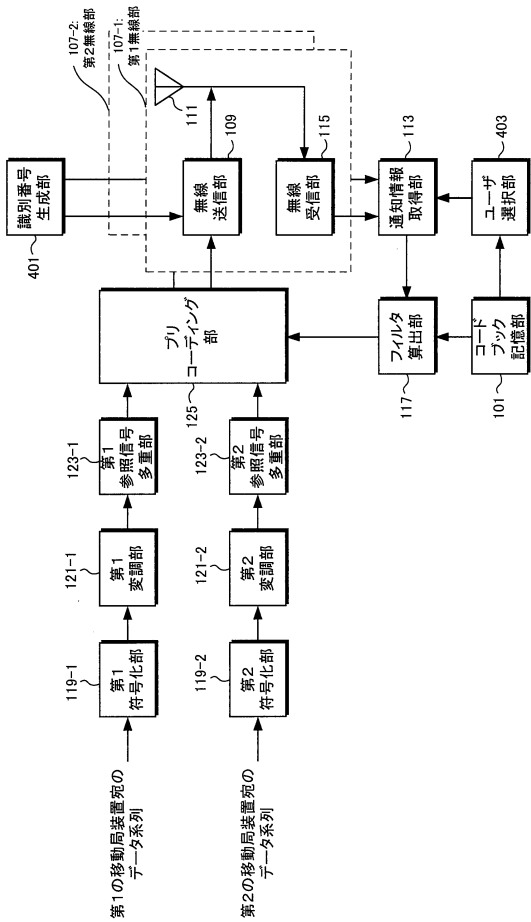
【図5】



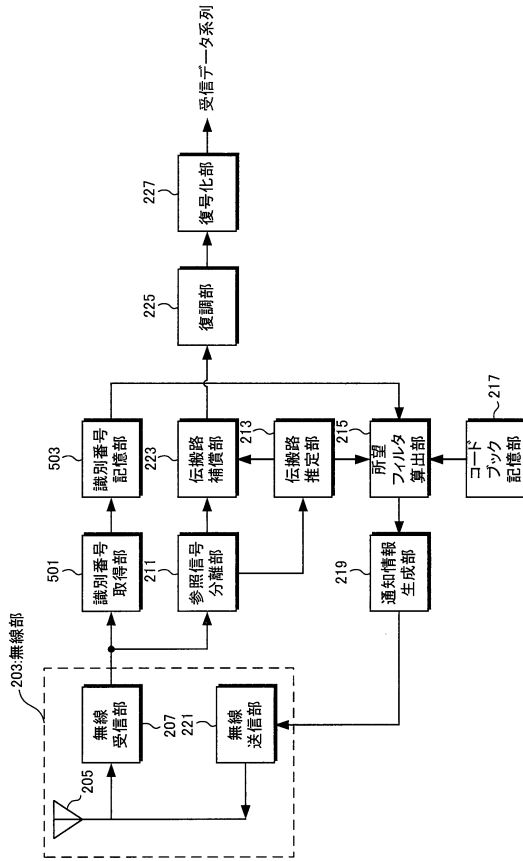
【図4】



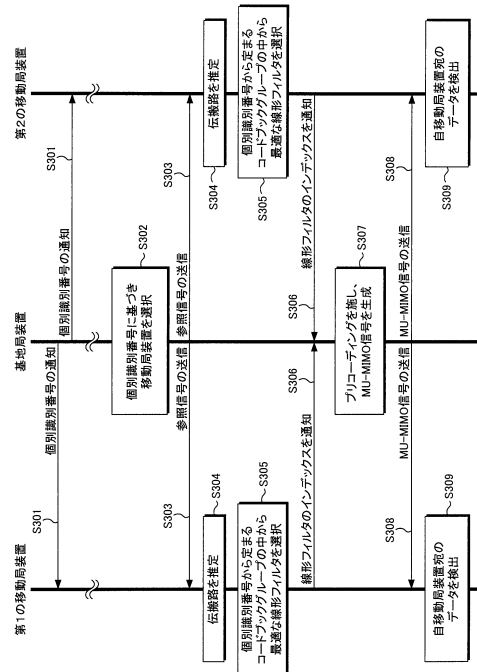
【図6】



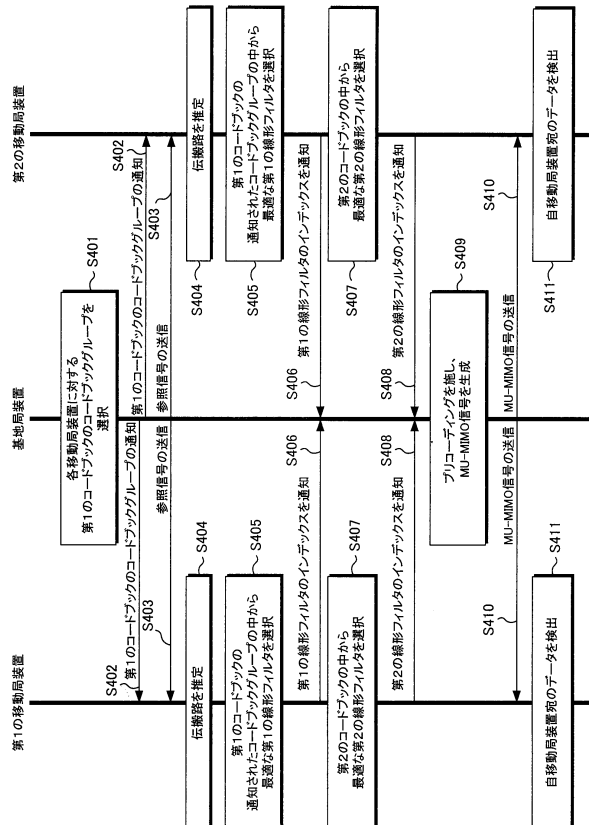
【圖 7】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

(72)発明者 中野 博史

大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

(72)発明者 ルイズ デルガド アルバロ

大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

審査官 羽岡 さやか

(56)参考文献 国際公開第 2 0 1 0 / 0 5 0 6 8 9 (W O , A 2)

特表 2 0 1 0 - 5 2 8 5 5 3 (J P , A)

国際公開第 2 0 1 2 / 0 6 3 5 3 8 (W O , A 1)

特開 2 0 1 2 - 0 4 4 3 1 5 (J P , A)

Potevio, Considerations on Feedback Schemes for Codebook-based MU-MIMO in LTE-A[online], 3GPP TSG-RAN WG1#59 R1-094804, インターネット<URL:http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG1_RL1/TSGR1_59/Docs/R1-094804.zip>, 2 0 0 9 年 1 1 月 9 日

Texas Instruments, Dual-Stage Codebook Proposal for Rel.10 DL MIMO, 3GPP TSG RAN WG1 #62, 2 0 1 0 年 8 月 2 7 日, R1-10447

Pantech, On the two stage 8 Tx codebook, 3GPP TSG-RAN WG1 #62, 2 0 1 0 年 8 月 2 7 日, R1-104635

Research In Motion UK Limited, Companion Subset Based PMI/CQI Feedback for LTE-A MU-MIMO[online], 3GPP TSG-RAN WG1#60 R1-101104, インターネット<URL:http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG1_RL1/TSGR1_60/Docs/R1-101104.zip>, 2 0 1 0 年 2 月 2 2 日

InterDigital Communications LLC, MU-MIMO Codebook Subset Selection and Signaling Considerations for E-UTRA[online], 3GPP TSG-RAN WG1#50 R1-073353, インターネット<URL:http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG1_RL1/TSGR1_50/Docs/R1-073353.zip>

(58)調査した分野(Int.Cl., D B 名)

H 0 4 J 9 9 / 0 0

H 0 4 B 7 / 0 4

H 0 4 W 1 6 / 2 8