

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-207933

(P2015-207933A)

(43) 公開日 平成27年11月19日(2015.11.19)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO4J 99/00 (2009.01)	HO4J 15/00	5K159
HO4B 7/04 (2006.01)	HO4B 7/04	

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2014-88168 (P2014-88168)
 (22) 出願日 平成26年4月22日 (2014.4.22)

(71) 出願人 000208891
 KDDI株式会社
 東京都新宿区西新宿二丁目3番2号
 (74) 代理人 100076428
 弁理士 大塚 康德
 (74) 代理人 100112508
 弁理士 高柳 司郎
 (74) 代理人 100115071
 弁理士 大塚 康弘
 (74) 代理人 100116894
 弁理士 木村 秀二
 (74) 代理人 100130409
 弁理士 下山 治
 (74) 代理人 100134175
 弁理士 永川 行光

最終頁に続く

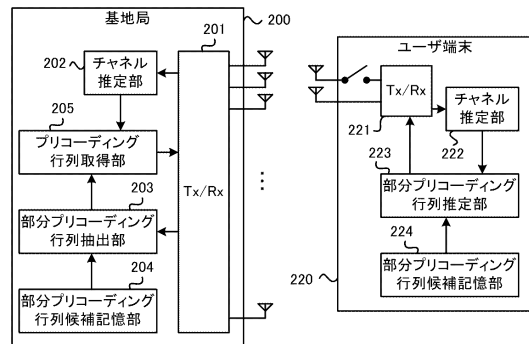
(54) 【発明の名称】 通信装置、制御方法、及びプログラム

(57) 【要約】

【課題】 通信装置が送信と受信とで異なる本数のアンテナを使用する環境における効果的なMIMO伝送技術を提供すること。

【解決手段】 通信装置は、第1の複数のアンテナを用いて、第2の複数のアンテナを有すると共にその一部のみを送信に用いる相手装置との間で通信を行う。通信装置は、信号を受信することにより得られる、第1の複数のアンテナのそれぞれと第2の複数のアンテナの一部のそれぞれとの間の第1のチャンネル行列から、第1の部分プリコーディング行列を推定する。通信装置は、第1の複数のアンテナのそれぞれと第2の複数のアンテナの残りの一部の少なくとも1つとの間の第2のチャンネル行列に基づいて相手装置が推定した、第2の部分プリコーディング行列を特定する情報を取得する。そして、通信装置は、第1の部分プリコーディング行列と第2の部分プリコーディング行列とを連結して、信号の送信のためのプリコーディング行列を得る。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

第 1 の複数のアンテナを用いて、第 2 の複数のアンテナを有すると共にその一部のみを送信に用いる相手装置との間で通信を行う通信装置であって、

前記第 2 の複数のアンテナの前記一部から送信された信号を前記第 1 の複数のアンテナのそれぞれで受信することによって得られる、前記第 1 の複数のアンテナのそれぞれと当該第 2 の複数のアンテナの前記一部のそれぞれとの間のチャンネルの値を要素とする第 1 のチャンネル行列から、第 1 の部分プリコーディング行列を推定する推定手段と、

前記第 1 の複数のアンテナのそれぞれから送信された信号が前記第 2 の複数のアンテナの残りの一部の少なくとも 1 つにおいて受信される際のチャンネルの値を要素とする第 2 のチャンネル行列に基づいて前記相手装置において推定された、第 2 の部分プリコーディング行列を特定する情報を、前記相手装置から受信する受信手段と、

前記第 1 の部分プリコーディング行列と前記第 2 の部分プリコーディング行列とを連結してプリコーディング行列を取得する取得手段と、

前記プリコーディング行列を、送信データを要素として含む送信データベクトルに乗じた結果の送信信号ベクトルの要素のそれぞれを、前記第 1 の複数のアンテナのそれぞれから送信する送信手段と、

を有することを特徴とする通信装置。

【請求項 2】

前記通信装置が複数の相手装置と通信を行う場合、

前記推定手段は、前記複数の相手装置のうち、複数のアンテナを有すると共にその一部のみを送信に用いる一部の相手装置について、複数のアンテナの当該一部から送信された信号を前記第 1 の複数のアンテナのそれぞれで受信することによって得られる、前記第 1 の複数のアンテナのそれぞれと当該複数のアンテナの当該一部のそれぞれとの間のチャンネルの値を要素とする前記第 1 のチャンネル行列から、当該一部の相手装置のそれぞれについての前記第 1 の部分プリコーディング行列を推定し、

前記推定手段は、さらに、前記複数の相手装置の残りの相手装置について、少なくとも 1 つのアンテナから送信された信号を前記第 1 の複数のアンテナのそれぞれで受信することによって得られる、前記第 1 の複数のアンテナのそれぞれと当該少なくとも 1 つのアンテナとの間のチャンネルの値を要素とする前記第 1 のチャンネル行列から、当該残りの相手装置のそれぞれについての前記第 1 の部分プリコーディング行列を推定し、

前記受信手段は、前記一部の相手装置のそれぞれから、前記第 1 の複数のアンテナのそれぞれから送信された信号が前記複数のアンテナの残りの一部の少なくとも 1 つにおいて受信される際のチャンネルの値を要素とする第 2 のチャンネル行列に基づいて当該一部の相手装置のそれぞれにおいて推定された、第 2 の部分プリコーディング行列を特定する情報を受信する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の通信装置。

【請求項 3】

前記第 2 のチャンネル行列に関して相手装置において推定されるプリコーディング行列の候補とインデックスとを対応付けて記憶する記憶手段を有し、

前記相手装置は、前記インデックスと前記候補との間の対応付けを知っていると共に、前記第 2 の部分プリコーディング行列を前記候補の中から選択し、

前記受信手段は、前記第 2 の部分プリコーディング行列として選択された前記候補のうちの 1 つに対応するインデックスを、前記第 2 の部分プリコーディング行列を特定する情報として、前記相手装置から受信する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の通信装置。

【請求項 4】

前記第 2 の部分プリコーディング行列は、前記第 2 のチャンネル行列との行列積を前記第 1 の複数のアンテナの数で割った結果の行列と単位行列との差が最小となるような行列として推定される、

10

20

30

40

50

ことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の通信装置。

【請求項 5】

前記第 2 の部分プリコーディング行列は、前記第 2 のチャンネル行列との行列積を前記第 1 の複数のアンテナの数で割った結果の行列と単位行列との差が所定値以下となるような行列として推定される、

ことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の通信装置。

【請求項 6】

第 1 の複数のアンテナを有し、信号の送信のためには前記第 1 の複数のアンテナの一部のみを用いると共に信号の受信のために前記第 1 の複数のアンテナの当該一部と残りの一部の少なくとも 1 つとを用いて、第 2 の複数のアンテナを有する相手装置との間で通信を行う通信装置であって、

前記第 2 の複数のアンテナのそれぞれから送信された信号が前記第 1 の複数のアンテナの前記残りの一部の少なくとも 1 つにおいて受信される際のチャンネルの値を要素とする第 1 のチャンネル行列に基づいて、第 1 の部分プリコーディング行列を推定する推定手段と、

前記第 1 の部分プリコーディング行列を特定する情報を前記相手装置へ送信する送信手段と、

を有し、

前記相手装置において、前記第 1 の複数のアンテナの前記一部のそれぞれから送信された信号が前記第 2 の複数のアンテナのそれぞれで受信される際のチャンネルの値を要素とする第 2 のチャンネル行列に基づいて得られる第 2 の部分プリコーディング行列と前記第 1 の部分プリコーディング行列とを連結して得られたプリコーディング行列を、送信データを要素として含む送信データベクトルに乗じた結果の送信信号ベクトルの要素のそれぞれが前記第 2 の複数のアンテナのそれぞれから送信される、

ことを特徴とする通信装置。

【請求項 7】

前記第 1 のチャンネル行列に関して推定されるプリコーディング行列の候補とインデックスとを対応付けて記憶する記憶手段を有し、

前記インデックスと前記候補との対応付けは、前記相手装置にも知られており、

前記推定手段は、前記候補の中から前記第 1 の部分プリコーディング行列を選択し、

前記送信手段は、前記第 1 の部分プリコーディング行列として選択された前記候補に対応するインデックスを、前記第 1 の部分プリコーディング行列を特定する情報として、前記相手装置へ送信する

ことを特徴とする請求項 6 に記載の通信装置。

【請求項 8】

前記推定手段は、前記第 1 のチャンネル行列との行列積を前記第 2 の複数のアンテナの数で割った結果の行列と単位行列との差が最小となるような行列として、前記第 1 の部分プリコーディング行列を推定する、

ことを特徴とする請求項 6 又は 7 に記載の通信装置。

【請求項 9】

前記推定手段は、前記第 1 のチャンネル行列との行列積を前記第 2 の複数のアンテナの数で割った結果の行列と単位行列との差が所定値以下となるような行列として、前記第 1 の部分プリコーディング行列を推定する、

ことを特徴とする請求項 6 又は 7 に記載の通信装置。

【請求項 10】

第 1 の複数のアンテナを用いて、第 2 の複数のアンテナを有すると共にその一部のみを送信に用いる相手装置との間で通信を行う通信装置の制御方法であって、

推定手段が、前記第 2 の複数のアンテナの前記一部から送信された信号を前記第 1 の複数のアンテナのそれぞれで受信することによって得られる、前記第 1 の複数のアンテナのそれぞれと当該第 2 の複数のアンテナの前記一部のそれぞれとの間のチャンネルの値を要素とする第 1 のチャンネル行列から、第 1 の部分プリコーディング行列を推定する推定工程と

10

20

30

40

50

受信手段が、前記第 1 の複数のアンテナのそれぞれから送信された信号が前記第 2 の複数のアンテナの残りの一部の少なくとも 1 つにおいて受信される際のチャンネルの値を要素とする第 2 のチャンネル行列に基づいて前記相手装置において推定された、第 2 の部分プリコーディング行列を特定する情報を、前記相手装置から受信する受信工程と、

取得手段が、前記第 1 の部分プリコーディング行列と前記第 2 の部分プリコーディング行列とを連結してプリコーディング行列を取得する取得工程と、

送信手段が、前記プリコーディング行列を、送信データを要素として含む送信データベクトルに乗じた結果の送信信号ベクトルの要素のそれぞれを、前記第 1 の複数のアンテナのそれぞれから送信する送信工程と、

10

を有することを特徴とする制御方法。

【請求項 1 1】

第 1 の複数のアンテナを有し、信号の送信のためには前記第 1 の複数のアンテナの一部のみを用いると共に信号の受信のために前記第 1 の複数のアンテナの当該一部と残りの一部の少なくとも 1 つとを用いて、第 2 の複数のアンテナを有する相手装置との間で通信を行う通信装置の制御方法であって、

推定手段が、前記第 2 の複数のアンテナのそれぞれから送信された信号が前記第 1 の複数のアンテナの前記残りの一部の少なくとも 1 つにおいて受信される際のチャンネルの値を要素とする第 1 のチャンネル行列に基づいて、第 1 の部分プリコーディング行列を推定する推定工程と、

20

送信手段が、前記第 1 の部分プリコーディング行列を特定する情報を前記相手装置へ送信する送信工程と、

を有し、

前記相手装置において、前記第 1 の複数のアンテナの前記一部のそれぞれから送信された信号が前記第 2 の複数のアンテナのそれぞれで受信される際のチャンネルの値を要素とする第 2 のチャンネル行列に基づいて得られる第 2 の部分プリコーディング行列と前記第 1 の部分プリコーディング行列とを連結して得られたプリコーディング行列を、送信データを要素として含む送信データベクトルに乗じた結果の送信信号ベクトルの要素のそれぞれが前記第 2 の複数のアンテナのそれぞれから送信される、

ことを特徴とする制御方法。

30

【請求項 1 2】

第 1 の複数のアンテナを用いて、第 2 の複数のアンテナを有すると共にその一部のみを送信に用いる相手装置との間で通信を行う通信装置に備えられたコンピュータに、

前記第 2 の複数のアンテナの前記一部から送信された信号を前記第 1 の複数のアンテナのそれぞれで受信することによって得られる、前記第 1 の複数のアンテナのそれぞれと当該第 2 の複数のアンテナの前記一部のそれぞれとの間のチャンネルの値を要素とする第 1 のチャンネル行列から、第 1 の部分プリコーディング行列を推定する推定工程と、

前記第 1 の複数のアンテナのそれぞれから送信された信号が前記第 2 の複数のアンテナの残りの一部の少なくとも 1 つにおいて受信される際のチャンネルの値を要素とする第 2 のチャンネル行列に基づいて前記相手装置において推定された、第 2 の部分プリコーディング行列を特定する情報を、前記相手装置から受信するように受信手段を制御する工程と、

40

前記第 1 の部分プリコーディング行列と前記第 2 の部分プリコーディング行列とを連結してプリコーディング行列を取得する取得工程と、

前記プリコーディング行列を、送信データを要素として含む送信データベクトルに乗じた結果の送信信号ベクトルの要素のそれぞれを、前記第 1 の複数のアンテナのそれぞれから送信するように送信手段を制御する工程と、

を実行させるためのプログラム。

【請求項 1 3】

第 1 の複数のアンテナを有し、信号の送信のためには前記第 1 の複数のアンテナの一部のみを用いると共に信号の受信のために前記第 1 の複数のアンテナの当該一部と残りの一

50

部の少なくとも1つとを用いて、第2の複数のアンテナを有する相手装置との間で通信を行う通信装置に備えられたコンピュータに、

前記第2の複数のアンテナのそれぞれから送信された信号が前記第1の複数のアンテナの前記残りの一部の少なくとも1つにおいて受信される際のチャンネルの値を要素とする第1のチャンネル行列に基づいて、第1の部分プリコーディング行列を推定する推定工程と、

前記第1の部分プリコーディング行列を特定する情報を前記相手装置へ送信するように送信手段を制御する工程と、

を実行させるためのプログラムであって、

前記相手装置において、前記第1の複数のアンテナの前記一部のそれぞれから送信された信号が前記第2の複数のアンテナのそれぞれで受信される際のチャンネルの値を要素とする第2のチャンネル行列に基づいて得られる第2の部分プリコーディング行列と前記第1の部分プリコーディング行列とを連結して得られたプリコーディング行列を、送信データを要素として含む送信データベクトルに乗じた結果の送信信号ベクトルの要素のそれぞれが前記第2の複数のアンテナのそれぞれから送信される、

ことを特徴とするプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、マルチユーザMIMO技術に関する。

【背景技術】

【0002】

送受信局において複数のアンテナを用いて複数のデータストリームを同時に送受信することでデータ送受信の高速化を図る、多入力多出力(MIMO、Multi-Input Multi-Output)技術が知られている。MIMOを用いることにより、理想的には、アンテナの本数に比例して、無線通信容量を増加させることができる。このため、例えば112本(非特許文献1参照)や128本(非特許文献2参照)などの多くのアンテナを基地局に配備し、無線通信容量を大幅に増加させることが検討されている。このように多数のアンテナを基地局に配備することにより、1つ以上のアンテナを有する1つ以上のユーザ端末との間で同時に高速通信を行うことができる。

【0003】

MIMOでは、上述のようにアンテナ数を増やすことにより無線通信容量を増加させることができるが、その効果を得るためには、複数の送信アンテナのそれぞれと複数の受信アンテナのそれぞれとの間のチャンネルを推定する必要がある。チャンネル推定は、例えば、基地局が送信したパイロット信号を1つ以上のユーザ端末で観測し、その観測結果を基地局へフィードバックすることにより行われる。しかしながら、このようなシステムでは、フィードバックしなければならない情報量が非常に多くなるため、このフィードバックのために多量の通信リソースを割かなければならないという問題があった。

【0004】

これに対して、時分割複信システムにおいて、上りリンクと下りリンクとにおけるチャンネルの対称性を利用して、例えば上りリンクの信号を測定することにより、下りリンクのチャンネルを推定することができる。この場合、基地局は、例えば複数のユーザ端末が上りリンクで送信したパイロット信号を観測することにより、下りリンクのチャンネルを推定することができる。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献1】J. Hoydis、C. Hoek、T. Wild及びS. Ten Brink、"Channel Measurements for Large Antenna Arrays"、IEEE International Symposium on Wireless Communication Systems (ISWC

10

20

30

40

50

S) 予稿、2012年8月

【非特許文献2】S. Payami及びF. Tufvesson, "Channel Measurements and Analysis for Very Large Array Systems At 2.6 GHz", 6th European Conference on Antennas and Propagation, EuCAP 2012予稿, 2012年3月

【非特許文献3】T. L. Marzetta, "Noncooperative Cellular Wireless with Unlimited Numbers of Base Station Antennas", IEEE Trans. Wireless Communications, vol. 9, no. 11, pp. 3590 - 3600, 2010年11月

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

MIMO環境では、ユーザ端末が送信と受信で異なる本数のアンテナを用いる場合がある。例えば、ユーザ端末は、受信には2つのアンテナを用いる一方で、送信には1つのアンテナしか用いない場合がある。この場合、基地局側でアンテナをN本使用する場合を考えると、チャンネル行列の大きさは、下りリンクにおいて2行N列である一方で、上りリンクにおいてはN行1列となる。したがって、このような場合、上りリンクのチャンネル行列から、下りリンクのチャンネル行列を推定することが困難となってしまう。したがって、この場合、MIMOの効果を十分に得ることが困難となる場合があった。

20

【0007】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、通信装置が送信と受信とで異なる本数のアンテナを使用する環境における効果的なMIMO伝送技術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】

【0008】

上記目的を達成するため、本発明による通信装置は、第1の複数のアンテナを用いて、第2の複数のアンテナを有すると共にその一部のみを送信に用いる相手装置との間で通信を行う通信装置であって、前記第2の複数のアンテナの前記一部から送信された信号を前記第1の複数のアンテナのそれぞれで受信することによって、前記第1の複数のアンテナのそれぞれと当該第2の複数のアンテナの前記一部のそれぞれとの間のチャンネルの値を要素とする第1のチャンネル行列を推定する推定手段と、前記第1の複数のアンテナのそれぞれから送信された信号が前記第2の複数のアンテナの残りの一部の少なくとも1つにおいて受信される際のチャンネルの値を要素とする第2のチャンネル行列に基づいて前記相手装置において推定された、第1のプリコーディング行列を特定する情報を、前記相手装置から取得する取得手段と、前記第1のチャンネル行列と前記第1のプリコーディング行列とを連結して第2のプリコーディング行列を算出する算出手段と、前記第2のプリコーディング行列を、送信データを要素として含む送信データベクトルに乗じた結果の送信信号ベクトルの要素のそれぞれを、前記第1の複数のアンテナのそれぞれから送信する送信手段と、を有する。

30

40

【0009】

また、本発明による別の通信装置は、第1の複数のアンテナを有し、信号の送信のためには前記第1の複数のアンテナの一部のみを用いると共に信号の受信のために前記第1の複数のアンテナの当該一部と残りの一部の少なくとも1つとを用いて、第2の複数のアンテナを有する相手装置との間で通信を行う通信装置であって、前記第2の複数のアンテナのそれぞれから送信された信号が前記第1の複数のアンテナの前記残りの一部の少なくとも1つにおいて受信される際のチャンネルの値を要素とする第1のチャンネル行列に基づいて、第1のプリコーディング行列を推定する推定手段と、前記第1のプリコーディング行列を特定する情報を前記相手装置へ送信する送信手段と、を有し、前記相手装置において、

50

前記第 1 の複数のアンテナの前記一部のそれぞれから送信された信号が前記第 2 の複数のアンテナのそれぞれで受信される際のチャネルの値を要素とする第 2 のチャネル行列と前記第 1 のプリコーディング行列とに基づいて第 2 のプリコーディング行列が算出され、送信データを要素として含む送信データベクトルに前記第 2 のプリコーディング行列を乗じた結果の送信信号ベクトルの要素のそれぞれが前記第 2 の複数のアンテナのそれぞれから送信される、ことを特徴とする。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、通信装置が送信と受信とで異なる本数のアンテナを使用する環境における効果的な MIMO 伝送技術を提供することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図 1】無線通信システムの構成例を示す図。

【図 2】基地局およびユーザ端末の機能構成の例を示すブロック図。

【図 3】基地局およびユーザ端末のハードウェア構成の例を示すブロック図。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。

【0013】

(無線通信システム)

20

図 1 に、本実施形態に係る無線通信システムの構成例を示す。無線通信システムは複数の無線通信装置により構成され、例えば、1 つの基地局と、基地局の通信の相手装置である 1 つ以上のユーザ端末とを含んで構成される。なお、図示していないが、隣接セルの基地局およびその基地局に接続されるユーザ端末も存在するものとする。

【0014】

基地局は複数のアンテナを有し、1 つ以上のユーザ端末に対して同時に信号を送信し、同様に、1 つ以上のユーザ端末から同時に信号を受信することができる。なお、ユーザ端末は、1 つまたは複数のアンテナを有する。なお、基地局と 1 つ以上のユーザ端末とが時分割複信により通信を行うものとする。すなわち、基地局が信号を送信する時間は、ユーザ端末は信号を送信せずに基地局からの信号を受信し、ユーザ端末が信号を送信する時間は、基地局は信号を送信せずにユーザ端末からの信号を受信するものとする。

30

【0015】

なお、本実施形態では、ユーザ端末の少なくとも一部は、送信と受信とで、異なる本数のアンテナを用いる。例えば、あるユーザ端末は、アンテナを 2 本有し、信号の受信のためにその両方を用い、信号の送信のためにはそのいずれかのみを用いる。なお、例えば、あるユーザ端末がアンテナを 4 本有し、信号の送信にそのうちの 2 本を用い、信号の受信には、その 2 本に加え、残りの 2 本のうちの 1 本の、計 3 本を用いてもよいなど、常に全てのアンテナが用いられなければならないわけではない。なお、以下では、ユーザ端末において送信に用いられたアンテナは、受信にも用いられるものとする。これは、チャネル行列の対称性を利用するためである。ただし、送信に用いられたアンテナの少なくとも一部が受信にも用いられればよく、残りの一部については、送信専用であってもよい。

40

【0016】

以下では、本実施形態における基地局およびユーザ端末の処理について説明する。なお、図 1 では、無線通信システムに複数のユーザ端末が含まれている例を示しているが、送信と受信とで使用するアンテナ本数が異なる 1 つ以上のユーザ端末が存在する状況であれば、以下の議論を適用することができる。したがって、以下では、まず、ユーザ端末が 1 つの場合についての処理の流れを説明し、その後、複数のユーザ端末が存在する場合の処理について説明する。

【0017】

(処理の概要)

50

以下では、基地局はN本のアンテナを有し、その全てを送信と受信に用いるものとする。また、ユーザ端末もN本のアンテナを有し、その全てを受信に用い、一方で、その一部(M本、 $M < N$)を送信に用いるものとする。

【0018】

この場合、基地局のN本のアンテナのそれぞれから送信された信号は、ユーザ端末のN本のアンテナのそれぞれで受信され、このときのチャンネルの値を要素とするチャンネル行列HはN行N列の行列となる。一方、ユーザ端末のM本のアンテナのそれぞれから送信された信号は、基地局のN本のアンテナのそれぞれで受信され、このときのチャンネルの値を要素とするチャンネル行列Gは、N行M列となる。したがって、基地局は、時分割複信(TDD)システムであっても、ユーザ端末から送信される信号により、上りリンクのチャンネル行列Gを得ることはできるが、そのチャンネル行列Gから、下りリンクのチャンネル行列Hを得ることはできない。したがって、このままでは、基地局は、チャンネル行列Hに基づくMIMOの伝送を効率的に行うためのプリコーディング行列を算出することができない。

10

【0019】

そこで、本実施形態では、このような問題に対応するため、ユーザ端末から、チャンネル行列Hの残りの成分に関するプリコーディング行列について情報のフィードバックを受ける。以下では、このフィードバックされるべき情報が、どのように定められるか、また、どのように送信されるかについて、詳述する。

【0020】

(プリコーディング行列)

20

大数の法則によれば、アンテナの数Nが大きくなると、チャンネル行列Hに対して、

$$\frac{1}{N} \mathbf{H} \mathbf{H}^H \xrightarrow{N \rightarrow \infty} \mathbf{I}_N$$

・・・(1)

となることが分かっている(非特許文献3参照)。なお、上付きのHは行列の共役転置を表し、 \mathbf{I}_N はN行N列の単位行列を示す。このため、非特許文献3では、十分に大きいNに対して、最適なプリコーディング行列は \mathbf{H}^H であるとしている。すなわち、N個の送信データからなる送信データベクトルをsとすると、 $\mathbf{x} = \mathbf{H}^H \mathbf{s}$ となるように、N本の送信アンテナのそれぞれから送信される信号を要素とする送信信号ベクトルを形成するのが最適となる。実際、このようにすることにより、雑音ベクトルをnとし、N本の受信アンテナで受信される信号を要素とする受信信号ベクトルをyとすると、

30

$$\mathbf{y} = \mathbf{H} \mathbf{x} + \mathbf{n} = \mathbf{H} \mathbf{H}^H \mathbf{s} + \mathbf{n} = \mathbf{s} + \mathbf{n}$$

となり、アンテナ間の干渉の影響がなくなる。

【0021】

一方、本実施形態では、TDDを用いてチャンネルの対称性を利用することにより、下りリンクのチャンネル行列Hの一部については、上りリンクのチャンネル行列Gから推定することができる。すなわち、下りリンクのチャンネル行列Hと上りリンクのチャンネル行列Gとを

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} h_{11} & \cdots & h_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{N1} & \cdots & h_{NN} \end{bmatrix}$$

40

$$\mathbf{G} = \begin{bmatrix} g_{11} & \cdots & g_{1M} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ g_{N1} & \cdots & g_{NM} \end{bmatrix}$$

・・・(2)

としたとき、チャンネル行列HのM行分の要素を、

50

$$\begin{bmatrix} h_{11} & \cdots & h_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{M1} & \cdots & h_{MN} \end{bmatrix} = \mathbf{G}^H = \begin{bmatrix} g_{11}^H & \cdots & g_{1N}^H \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ g_{M1}^H & \cdots & g_{MN}^H \end{bmatrix}$$

・・・(3)

のように推定することができる。なお、ここでは、上からM行分の成分が、ユーザ端末において送信にも使用されるアンテナにおいて受信される成分となるようにチャネル行列Hを定義している。

【0022】

ここで、チャネル行列Hの残りの成分(下からN-M行分の成分)を行列Fによって表す。すなわち、

$$\mathbf{F} = \begin{bmatrix} h_{M+1,1} & \cdots & h_{M+1,N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{N1} & \cdots & h_{NN} \end{bmatrix}$$

・・・(4)

とする。すると、チャネル行列Hは、上りリンクのチャネル行列Gと残りの部分のチャネル成分の行列Fとを連結して、

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} \mathbf{G}^H \\ \mathbf{F} \end{bmatrix}$$

10

20

・・・(5)

と表される。なお、ここでは、上りリンクのチャネル行列Gに対してそのまま共役転置行列とすることによって、下りリンクのチャネル行列Hの一部を推定しているが、これに限られない。例えば、時間平均を取るなど、上りリンクのチャネル行列Gに所定の処理を施した結果の共役転置行列を、下りリンクのチャネル行列Hの一部の推定値としてもよい。

【0023】

このとき、最適なプリコーディング行列Pは、 $\mathbf{P} = \mathbf{H}^H = [\mathbf{G} \quad \mathbf{F}^H]$ と表すことができる。この場合、 $\mathbf{H}^H \mathbf{H} / N$ は、Nが大きくなるに連れて \mathbf{I}_N に漸近するため、

30

$$\begin{aligned} \frac{1}{N} \mathbf{H} \mathbf{P} &= \frac{1}{N} \begin{bmatrix} \mathbf{G}^H \\ \mathbf{F} \end{bmatrix} [\mathbf{G} \quad \mathbf{F}^H] \\ &= \frac{1}{N} \begin{bmatrix} \mathbf{G}^H \mathbf{G} & \mathbf{G}^H \mathbf{F}^H \\ \mathbf{F} \mathbf{G} & \mathbf{F} \mathbf{F}^H \end{bmatrix} \\ &\approx \begin{bmatrix} \mathbf{I}_M & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{I}_{N-M} \end{bmatrix} \end{aligned}$$

・・・(6)

40

となる。

【0024】

しかしながら、本実施形態では、基地局は行列Fを知ることができない。このため、基地局が、行列Fの代わりに行列Tを部分プリコーディング行列として用いる場合を考える。この場合、チャネル行列Hと、チャネルが推定できた部分の行列と部分プリコーディング行列とを連結して得られるプリコーディング行列Pとの行列積は、

$$\begin{aligned} \mathbf{HP} &= \begin{bmatrix} \mathbf{G}^H \\ \mathbf{F} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{G} & \mathbf{T}^H \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} \mathbf{G}^H \mathbf{G} & \mathbf{G}^H \mathbf{T}^H \\ \mathbf{F} \mathbf{G} & \mathbf{F} \mathbf{T}^H \end{bmatrix} \end{aligned}$$

・・・(7)

となる。ここで、本行列の左下の部分行列 $\mathbf{F} \mathbf{G}$ は、式(6)に示されるように、ゼロ行列である。一方、本行列の右上の部分行列は、 \mathbf{G} が平均0のガウス分布に従うため、 \mathbf{G} によらずに行列 \mathbf{T} を選択すれば、やはりゼロ行列に収束する。したがって、 $\mathbf{F} \mathbf{T} / N = \mathbf{I}_{N-M}$ に十分近くなるような行列 \mathbf{T} を選択することができれば、最適又は準最適なプリコーディング行列を用いて信号を送信することが可能となる。

10

【0025】

しかしながら、チャンネル行列 \mathbf{G} が平均0のガウス分布に従うのと同様に、行列 \mathbf{F} も平均0のガウス分布に従う。このため、 \mathbf{F} によらずに部分プリコーディング行列 \mathbf{T} を選択してしまうと、 $\mathbf{F} \mathbf{T} / N$ も、やはりゼロ行列に収束してしまう。このため、本実施形態では、チャンネル行列 \mathbf{H} の一部である行列 \mathbf{F} を知ることができるユーザ端末が、この部分プリコーディング行列 \mathbf{T} を推定し、基地局へ、その部分プリコーディング行列についての情報を通知する。以下、基地局とユーザ端末が実行する具体的な処理の内容と、基地局およびユーザ端末の例示的な構成態様とについて説明する。

20

【0026】

(基地局とユーザ端末が実行する処理)

まず、最も簡単な手順としては、ユーザ端末はチャンネル行列 \mathbf{H} の一部である行列 \mathbf{F} そのもの、又はその共役転置行列を基地局へフィードバックすることができる。すなわち、ユーザ端末は、基地局の N 本のアンテナから送信された信号を、送信に用いていない $N - M$ 本のアンテナで受信した際のチャンネル行列又はその共役転置行列を、フィードバックすることができる。これにより、基地局は行列 \mathbf{F} の共役転置行列 \mathbf{F}^H を知ることができ、これをプリコーディング行列とすることにより、MIMOによる最適な信号伝送を行うことができる。

【0027】

一方、この手法では、フィードバックコストが高いという問題が生じうる。すなわち、行列 \mathbf{F} に含まれる要素(チャンネルの値)そのものを基地局にフィードバックするため、フィードバックする情報量が非常に大きくなり、伝送容量を圧迫してしまう場合がある。

30

【0028】

このため、以下では、ユーザ端末は、予め定められた部分プリコーディング行列の複数の候補 \mathbf{T}_i (i はインデックス、例えば $0 \leq i < n$ の整数) から選択することにより、部分プリコーディング行列 \mathbf{T} を推定する。なお、ユーザ端末は、プリコーディング行列の候補のうちの選択されたものについてのインデックスをフィードバックすることで、情報量を大幅に削減することができる。例えば、部分プリコーディング行列 \mathbf{T} の候補の数が4つの場合は、2ビットで、フィードバック情報を送信することが可能となる。

40

【0029】

まず、事前準備として、基地局およびユーザ端末は、予め、共通して、部分プリコーディング行列の候補とインデックスとを対応付けて記憶しておく。すなわち、基地局は、ユーザ端末が選択した部分プリコーディング行列を、1つのインデックスが指定されることにより知ることができるようにしておく。ここで、基地局のアンテナの本数は一定であるとすれば、部分プリコーディング行列 \mathbf{T} の列の数に応じて、すなわち、ユーザ端末における受信アンテナ数から送信アンテナ数を減じた値に応じて、部分プリコーディング行列の大きさが変わる。したがって、基地局およびユーザ端末は、部分プリコーディング行列を、行列の列数ごとに分類してインデックスと対応付けて記憶しておき、列数とインデックスとにより、1つの部分プリコーディング行列を特定するようにしてもよい。なお、この

50

場合でも、基地局が、ユーザ端末における受信アンテナ数と送信アンテナ数との本数の差を予め知ることができる場合は、列数の情報はフィードバックされる必要はない。

【 0 0 3 0 】

まず、ユーザ端末は、基地局が複数のアンテナのそれぞれから送信した信号（例えばパイロット信号）に基づいて、下りリンクのチャンネル行列 H を取得する。なお、ここでは、ユーザ端末は、送信には使用しないアンテナでのチャンネル行列 F のみを取得するようにしてもよい。一方、基地局は、ユーザ端末が1つ以上のアンテナのそれぞれで送信した信号（例えばパイロット信号）を受信することにより、上りリンクのチャンネル行列 G を取得する。なお、基地局における上りリンクのチャンネル行列の取得とユーザ端末における下りリンクのチャンネル行列の取得は、どちらが先に行われてもよい。

10

【 0 0 3 1 】

ユーザ端末は、チャンネル行列 H の一部である行列 F に基づいて、記憶されている部分プリコーディング行列の複数の候補 T_i の中から、1つの候補をフィードバック対象として選択する。ここで、上述のように、部分プリコーディング行列 T は、 $FT/N = I_{N-M}$ に十分近くなるように選択されるべきである。したがって、ユーザ端末は、

$$\mathbf{T} = \mathbf{T}_{i_0} = \arg \min_{\mathbf{T}_i \in \Omega} \left\| \frac{1}{N} \mathbf{F} \mathbf{T}_i - \mathbf{I}_{N-M} \right\|$$

・・・ (8)

のように、部分プリコーディング行列 T を選択する。なお、式中、 Ω は、部分プリコーディング行列の候補の集合である。すなわち、取得した下りリンクのチャンネル行列の一部である行列 F との行列積を基地局のアンテナの本数 N で割った結果の行列と単位行列との差が最小となるような候補が、部分プリコーディング行列として選択される。式 (8) の例では、 i_0 番目の候補が、部分プリコーディング行列 T として選択された例を示している。

20

【 0 0 3 2 】

なお、式 (8) の例では、行列 F との行列積を基地局のアンテナの本数 N で割った結果の行列と単位行列との差が最小の候補が、部分プリコーディング行列 T として選択されているがこれに限られない。例えば、行列 F との行列積を基地局のアンテナの本数 N で割った結果の行列と単位行列との差が所定値以下となるような候補が、部分プリコーディング行列 T として選択されてもよい。なお、この場合、複数の候補において、行列 F との行列積を基地局のアンテナの本数 N で割った結果の行列と単位行列との差が所定値以下となる場合は、これらの候補の中から1つをランダムに選択してもよい。

30

【 0 0 3 3 】

ユーザ端末は、部分プリコーディング行列 T の選択を終えると、選択された候補に対応付けられたインデックスの値を、基地局へフィードバックする。式 (8) の例では、 i_0 が、基地局にフィードバックされる。

【 0 0 3 4 】

基地局は、フィードバックされたインデックスに基づいて、記憶されている部分プリコーディング行列の候補の中から、使用すべき部分プリコーディング行列 T を抽出する。そして、上りリンクのチャンネル行列 G と抽出された部分プリコーディング行列 T とを連結して、プリコーディング行列 $P = [G \quad T]$ を得る。

40

【 0 0 3 5 】

基地局は、このようにして得られたプリコーディング行列 P を、送信データを要素として含む送信データベクトルに乗じた結果として得られる送信信号ベクトルの各要素を、 N 本のアンテナのそれぞれから送信する。これにより、チャンネル行列 H とプリコーディング行列 P の行列積をアンテナ本数 N で割った結果が単位行列に十分に近いものとなるため、ユーザ端末は、アンテナ間の干渉を大きく受けることなく、送信されたデータを抽出することができる。

【 0 0 3 6 】

50

なお、ユーザ端末が複数となった場合、すなわち、マルチユーザMIMOの場合も、同様の処理を適用することができる。例えば、基地局が2N本のアンテナを有して、それらの全てを送信と受信との両方に用い、2つのユーザ端末がN本のアンテナを有して、それらの全てを受信に用いるが、送信にはM本(M < N)しか用いられない場合について説明する。この場合、例えば、下りリンクのチャネルHは、

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} h_{11} & \cdots & h_{1,2N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{M1} & \cdots & h_{M,2N} \\ h_{M+1,1} & \cdots & h_{M+1,2N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{N1} & \cdots & h_{N,2N} \\ h_{N+1,1} & \cdots & h_{N+1,2N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{N+M1} & \cdots & h_{N+M,2N} \\ h_{N+M+1,1} & \cdots & h_{N+M+1,2N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{2N,1} & \cdots & h_{2N,2N} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{G}_1^H \\ \mathbf{F}_1 \\ \mathbf{G}_2^H \\ \mathbf{F}_2 \end{bmatrix} \quad (9)$$

のように表すことができる。ここで \mathbf{G}_1 は、第1のユーザ端末からの信号から得られる上りリンクのチャネル行列であり、 \mathbf{F}_1 は、基地局の各アンテナと、第1のユーザ端末の送信には使用されないアンテナとの間の下りリンクのチャネル行列である。同様に、 \mathbf{G}_2 は、第2のユーザ端末からの信号から得られる上りリンクのチャネル行列であり、 \mathbf{F}_2 は、基地局の各アンテナと、第2のユーザ端末の送信には使用されないアンテナとの間の下りリンクのチャネル行列である。

【0037】

この場合も、 $\mathbf{H}\mathbf{H}^H / 2N = \mathbf{I}_{2N}$ であるため、プリコーディング行列 $\mathbf{P} = \mathbf{H}^H$ を用いれば、

$$\begin{aligned} \frac{1}{2N} \mathbf{H}\mathbf{P} &= \frac{1}{2N} \mathbf{H}\mathbf{H}^H \\ &= \frac{1}{2N} \begin{bmatrix} \mathbf{G}_1^H \mathbf{G}_1 & \mathbf{G}_1^H \mathbf{F}_1^H & \mathbf{G}_1^H \mathbf{G}_2 & \mathbf{G}_1^H \mathbf{F}_2^H \\ \mathbf{F}_1 \mathbf{G}_1 & \mathbf{F}_1 \mathbf{F}_1^H & \mathbf{F}_1 \mathbf{G}_2 & \mathbf{F}_1 \mathbf{F}_2^H \\ \mathbf{G}_2^H \mathbf{G}_1 & \mathbf{G}_2^H \mathbf{F}_1^H & \mathbf{G}_2^H \mathbf{G}_2 & \mathbf{G}_2^H \mathbf{F}_2^H \\ \mathbf{F}_2 \mathbf{G}_1 & \mathbf{F}_2 \mathbf{F}_1^H & \mathbf{F}_2 \mathbf{G}_2 & \mathbf{F}_2 \mathbf{F}_2^H \end{bmatrix} \\ &\approx \begin{bmatrix} \mathbf{I}_M & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \mathbf{I}_{N-M} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \mathbf{I}_M & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \mathbf{I}_{N-M} \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (10)$$

が成り立つ。

【0038】

しかしながら、基地局は、行列 \mathbf{F}_1 と \mathbf{F}_2 とを知らない。このため、基地局は、これらに代えて、別の部分プリコーディング行列 \mathbf{U} と \mathbf{V} とを用いて、プリコーディング行列 \mathbf{P} を [

10

20

30

40

50

$G_1 \ U \ G_2 \ V]$ とする。この場合、チャンネル行列 H とプリコーディング行列 P との行列積は、

$$\frac{1}{2N} \mathbf{HP} = \frac{1}{2N} \begin{bmatrix} \mathbf{G}_1^H \\ \mathbf{F}_1 \\ \mathbf{G}_2^H \\ \mathbf{F}_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{G}_1 & \mathbf{U} & \mathbf{G}_2 & \mathbf{V} \end{bmatrix}$$

$$= \frac{1}{2N} \begin{bmatrix} \mathbf{G}_1^H \mathbf{G}_1 & \mathbf{G}_1^H \mathbf{U} & \mathbf{G}_1^H \mathbf{G}_2 & \mathbf{G}_1^H \mathbf{V} \\ \mathbf{F}_1 \mathbf{G}_1 & \mathbf{F}_1 \mathbf{U} & \mathbf{F}_1 \mathbf{G}_2 & \mathbf{F}_1 \mathbf{V} \\ \mathbf{G}_2^H \mathbf{G}_1 & \mathbf{G}_2^H \mathbf{U} & \mathbf{G}_2^H \mathbf{G}_2 & \mathbf{G}_2^H \mathbf{V} \\ \mathbf{F}_2 \mathbf{G}_1 & \mathbf{F}_2 \mathbf{U} & \mathbf{F}_2 \mathbf{G}_2 & \mathbf{F}_2 \mathbf{V} \end{bmatrix} \approx \begin{bmatrix} \mathbf{I}_M & \frac{1}{2N} \mathbf{G}_1^H \mathbf{U} & 0 & \frac{1}{2N} \mathbf{G}_1^H \mathbf{V} \\ 0 & \frac{1}{2N} \mathbf{F}_1 \mathbf{U} & 0 & \frac{1}{2N} \mathbf{F}_1 \mathbf{V} \\ 0 & \frac{1}{2N} \mathbf{G}_2^H \mathbf{U} & \mathbf{I}_M & \frac{1}{2N} \mathbf{G}_2^H \mathbf{V} \\ 0 & \frac{1}{2N} \mathbf{F}_2 \mathbf{U} & 0 & \frac{1}{2N} \mathbf{F}_2 \mathbf{V} \end{bmatrix} \quad 10$$

・・・(11)

となる。ここで、上述の説明と同様に、 G 及び F が、平均がゼロのガウス分布であるとすれば、 G 及び F と関係なく部分プリコーディング行列 U 及び V を選択すると、これらの行列積はゼロ行列となる。すなわち、例えば、 U を F_1 のみに基づいて選択すれば、 $G_1 U$ 、 $G_2^H U$ 、 $F_2 U$ はそれぞれ高い確率でゼロ行列に漸近する。また、例えば、 V を F_2 のみに基づいて選択すれば、 $G_1^H V$ 、 $F_1 V$ 、 $G_2 V$ はそれぞれ高い確率でゼロ行列に漸近する。

【0039】

したがって、この場合も、 $F_1 U / 2N$ と単位行列との差が最小となる U 及び $F_2 V / 2N$ と単位行列との差が最小となる V を、部分プリコーディング行列として選択すれば足りる。このため、例えば、第1のユーザ端末は、 F_2 や G_2 を知らなくても、部分プリコーディング行列 U を選択することが可能となる。同様に、第2のユーザ端末は、 F_1 や G_1 を知らなくても、部分プリコーディング行列 V を選択することが可能となる。なお、第1のユーザ端末は、 $F_1 U / 2N$ と単位行列との差が所定値以下となるような部分プリコーディング行列 U を選択してもよい。また、第2のユーザ端末は、 $F_2 V / 2N$ と単位行列との差が所定値以下となるような部分プリコーディング行列 V を選択してもよい。また、これらの部分プリコーディング行列は、各ユーザ端末に記憶されている複数の候補のうちから選択されてもよく、この場合、基地局への部分プリコーディング行列のフィードバックは、対応するインデックスを用いて行われてもよい。

【0040】

このように、本実施形態に係る手法は、容易にマルチユーザMIMOにも適用することができる。

【0041】

なお、マルチユーザMIMOの場合、一部のユーザ端末では、全てのアンテナを送信と受信とに用いており、残りの一部のユーザ端末では、全てのアンテナを受信には用いるが送信には用いない、などの場合が生じる。例えば、一部のユーザ端末がアンテナを1つしか備えない場合である。このような場合、上述のような部分プリコーディング行列の推定とフィードバックは、送信と受信とで用いるアンテナ数が異なるユーザ端末のみが行えば足りる。全てのアンテナを送信と受信とに用いるユーザ端末については、上りリンクで送信された信号から得られるチャンネル行列 G を、そのままプリコーディング行列として用いることができ、これ以外の情報は不要だからである。

【0042】

(基地局とユーザ端末の構成例)

上述の各処理を行う基地局とユーザ端末との構成例を図2に示す。なお、図2では、ユ

10

20

30

40

50

ーザ端末を1つだけ示しているが、マルチユーザMIMOの場合は、複数のユーザ端末が存在することとなる。図2の例では、基地局200は、送受信部201、チャンネル推定部202、部分プリコーディング行列抽出部203、部分プリコーディング行列候補記憶部204、及びプリコーディング行列取得部205を有する。なお、基地局200は、他の一般的な基地局としての機能をも有するが、簡単のため、ここには示していない。また、ユーザ端末220は、例えば、送受信部221、チャンネル推定部222、部分プリコーディング行列推定部223、部分プリコーディング行列候補記憶部224を有する。なお、ユーザ端末220は、他の一般的な基地局としての機能をも有するが、簡単のため、ここには示していない。

【0043】

基地局200において、送受信部201は、複数のアンテナを送信及び受信に用いる、MIMO送受信部である。チャンネル推定部202は、ユーザ端末220の複数のアンテナのうちの一部から送信された信号を、基地局200の各アンテナで受信した際の、上りリンクのチャンネル行列Gを推定する。チャンネル推定部202は、推定したチャンネル行列Gを、プリコーディング行列取得部205に入力する。

【0044】

部分プリコーディング行列抽出部203は、ユーザ端末220からフィードバックされたインデックスに応じて、部分プリコーディング行列候補記憶部204から、ユーザ端末により選択された部分プリコーディング行列Tを抽出する。抽出された部分プリコーディング行列Tは、プリコーディング行列取得部205へ入力される。部分プリコーディング行列候補記憶部204は、部分プリコーディング行列の複数の候補を記憶する。なお、部分プリコーディング行列候補記憶部204は、上述のように、行列のサイズごとに、プリコーディング行列の候補を別個に記憶しておいてもよい。例えば、基地局200が使用するアンテナの本数によって変更する場合には、プリコーディング行列の行数が変動しうるし、ユーザ端末における送信と受信とで用いるアンテナ本数の差が変動しうるためである。部分プリコーディング行列候補記憶部204が、複数の行数、複数の列数に対応した、様々なサイズの部分プリコーディング行列を予め記憶しておくことにより、様々な状況において、適切な部分プリコーディング行列を選択することができる。

【0045】

プリコーディング行列取得部205は、入力された上りリンクのチャンネル行列Gと部分プリコーディング行列Tとを列方向で連結して、プリコーディング行列Pを取得する。プリコーディング行列Pは送受信部201へ入力される。送受信部201は、入力されたプリコーディング行列Pを、送信データを要素として含む送信データベクトルに左から乗じて送信信号ベクトルを取得し、その送信信号ベクトルの各要素を対応するアンテナから送信する。

【0046】

ユーザ端末220において、送受信部221は、例えば受信には2本のアンテナを用いる一方で、送信には1本のアンテナのみを用いて信号を送受信する。チャンネル推定部222は、基地局200の複数のアンテナから送信され、ユーザ端末の複数のアンテナでそれぞれ受信された信号により、下りリンクのチャンネル行列Hの少なくとも一部Fを推定する。なお、チャンネル推定部222は、一般的には、通常データの受信にチャンネル行列Hの全体を推定するが、本実施形態の場合は、チャンネル行列のうち、信号の送信には用いられないアンテナで受信された信号についての成分のみ(行列F)を推定すれば足りる。基地局200が、プリコーディング行列Pを取得した後は、チャンネル行列Hとプリコーディング行列Pとの行列積が単位行列に十分に近くなるため、チャンネルを推定しなくても、送信されたデータを取得することができるようになるからである。

【0047】

部分プリコーディング行列推定部223は、チャンネル行列の一部である行列Fの推定値から、部分プリコーディング行列Tを推定する。例えば、部分プリコーディング行列候補記憶部224に記憶されている複数の候補のうち、推定された行列Fとの行列積を基地局

10

20

30

40

50

200のアンテナ本数で割った結果の行列と単位行列との差が最小となる候補が、部分プリコーディング行列として推定される。また、例えば、複数の候補のうち、推定された行列Fとの行列積を基地局200のアンテナ本数で割った結果の行列と単位行列との差が所定値以下となる候補が、部分プリコーディング行列として推定される。部分プリコーディング行列候補記憶部224は、部分プリコーディング行列候補記憶部204と同様であり、記憶される部分プリコーディング行列の候補とその対応するインデックスの値とが共通しているものとする。

【0048】

なお、基地局200及びユーザ端末220は、一例において、図3に示すようなハードウェア構成を有し、例えば、CPU301、ROM302、RAM303、外部記憶装置304、及び入出力装置305を有する。基地局200及びユーザ端末220では、例えばROM302、RAM303及び外部記憶装置304のいずれかに記録された、上述の基地局200及びユーザ端末220の各機能を実現するプログラムがCPU301により実行される。そして、基地局200及びユーザ端末220は、入出力装置305を用いて、例えば、送受信部201及び221からの情報の取得と、送受信部201及び221への情報の出力とを行う。なお、CPU301は、信号の送受信のために、送受信部201及び221を制御する機能を有していてもよい。

10

【0049】

なお、基地局200及びユーザ端末220は、上述の各機能を実行する専用のハードウェアを備えてもよいし、一部をハードウェアで実行し、プログラムを動作させるコンピュータでその他の部分を実行してもよい。また、以下の全機能をコンピュータとプログラムにより実行させてもよい。

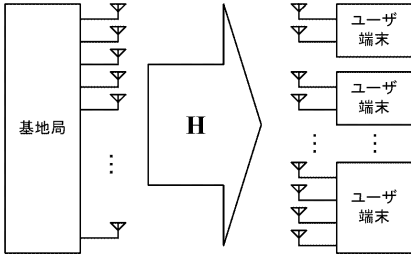
20

【0050】

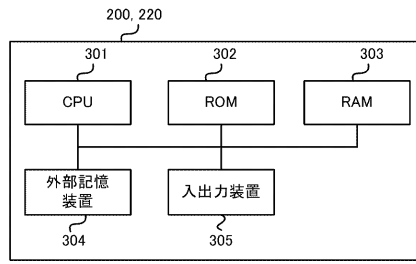
このようにして、本実施形態によれば、基地局は、上りリンクのチャネル行列から、下りリンクのチャネル行列の全ての値を推定することができない状況であっても、適切なプリコーディング行列Pを取得することができる。また、部分プリコーディング行列のインデックスのみがフィードバックされることにより、フィードバックコストを下げることも可能となる。なお、下りリンクのチャネル行列の全体に対するプリコーディング行列を推定するのとは異なり、そのチャネル行列の一部のみに対するプリコーディング行列の推定が行われるため、計算対象となる行列のサイズが小さくなる。したがって、部分プリコーディング行列の推定は、全体のプリコーディング行列の推定ほどには計算コストを要しない。したがって、ユーザ端末のような、演算能力に限られる場合がある装置においても、部分プリコーディング行列の推定を行うことができる。

30

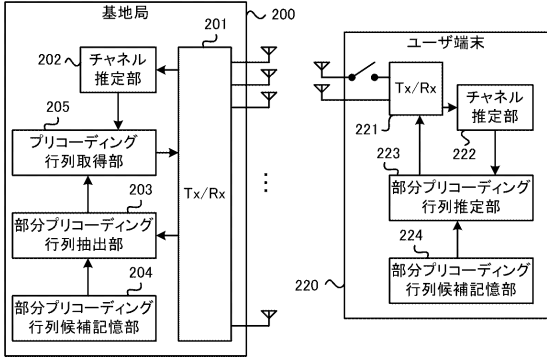
【図1】



【図3】



【図2】



フロントページの続き

(74)代理人 100131886

弁理士 坂本 隆志

(74)代理人 100170667

弁理士 前田 浩次

(72)発明者 スイヒリ ウサマ

埼玉県ふじみ野市大原二丁目1番15号 株式会社KDDI研究所内

(72)発明者 畑川 養幸

埼玉県ふじみ野市大原二丁目1番15号 株式会社KDDI研究所内

(72)発明者 小西 聡

埼玉県ふじみ野市大原二丁目1番15号 株式会社KDDI研究所内

Fターム(参考) 5K159 EE02