

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2012 年 5 月 10 日(10.05.2012)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2012/060177 A1

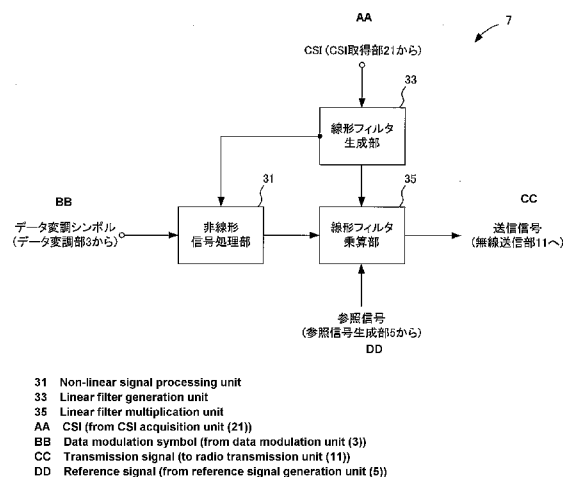
- (51) 国際特許分類:
H04J 99/00 (2009.01) H04J 11/00 (2006.01)
H04B 7/04 (2006.01) H04W 16/28 (2009.01)
H04J 1/00 (2006.01) H04W 24/10 (2009.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/072919
- (22) 国際出願日: 2011 年 10 月 5 日(05.10.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2010-246391 2010 年 11 月 2 日(02.11.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について):
シャープ株式会社(SHARP KABUSHIKI KAISHA)
[JP/JP]; 〒5458522 大阪府大阪市阿倍野区長池町
2 2 番 2 2 号 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 藤 晋平
(TO Shimpei). 留場 宏道(TOMEBA Hiromichi). 窪
田 稔(KUBOTA Minoru). 小野寺 毅(ONODERA
Takashi). 平田 梢(HIRATA Kozue). 中野 博史
- (58) (NAKANO Hiroshi). ルイズデルガド アルバロ
(RUIZ DELGADO Alvaro).
- (74) 代理人: 平木 祐輔, 外(HIRAKI Yusuke et al.);
〒1050001 東京都港区虎ノ門 4 丁目 3 番 2 0 号
神谷町 M T ビル 1 9 階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS,
KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS,
LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL,
PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラ
シア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨー
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,

[続葉有]

(54) Title: BASE STATION DEVICE, MOBILE STATION DEVICE, AND RADIO COMMUNICATION SYSTEM USING SAME

(54) 発明の名称: 基地局装置、移動局装置及びそれらを用いた無線通信システム

[図2]



- 31 Non-linear signal processing unit
33 Linear filter generation unit
35 Linear filter multiplication unit
AA CSI (from CSI acquisition unit (21))
BB Data modulation symbol (from data modulation unit (3))
CC Transmission signal (to radio transmission unit (11))
DD Reference signal (from reference signal generation unit (5))

(57) Abstract: A radio communication system wherein a base station device provided with a plurality of transmission antennas performs spatial multiplexing transmission of transmission signals addressed to a plurality of mobile station devices, and the mobile station devices receive the signals transmitted from the base station device: wherein, each mobile station device selects a desired pre-coding vector from among predetermined candidates, and notifies the base station device of information specifying the selected pre-coding vector; and the base station device generates a linear filter on the basis of the information notified by the mobile station devices, perceives inter-user interference to be received by at least one of the mobile station devices when the generated linear filter is used, generates new transmission signals by subtracting the inter-user interference from the transmission signals, and performs spatial multiplexing of the transmission signals addressed to the plurality of mobile station devices by multiplying the linear filter to the new transmission signals. Thereby, a preferable reception property can be obtained while the feedback of CSI is efficiently performed.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/060177 A1



ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, 添付公開書類:

MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,

GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

複数の送信アンテナを備えた基地局装置が、複数の移動局装置宛の送信信号を空間多重して送信し、前記移動局装置が前記基地局装置から送信された信号を受信する無線通信システムであって、前記移動局装置は、予め決められた候補の中から所望のプリコーディングベクトルを選択し、前記選択したプリコーディングベクトルを特定する情報を前記基地局装置に通知し、前記基地局装置は、前記移動局装置から通知された情報を基に線形フィルタを生成し、生成した前記線形フィルタを用いる場合に少なくとも1つの前記移動局装置が受けるユーザ間干渉を把握し、前記ユーザ間干渉を送信信号から減算することにより新たな送信信号を生成し、前記線形フィルタを前記新たな送信信号に乗算することにより、前記複数の移動局装置宛の送信信号を空間多重する。これにより効率良くCSIのフィードバックを行いつつ、良好な受信特性を得ることができる。

明 細 書

発明の名称：

基地局装置、移動局装置及びそれらを用いた無線通信システム

技術分野

[0001] 本発明は、Multi User-MIMO (MU-MIMO) 伝送を行う基地局装置、移動局装置及びそれらを用いた無線通信システムに関する。

背景技術

[0002] セルラシステム等の無線通信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、基地局装置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（送信ストリーム）を空間多重するダウンリンクMIMO (Multiple-Input Multiple-Output) 伝送に関する研究が盛んに行われている。このうち、複数の受信アンテナを有する単一移動局装置宛の複数の送信信号を空間多重して同時に伝送するSingle User-MIMO (SU-MIMO) は、移動局装置毎の伝送レートを大きく向上させることが可能であり、動画像の伝送等、高い伝送レートが要求される場合に非常に有効な技術である。

[0003] 一方、複数の移動局装置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、各移動局装置が備える受信アンテナ数が少ない場合にも基地局側の送信アンテナを有効に活用した伝送を行うことが可能であり、空間多重の対象となる移動局装置を適切に選択することによりマルチユーザダイバーシチ効果も得られることから、システム全体の周波数利用効率を向上させる技術として注目されている。

[0004] ダウンリンクのMU-MIMO伝送では、複数移動局装置（ユーザ）宛の信号を同一リソースで伝送するため、各移動局装置における受信信号が干渉し合わないよう、基地局装置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。非線形プリコーディングは線形プリコーディングと比較して処理が複雑であるものの、非線形処理により干渉信号を除去することができるため送信アンテナの自由度を有効に活用することができ、線形プリコーディングと比較して良好な受信特性を得ることができる。

[0005] この非線形プリコーディングを用いたMU-MIMO伝送の代表例として、Tomlinson-Harashima Precodingを用いたMU-MIMO (THP MU-MIMO) 伝送がある。ここで、THP MU-MIMOの一例として、QR分解を用いる手法について以下に示す（下記非特許文献1参照）。THP MU-MIMOに限らず、一般的なダウンリンクのMU-MIMOでは、まず、各移動局装置において測定された伝搬路を表わす情報（Channel State Information : CSI）を基地局装置が取得する。但し、このCSIは、各移動局装置において測定された伝搬路そのものを量子化した情報をExplicit CSIとして明示的にフィードバックする方法により基地局装置に通知されるものとする。

[0006] ここで、一例として、基地局装置の送信アンテナ数を2とし、それぞれ1本の受信アンテナを備える2つの移動局装置（移動局装置1, 2）からそれぞれフィードバックされたCSIを行列形式にまとめた伝搬路行列が次式で表されるものとする。但し、基地局装置のアンテナkから移動局装置mへ信号が伝送される際に受ける伝搬路変動が h_{mk} であり、例えば、 h_{12} は基地局装置のアンテナ2から移動局装置1へ信号が伝送される際に受ける伝搬路変動を表している。

[数1]

$$\mathbf{H} = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{pmatrix} \quad (1)$$

[0007] この伝搬路行列の複素共役転置行列に対し、THP MU-MIMO伝送

を行う基地局装置では次式に示すようなQR分解を施す。但し、Qはユニタリ行列を、Rは上三角行列をそれぞれ表わしている。

[数2]

$$\mathbf{H}^H = \mathbf{Q}\mathbf{R} \quad (2)$$

[0008] QR分解を用いるTHP MU-MIMOを行う基地局装置では、このように得られたユニタリ行列Qを送信信号 $\mathbf{d} = [d_1 \ d_2]^T$ に乗算し、プリコーディングを行う。このようなプリコーディングが行われた場合の、各移動局装置における受信信号 $\mathbf{r} = [r_1 \ r_2]^T$ は次式で表わされる。但し、簡単のため、移動局装置において加わる雑音成分は省略している。

[数3]

$$\mathbf{r} = \mathbf{H}\mathbf{Q}\mathbf{d} = \mathbf{R}^H \mathbf{Q}^H \mathbf{Q}\mathbf{d} = \begin{pmatrix} r_1 & 0 \\ r_2 & r_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d_1 \\ d_2 \end{pmatrix} \quad (3)$$

[0009] 式(3)より、ユニタリ行列Qを用いてプリコーディングを行う場合には、移動局装置1はユーザ間干渉を受けずに、希望信号のみを受信できることがわかる。一方、移動局装置2の受信信号には、移動局装置1宛の信号が混在しており、ユーザ間干渉が除去されていないことがわかる。THP MU-MIMOでは、このように行列の乗算では除去できないユーザ間干渉を、送信信号から予め減算する処理を行う。但し、ここでの、2つの移動局装置を対象とした例では、移動局装置1宛の信号が移動局装置2に与える干渉を、移動局装置2宛の信号から予め減算することとなる。このような減算処理が行われた場合、各移動局装置における受信信号は次式で表わされる。

[数4]

$$\mathbf{r} = \begin{pmatrix} r_1 & 0 \\ r_2 & r_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d_1 \\ d_2' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_1 & 0 \\ r_2 & r_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d_1 \\ d_2 - \frac{r_2}{r_3} d_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_1 d_1 \\ r_2 d_2 \end{pmatrix} \quad (4)$$

[0010] この式(4)からわかるように、ユニタリ行列Qによるプリコーディングのみでは除去できなかったユーザ間干渉を送信信号から予め減算しておくこ

とにより、いずれの移動局装置においても、ユーザ間干渉が混在しない、希望信号のみからなる信号を受信することが可能となる。

[0011] 但し、このように、送信信号からユーザ間干渉を減算する場合には、その減算の結果得られる信号の振幅が、元の信号の振幅に比べて非常に大きくなってしまい、送信電力が増大してしまうことがある。このような問題を回避するために、送信信号に適切なベクトルを加算し、規定の送信電力内に収まるよう処理するTHPを適用する。THPによる演算はmodulo演算とも呼ばれる非線形演算であり、次式で表される。

[数5]

$$\text{Mod}_M(x) = x - \text{floor}\left(\frac{\text{Re}(x) + M}{2M}\right) \times 2M - j \text{floor}\left(\frac{\text{Im}(x) + M}{2M}\right) \times 2M \quad (5)$$

[0012] 但し、入力信号 x （上記の例では、入力信号は d_2' ）は複素数であり、 j は虚数単位、 M は変調方式に応じて決まる実数の定数である。具体的には、変調シンボルの平均電力を1に正規化した場合、QPSKでは $M = \sqrt{2}$ 、16QAMでは、 $M = 4/\sqrt{10}$ 、64QAMでは $M = 8/\sqrt{42}$ となる。また、 $\text{floor}(x)$ は x を超えない最大の整数を表す。

[0013] この演算により、入力信号 x がいかなる値の信号であっても、出力信号 $\text{Mod}_M(x)$ は原点から $[-M, M]$ の範囲に収まる信号となる。このとき、式(5)で入力信号に加算されるベクトルは摂動ベクトルと呼ばれ、THP(modulo演算)は、入力信号の同相成分、直交成分それぞれに適切な摂動ベクトルを加算する演算であるということもできる。また、このようにmodulo演算により加算された摂動ベクトルは、送信側と同じmodulo演算を受信側で受信信号に対して施すことにより、その影響を取り除くことができる。したがって、移動局装置では、受信信号に対して伝搬路の補償を行った後に、modulo演算を施し、復調を行うこととなる。

[0014] このようなTHP(modulo演算)を用いることにより、信号の振幅を一定範囲内に収めることが可能となり、規定の送信電力を満足しつつ、ユーザ間の干渉を予め減算した信号を送信することができる。これにより、送

信アンテナの自由度を有効に活用したMU-MIMO伝送を行うことができ、線形プリコーディングを用いたMU-MIMO伝送に比べ、良好な受信特性を得ることができる。

先行技術文献

非特許文献

- [0015] 非特許文献1：青木 他，“Tomlinson-Harashima Precodingを用いたMIMO Broadcast Channelにおけるパイロット信号の検討，” 2009年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会B-5-39，Sep. 2009.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0016] CSIのフィードバック方法としては、先に述べたExplicit CSIをフィードバックする方法と、これとは別に、予め決められたコードブックと呼ばれる候補の中から、各移動局装置がそれぞれ所望のプリコーディングベクトルを選択し、選択したプリコーディングベクトルを特定する情報をCSIとしてフィードバックするImplicit CSIフィードバックと呼ばれる方法もある。このImplicit CSIは、伝搬路そのものを表わす情報ではなく、基地局装置で送信信号に乗算されるプリコーディングベクトルを表わす情報であるため、これを基にしたプリコーディングでは、空間多重の対象となる移動局装置の様々な組み合わせに対して、常にユーザ間干渉を除去することは困難であり、Explicit CSIを基にしたプリコーディングに比べ、受信特性は劣化してしまう。しかし、フィードバックに要する情報量を低減することが可能となり、効率よくフィードバックを行うことができる。
- [0017] しかし、上述のTHP MU-MIMO伝送では、式(4)に示すように、移動局装置が受信する信号に含まれるユーザ間干渉を基地局装置が予め把握し、そのユーザ間干渉を送信信号から減算する必要があるが、Impli

implicit CSIは送信側で用いられるプリコーディングベクトルを表わすものであって、受信側での伝搬路を表わしているわけではないため、implicit CSIがフィードバックされる場合には減算すべきユーザ間干渉を把握することができない。したがって、implicit CSIがフィードバックされるシステムにおいては、THP MU-MIMO伝送を行うことができず、送信アンテナの自由度を有効に活用した空間多重ができないという問題があった。

[0018] 本発明は、効率良くCSIのフィードバックを行いつつ、良好な受信特性を得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0019] 本発明の一観点によれば、複数の送信アンテナを備えた基地局装置が、複数の移動局装置宛の送信信号を空間多重して送信し、前記移動局装置が前記基地局装置から送信された信号を受信する無線通信システムであって、前記移動局装置は、予め決められた候補の中から所望のプリコーディングベクトルを選択し、前記選択したプリコーディングベクトルを特定する情報を前記基地局装置に通知し、前記基地局装置は、前記移動局装置から通知された情報を基にプリコーディングベクトルを生成し、生成した前記プリコーディングベクトルを用いる場合に少なくとも1つの前記移動局装置が受けるユーザ間干渉を把握し、前記ユーザ間干渉を送信信号から減算することにより新たな送信信号を生成し、生成した前記プリコーディングベクトルを前記新たな送信信号に乗算することにより、前記複数の移動局装置宛の送信信号を空間多重することを特徴とする無線通信システムが提供される。

[0020] 前記複数の移動局装置の少なくとも1つは、前記所望のプリコーディングベクトルとは別のプリコーディングベクトルを特定する情報も前記基地局装置に通知することが好ましい。

[0021] また、前記複数の移動局装置の少なくとも1つは、自局が受ける干渉を表わす係数を測定し、前記測定した係数を前記基地局装置に通知するようにしても良い。

[0022] 本明細書は本願の優先権の基礎である日本国特許出願2010-246391号の明細書および／または図面に記載される内容を包含する。

発明の効果

[0023] 本発明を用いることにより、各移動局装置がそれぞれ所望のプリコーディングベクトルを選択し、選択したプリコーディングベクトルを特定する情報をCSIとしてフィードバックするImplicit CSIフィードバックが行われる場合にも、THP MU-MIMO伝送を行うことが可能となり、効率良くCSIのフィードバックを行いつつ、良好な受信特性を得ることができる。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]本発明の第1の実施形態における基地局装置の構成例を示す機能ブロック図である。

[図2]本実施の形態によるPrecoding部の構成例を示す機能ブロック図である。

[図3]本実施の形態による移動局装置の構成例を示す機能ブロック図である。

[図4]本発明の第2の実施の形態によるPrecoding部の構成例を示す機能ブロック図である。

[図5]本発明の第3の実施形態における基地局装置の構成例を示す機能ブロック図である。

[図6]本発明の第3の実施の形態によるPrecoding部の構成例を示す機能ブロック図である。

[図7]本発明の第3の実施形態における移動局装置の構成例を示す機能ブロック図である。

発明を実施するための形態

[0025] 本発明では、各移動局装置からImplicit CSIがフィードバックされるシステムにおいて、THP MU-MIMO伝送を行うための構成について示す。先に述べたように、Implicit CSIは、各移動局装置において観測される伝搬路そのものを表わす情報ではなく、基地局装置

で送信信号に乗算される所望のプリコーディングベクトルを表わす情報であることから、Explicit CSIがフィードバックされた場合と同様の方法により、THP MU-MIMO伝送を行う際に送信信号から減算すべきユーザ間干渉を算出することはできない。そこで、本発明では、フィードバックされたImplicit CSIを変換した情報を基に、減算すべきユーザ間干渉を算出する方法や、Implicit CSIとは別に、ユーザ間干渉を表わす情報をフィードバックする方法について示し、Implicit CSIがフィードバックされるシステムにおいてTHP MU-MIMO伝送を実現するための構成を明らかにする。

[0026] <第1の実施形態>

本発明による第1の実施形態では、予め決められたコードブックの中から、各移動局装置がそれぞれ所望のプリコーディングベクトルを選択して基地局にフィードバックする場合に、プリコーディングベクトルを特定するインデックス以外の情報を通知することなく、基地局装置において非線形演算を含むプリコーディングを行ってMU-MIMO伝送を行う構成例について示す。

[0027] ここで、本実施形態では、 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が、簡単のため、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 U は2として説明を行う。ただし、 $N_t \geq \sum_{n=1}^U R_n$ （ R_n は移動局装置 n 宛のデータストリーム数またはランク数と呼ばれる）が満たされる限りの数だけの空間多重を行うことが出来るため、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、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（ $R_n = 1$, $1 \leq n \leq U$ ）を想定しているが、各ユーザの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よい。

[0028] まず、図1に、本実施形態における基地局装置の構成例を示す。但し、上述のように、本実施の形態では、空間多重される移動局装置数 U は2であり、それらの移動局装置を第1ユーザ、第2ユーザと呼ぶこととする。

[0029] 図1に示す基地局装置Aは、第1のユーザ（第1の移動局装置）宛のデータ系列を符号化する第1のチャネル符号化部1aと、第2のユーザ（第2の移動局装置）宛のデータ系列を符号化する第2のチャネル符号化部1bと、第1のチャネル符号化部1aで符号化された信号を変調する第1のデータ変調部3a、第2のチャネル符号化部1bで符号化された信号を変調する第2のデータ変調部3bと、参照信号生成部5と、Precoding（プリコーディング部）7と、無線送信部11と、アンテナ15と、無線受信部17と、CSI取得部21と、を有している。ここで、無線送信部11、アンテナ15、無線受信部17をまとめてアンテナ部と呼ぶものとする、本実施形態における基地局装置は N_t 個のアンテナ部を有することとなる。

[0030] 本発明では、MU-MIMO伝送に先立って、まず各移動局装置における伝搬路の状態（CSI: Channel State Information）を把握することが必要であり、基地局装置から既知の参照信号系列を送信し、その参照信号の受信結果を用いて各移動局装置が伝搬路推定を行うことにより、これを実現するものとする。このための参照信号は参照信号生成部で生成され、各移動局装置へ送信するために無線送信部へ入力される。無線送信部に入力された信号は、デジタル信号からアナログ信号に変換（D/A変換）され、無線送信可能な周波数帯域へ周波数変換された後に、各アンテナから送信される。但し、各送信アンテナと各移動局装置のそれぞれの受信アンテナとの間の伝搬路を把握する必要があるため、アンテナ間で直交させた参照信号を送信するものとする。参照信号をアンテナ間で直交させる方法としては、時間的に直交させる方法や直交符号を用いる方法等がある。また、図1に示す基地局装置はシングルキャリア伝送を対象とした構成となっているが、マルチキャリア伝送を用いるシステムにおいては、アンテナ毎に異なるサブキャリアを用いて周波数領域で直交させる方法を用いること

もできる。このような構成とすることにより、基地局装置は伝搬路推定用の参照信号を送信でき、各移動局装置に伝搬路を推定させることが可能となる。

- [0031] 各移動局装置の構成と信号処理については後述するが、上述のように基地局装置から送信された参照信号を基に伝搬路の推定を行い、その伝搬路の状態を示す情報（CSI）を基地局装置へフィードバックする。そして、図1に示す基地局装置では、フィードバックされたCSIをアンテナで受信し、無線受信部17においてA/D変換可能な周波数帯域（ベースバンド帯）へ周波数変換した後、アナログ信号をデジタル信号に変換する。デジタル信号に変換された信号は、CSI取得部21に入力され、各移動局装置からそれぞれフィードバックされたCSIが基地局装置において把握される。
- [0032] ここで、本実施の形態で対象とするCSIについて説明する。プリコーディングベクトルを w_t と表わすものとする、本実施の形態では、基地局装置と移動局装置の間で複数のプリコーディングベクトル w_t が記載された、式（6）に一例を示すようなコードブックを予め共有しており、移動局装置は所望のプリコーディングベクトル $w_{t,u}$ （ u はユーザ番号）を特定するインデックスをCSIとして基地局装置にフィードバックする構成としている。この式（6）に示す例は、基地局装置の送信アンテナ数を4とした場合のコードブックを表わしており、16個のプリコーディングベクトル（列ベクトル）から構成されるため、それぞれを特定するインデックスとして4ビットが必要となる。このようなフィードバックは、各移動局装置における伝搬路情報を暗示的に表わしていると言えるため、Implicit CSIフィードバックと呼ばれることがある。

[数6]

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ j \\ -1 \\ -j \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \\ 1 \\ -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ -j \\ -1 \\ j \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1+j}{\sqrt{2}} \\ j \\ \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \\ -j \\ \frac{1+j}{\sqrt{2}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{-1-j}{\sqrt{2}} \\ j \\ \frac{1-j}{\sqrt{2}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1-j}{\sqrt{2}} \\ -j \\ \frac{-1-j}{\sqrt{2}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ -1 \\ -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ j \\ 1 \\ j \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \\ -1 \\ 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ -j \\ 1 \\ -j \end{pmatrix} \\
 \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ -1 \\ 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \end{pmatrix} \quad (6)$$

[0033] この $w_{t,u}$ を各ユーザが決定する方法の具体例は後述するが、一例として、予め決められた候補（コードブック）の中から、自局宛の信号の受信信号対雑音電力比（SNR）を最大化できる $w_{t,u}$ を選択するといった方法がある。SNRを最大とするプリコーディングベクトルは、基地局装置と第 u ユーザ間の伝搬路行列 H_u から算出される $H_u^H H_u$ という行列（なお、 A^H は行列 A の随伴行列を表す）が有する固有ベクトルのうち、最大固有値（ここでは $\lambda_{u, \max}$ とする）に対応する固有ベクトル（ここでは $u_{u, \max}$ とする）である。したがって、ランク1の伝送を対象とする本実施の形態では、この固有ベクトルに最も近い1つのベクトルをコードブックから抽出し、そのインデックスを基地局装置に通知することになる。

[0034] このような、移動局装置が所望するプリコーディングベクトルに関する情報を、CSIとして受け取った基地局装置は、次に、それらの情報を基に、各移動局装置宛のデータ信号の空間多重を行ってMU-MIMO伝送を行う。以下では、各移動局装置宛のデータ信号の空間多重方法について、図1を用いて具体的に説明する。

[0035] 図1に示す基地局装置では、まず、各ユーザ（移動局装置）宛の送信データがチャネル符号化部1a、1bに入力され、チャネル符号化された後、データ変調部3a、3bにおいてデータ変調が行われる。なお、各ユーザ宛の送信データに適用されるチャネル符号化率およびデータ変調方式の決定方法

は本発明の対象外であるが、一例として、事前に各ユーザより通知される各ユーザの受信品質に関連付けられた制御情報に基づいて決定するといった方法がある。本実施の形態においても、事前の制御情報のやり取りによって、符号化率、変調方式は予め決められているものとする。データ変調部 3 a、3 b の出力は、Precoding 部 7 に入力され、本実施の形態におけるプリコーディングが施される。また、Precoding 部 7 には、参照信号生成部 5 で生成された既知の参照信号系列も入力される。但し、この参照信号は、上述の CSI を測定するための参照信号とは異なり、移動局装置において受信データ信号を復調する際に必要となる伝搬路を推定させるための参照信号である。このため、この参照信号には、Precoding 部 7 においてデータ信号と同じプリコーディングが施されることとなる。また、移動局装置において分離可能なように、各参照信号がそれぞれ直交するように送信されるものとする。

[0036] 図 2 には、本実施の形態に係る Precoding 部 7 の構成例を示している。ここで、データ変調部 3 より出力される第 1 および第 2 ユーザの送信シンボルを、 d_1 および d_2 とし、送信シンボルベクトル d を $d = [d_1, d_2]^T$ と定義する。尚、 A^T は、行列 A の転置行列を表す。この Precoding 部 7 の線形フィルタ生成部 33 には、先に CSI 取得部 21 において取得された第 1 および第 2 ユーザの CSI が入力され、線形フィルタが生成される。但し、先に述べたように、本発明では、各移動局装置の所望プリコーディングベクトルに関する情報が CSI としてフィードバックされるため、線形フィルタ生成部 33 にも、各移動局装置から通知されたプリコーディングベクトル $w_{t,u}$ が入力されることとなる。ここで、フィードバックされた $w_{t,u}$ と伝搬路の最大固有値に対応する固有ベクトル $u_{u, \max}$ がほぼ一致しているものとみなすと、各ユーザと基地局装置間の見掛け上の伝搬路行列 H_{eff} は次式のように表わすことができる。

[数7]

$$\mathbf{H}_{eff} = \begin{pmatrix} \mathbf{w}_{t,1}^H \\ \mathbf{w}_{t,2}^H \end{pmatrix} \quad (7)$$

[0037] 式(7)に示すように、この見掛け上の伝搬路行列 $\mathbf{H}_{eff}$ は各ユーザから通知されたプリコーディングベクトル(ここでは $\mathbf{w}_{t,1}$ と $\mathbf{w}_{t,2}$)に複素共役転置(エルミート転置)を与えることで得られる行ベクトルを列方向に結合することにより得ることが出来る。ここでは、同時空間多重ユーザ数を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 $\mathbf{H}_{eff}$ を表わすことができる。

[0038] このように表わされる伝搬路行列 $\mathbf{H}_{eff}$ を基に、線形フィルタ生成部33では、線形フィルタ $\mathbf{W}_{eff}$ を生成する。本実施形態で用いる線形フィルタ $\mathbf{W}_{eff}$ は、伝搬路行列 $\mathbf{H}_{eff}$ を下三角行列に変換する行列である。そのような行列は、 $\mathbf{H}_{eff}$ の随伴行列 $\mathbf{H}_{eff}^H$ にQR分解を適用することにより求めることが出来る。すなわち、 $\mathbf{H}_{eff}^H = \mathbf{Q}\mathbf{R}$ とQR分解したとき(Qがユニタリ行列、Rが上三角行列である)、Qが線形フィルタ $\mathbf{W}_{eff}$ となり、これらの行列は次式を満たす関係となっている。ここで、具体的には、Qの第1から第2列ベクトルまでを抽出した($N_t \times 2$)の行列が線形フィルタ $\mathbf{W}_{eff}$ となる。

[数8]

$$\mathbf{H}_{eff}\mathbf{Q} = \mathbf{R}^H = \begin{pmatrix} r_{1,1} & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ r_{2,1} & r_{2,2} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & & \ddots & \\ 0 & 0 & 0 & & 0 \end{pmatrix} \quad (8)$$

[0039] ここで、式(8)を満たすユニタリ行列Qを線形フィルタ $\mathbf{W}_{eff}$ として送信シンボルベクトルに乗算することにより得られるベクトル $\mathbf{W}_{eff}\mathbf{d}$ を送信信号ベクトルとして、基地局装置より送信することを考える。第uユーザの移動局装置の第m受信アンテナで受信される受信信号を $\{r_{u,m}; u=1 \sim 2, m$

$= 1 \sim N_r$ } としたとき、第 u ユーザの受信信号ベクトル $\mathbf{r}_u = [r_{u,1}, \dots, r_{u,N_r}]^T$ は次式で与えられる。

[数9]

$$\mathbf{r}_u = \mathbf{H}_u \mathbf{W}_{eff} \mathbf{d} + \mathbf{n}_u \quad (9)$$

[0040] ここで、 $\mathbf{n}_u$ は雑音ベクトルである。各移動局装置では、所望信号の受信 SNR を最大にする受信フィルタ $\mathbf{w}_{r,u}$ を受信信号ベクトルに乗算する。ランク 1 の伝送を行っている場合、受信 SNR を最大にする受信フィルタ $\mathbf{w}_{r,u}$ は $(\mathbf{H}_u \mathbf{w}_{t,u})^H$ で表される $(N_r \times 1)$ の行ベクトルである。

[0041] $\mathbf{w}_{r,u} = (\mathbf{H}_u \mathbf{w}_{t,u})^H$ が乗算された検波出力を $\hat{d}_u$ とする。第 1 および第 2 ユーザの検波出力をまとめた検波出力ベクトル $\hat{\mathbf{d}} = [\hat{d}_1, \hat{d}_2]^T$ は次式で与えられる。

[数10]

$$\hat{\mathbf{d}} = \begin{pmatrix} (\mathbf{H}_1 \mathbf{w}_{t,1})^H \mathbf{r}_1 \\ (\mathbf{H}_2 \mathbf{w}_{t,2})^H \mathbf{r}_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{w}_{t,1}^H \mathbf{H}_1^H \mathbf{H}_1 \\ \mathbf{w}_{t,2}^H \mathbf{H}_2^H \mathbf{H}_2 \end{pmatrix} \mathbf{W}_{eff} \mathbf{d} \quad (10)$$

[0042] なお、簡単のため雑音項は省略している。ここで、 $\mathbf{w}_{t,u} = \mathbf{u}_{u,max}$ が満たされている場合、次式が成り立つ。

[数11]

$$\mathbf{w}_{t,u}^H \mathbf{H}_u^H \mathbf{H}_u \mathbf{w}_{t,u} = \lambda_{u,max} \mathbf{w}_{t,u}^H \quad (11)$$

[0043] この式 (11) を式 (10) に代入すると次式が得られる。

[数12]

$$\hat{\mathbf{d}} = \begin{pmatrix} \lambda_{1,max} & 0 \\ 0 & \lambda_{2,max} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{w}_{t,1}^H \\ \mathbf{w}_{t,2}^H \end{pmatrix} \mathbf{W}_{eff} \begin{pmatrix} d_1 \\ d_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \lambda_{1,max} & 0 \\ 0 & \lambda_{2,max} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r_{1,1} & 0 \\ r_{2,1} & r_{2,2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d_1 \\ d_2 \end{pmatrix} \quad (12)$$

[0044] 式 (12) より、 $\mathbf{H}_{eff}$ の随伴行列 $\mathbf{H}_{eff}^H$ に QR 分解を適用して得られる線形フィルタ $\mathbf{W}_{eff}$ を用いる場合には、第 1 ユーザは自局宛の信号のみを受信できるのに対して、第 2 ユーザの受信信号には、第 1 ユーザ宛の信号が干渉として受信されてしまうことが分かる。そこで、Precoding 部 7 では

、この第2ユーザに観測される干渉信号を予め非線形信号処理部31において減算する。

[0045] 非線形信号処理部31における信号処理について説明する。非線形信号処理部31には、Precoding部7に入力されたデータ変調シンボル d と、線形フィルタ生成部33より出力される H_{eff} および W_{eff} が入力される。非線形信号処理部31においては、前述した第2ユーザの移動局装置において観測される干渉信号を予め減算する信号処理が行われる。具体的には、第2ユーザ宛の送信信号 d_2 に対して次式に示すような信号処理を行い、第2ユーザ宛の送信信号 x_2 を新たに算出する。

[数13]

$$x_2 = d_2 - \frac{r_{2,1}}{r_{2,2}} d_1 \quad (13)$$

[0046] この式(13)で表される信号 x_2 を第2ユーザ宛の送信信号として d_2 の代わりに送信することで、第2ユーザにも所望信号のみを受信させることができる。このような干渉抑圧処理を線形フィルタ W_{eff} の乗算前に行うことで、第2ユーザに対しても干渉を与えない伝送を行うことが可能となる。しかし、伝搬路情報 H_{eff} の状態によっては、 x_2 の大きさが d_2 よりも遥かに大きくなってしまい、膨大な送信電力を必要としまう可能性がある。そこで、本実施形態では x_2 に対してmodulo演算と呼ばれる非線形信号処理を行う。

[0047] modulo演算 $\text{Mod}_M(x)$ は、ある入力 x に対して、その出力が $-M$ より大きく、かつ M 以下に収まるようにするものである。ここで M はmodulo幅と呼ばれ、入力される信号の変調方式等に応じて設定される。例えばQPSK変調信号が入力される場合には、 $M = \sqrt{2}$ 、16QAMでは、 $M = 4/\sqrt{10}$ 、64QAMでは $M = 8/\sqrt{42}$ となる。信号 x_2 にmodulo演算を施した場合、その出力は次式で与えられる。但し、 $\text{floor}(x)$ は x を超えない最大の整数を表す。

[数14]

$$\text{Mod}_M(x_2) = x_2 - \text{floor}\left(\frac{\text{Re}(x_2) + M}{2M}\right) \times 2M - j \text{floor}\left(\frac{\text{Im}(x_2) + M}{2M}\right) \times 2M \quad (14)$$

[0048] この式(14)で表わされる modulo 演算は次式のように書き換えることもできる。

[数15]

$$\text{Mod}_M(x_2) = x_2 + 2Mz = d_2 - \frac{r_{2,1}}{r_{2,2}} d_1 + 2Mz \quad (15)$$

[0049] ここで、 z は実部と虚部がそれぞれ整数となる複素数であり、式(15)右辺の実部と虚部がそれぞれ $-M$ より大きく、かつ M 以下に収まるように選択される。また、 $2Mz$ は modulo 演算における摂動ベクトルと呼ばれる複素数であり、同相成分及び直交成分がそれぞれ modulo 幅 M の整数倍となる値である。式(15)より、modulo 演算は、入力信号にこの摂動ベクトルを加算する演算であると言え、入力信号 x_2 に適切な大きさの摂動ベクトルを加算することにより、伝搬路情報 H_{eff} の状態に依らず、 $\text{Mod}_M(x_2)$ の大きさを常に一定以下とすることが出来る。このように算出された x_2 (modulo 演算も含む値であり、正確には $\text{Mod}_M(x_2)$) が第2ユーザ宛の送信シンボルとして非線形信号処理部31より出力される。なお、第1ユーザ宛の送信シンボルについては、減算すべき干渉信号がないため、非線形信号処理部31における信号処理は特に行われず、そのまま出力されることとなる。

[0050] このような非線形信号処理部31の出力は、線形フィルタ乗算部35に入力され、線形フィルタ生成部33より入力された線形フィルタ W_{eff} を乗算することによりプリコーディングが施される。この線形フィルタ乗算部35には、参照信号生成部5から参照信号も入力され、先に述べたように、データ信号に乘算されるものと同じ線形フィルタ W_{eff} が乗算され、プリコーディングが施される。このようにプリコーディングされたデータ変調シンボルと参

照信号は時間的に多重され、送信信号として無線送信部 11 へ出力される。

[0051] 図 1 に戻り、Precoding 部 7 の出力は、各送信アンテナの無線送信部 11 に入力される。無線送信部 11 に入力された信号は、デジタル信号からアナログ信号に変換 (D/A 変換) され、無線送信可能な周波数帯域へ周波数変換された後に、各アンテナ 15 から送信される。

[0052] このような基地局装置の構成とすることにより、各移動局装置における伝搬路そのものに関する情報ではなく、所望のプリコーディングベクトルに関する情報がフィードバックされる場合にも、非線形演算を含むプリコーディングを行って MIMO 伝送を行うことが可能となる。非線形演算を含むプリコーディングは、線形演算のみからなるプリコーディングに比べ良好な特性が得られることが知られており、本実施の形態に示す構成として非線形プリコーディングを行うことにより、良好な特性が得られるものと期待できる。

[0053] 次に、本実施の形態における移動局装置の構成を図 3 に示す。図 3 に示すように、移動局装置 B は、アンテナ 41 と、無線受信部 43 と、参照信号分離部 45 と、伝搬路推定部 47 と、フィードバック情報生成部 51 と、無線送信部 53 と、伝搬路補償部 55 と、データ復調部 57 と、チャネル復号部 59 と、を備えている。

[0054] 移動局装置 B では、各受信アンテナ 41 で受信された信号が対応する無線受信部 43 に入力され、ベースバンド帯の信号に変換された後、A/D 変換によりデジタル信号に変換される。この信号は参照信号分離部 45 に入力され、参照信号分離部 45 では、受信信号はデータ信号と参照信号とに分離されて、データ信号は伝搬路補償部 55 に、参照信号は伝搬路推定部 47 にそれぞれ入力される。但し、基地局装置においてプリコーディングが施されない参照信号が送信され、CSI を測定する際には、参照信号のみが送信されていることもあり、そのような場合には、参照信号分離部 45 の入力があるまま伝搬路推定部 47 へ出力されることとなる。

[0055] 伝搬路推定部 47 では、入力された受信参照信号と基地局装置で用いられ

た既知の参照信号とを用いて伝搬路推定が行われる。但し、CSIの測定用として、プリコーディングが施されない参照信号を用いた伝搬路推定を行う場合には、第 u ユーザの移動局装置では、基地局装置の各送信アンテナと自局の受信アンテナ間の伝搬路を表わす伝搬路行列 H_u を推定することができる。このCSI測定用の参照信号を用いて推定された伝搬路行列 H_u はフィードバック情報生成部51に入力される。フィードバック情報生成部51では、入力された伝搬路行列 H_u に基づいて、与えられたコードブックの中から自局にとって望ましいプリコーディングベクトル $w_{t,u}$ を選択し、そのインデックスを基地局装置に通知する情報として出力する。ランク1の伝送を仮定している本実施の形態においては、 $\|H_u \times w_{t,u}\|^2$ が最大となる $w_{t,u}$ を基地局装置に通知する（ $\|a\|$ はベクトル a のノルム演算を表す）。これは、もし基地局装置と通信している移動局装置が第 u ユーザだけであった場合に、第 u ユーザの受信信号対雑音電力比（SNR）を最大と出来るようなプリコーディングベクトルを基地局装置に通知していることになる。

[0056] 尚、基地局装置の構成の説明においても述べたが、送信電力を一定にするという制約条件のもとで $\|H_u \times w_{t,u}\|^2$ を最大とする線形フィルタ $w_{t,u}$ は行列 $(H_u^H H_u)$ の最大固有値に対応する固有ベクトルとなることが知られており、本実施の形態では、上記条件に最も近いベクトルのインデックスを基地局装置に通知するものとしている。但し、実際に基地局装置へフィードバックする情報としては、プリコーディングベクトルのインデックスに限らず、 $w_{t,u}$ を有限ビット長の情報に量子化したのち、その情報を直接通知しても良い。このようにフィードバック情報生成部51で生成されたCSIに関するフィードバック情報は、無線送信部53を経由して送信アンテナ41から基地局装置に向けて送信される。

[0057] 一方、データ信号の復調用として、データ信号と同じプリコーディングが施された参照信号を用いた伝搬路推定では、実際の伝搬路に、送信時に用いられた線形フィルタ W_{ff} が乗算された等価的な伝搬路 $H_u \times w_{t,u}$ が推定されることとなる。この推定された等価伝搬路は、伝搬路補償部55に入力され

、参照信号分離部45から伝搬路補償部55に入力されたデータ信号の伝搬路補償に用いられる。ここで、伝搬路補償部55における伝搬路補償方法としては幾つかの方法があるが、入力された等価伝搬路を用いて、MMSE規範に基づいた受信フィルタを算出し、それをデータ信号に乗算するといった方法がある。また、基地局装置に通知した $w_{t,u}$ と、先に推定済みの伝搬路行列 H_u に基づいて、 $(H_u \times w_{t,u})^H$ を受信フィルタとして算出し、データ信号に乗算する構成としてもよい。この場合には、受信SNRを最大にすることが出来る。

[0058] このような処理により、受信データ信号が伝搬路で受けた変動の影響を補償することができるが、伝搬路補償部55では、さらに、基地局装置で加算した摂動ベクトルを除去するために、伝搬路補償後のデータ信号に対して modu l o 演算が行われる。この modu l o 演算は、基地局装置で施された演算と同一の演算であり、式(14)や式(15)で表わされるものである。送信側で施された modu l o 演算と同一の演算を受信側でも適用することにより、摂動ベクトルの影響を除去した、所望の信号を得ることができる。但し、本実施の形態における基地局装置では、第2ユーザ宛の信号に対して、 modu l o 演算を行っているため、第2ユーザの伝搬路補償部では modu l o 演算を行うことが必須であるものの、第1ユーザ宛の信号に対しては modu l o 演算が行われていないため、第1ユーザの伝搬路補償部では modu l o 演算を行う必要はない。

[0059] このように、伝搬路の変動に関する補償と摂動ベクトルに対する補償が行われたデータ信号は、データ復調部において復調された後、チャネル復号部において復号され、基地局装置から送信された所望のデータが検出されることとなる。

[0060] 以上のような移動局装置の構成とすることにより、予め決められたコードブックの中から所望のプリコーディングベクトルを選択して基地局装置へフィードバックし、基地局装置において非線形演算を含むプリコーディングが施されたデータ信号を受信し、その受信信号を正しく復調、復号することが

できる。

[0061] ここで、本実施形態においてはシングルキャリア伝送を行う場合の例について示したが、伝送方式（もしくはアクセス方式）はシングルキャリア伝送に限らず、その他の伝送方式を用いてもよい。例えば、LTEの下リ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（OFDMA）方式に適用することも可能である。この場合は、サブキャリア毎にプリコーディングを適用すれば良く、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プリコーディングを適用してもよい。同様に、シングルキャリアベースで、複数の周波数チャネルを用いるアクセス方式（例えばシングルキャリア周波数分割多重アクセス（SC-FDMA）方式など）に適用することも可能であり、周波数成分毎にプリコーディングを適用してもよいし、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うようにしてもよい。

[0062] また、本実施の形態では、ユーザ間干渉が生じるユーザ（第2ユーザ）の送信信号から干渉信号を減算した後にmodulo演算を行う構成としていたが、減算すべき干渉信号がある程度小さい場合には、modulo演算を行わなくてもよい。したがって、減算すべき干渉信号の大きさ（電力）に応じてmodulo演算のオン・オフを切り替える構成としてもよい。基地局装置において、modulo演算を行わない場合には、移動局装置においてmodulo演算を行う必要はない。また、先にも述べたが、空間多重するユーザ数は2に限らず、3以上としてもよい。このような場合に、例えば、第3ユーザ宛の送信信号にのみmodulo演算を行うといった構成としてもよい。

[0063] 以上に示した実施形態により、Implicit CSIをフィードバックするユーザ同士を高品質に空間多重することが可能となる。

[0064] <第2の実施形態>

第1の実施形態では、Implicit CSIとしてフィードバックされたプリコーディングベクトルの複素共役転置を求め、そのベクトルから構

成される伝搬路行列を基に、新たなプリコーディングベクトルと、減算すべきユーザ間干渉を算出してTHP MU-MIMO伝送を行う構成について示した。この方法によれば、フィードバックされたプリコーディングベクトルの複素共役転置が、実際の伝搬路と非常に似通っている場合には、Explicit CSIに基づくTHP MU-MIMO伝送を行う場合と同様、ユーザ間干渉を効率よく除去した伝送を行うことが可能となり、良好な受信特性を得ることができる。

[0065] しかしながら、フィードバックされたプリコーディングベクトルの複素共役転置が、実際の伝搬路に非常に近いといった状況はさほど多くなく、それらに誤差がある場合にはユーザ間干渉を適切に除去することができず、受信特性が劣化してしまうこととなる。

[0066] そこで、本実施の形態では、各移動局装置が、自局宛の送信信号への適用を希望する所望のプリコーディングベクトルをImplicit CSIとしてフィードバックするだけでなく、空間多重の相手となる移動局装置宛の送信信号への適用を希望するプリコーディングベクトルもフィードバックし、さらに、それらのプリコーディングベクトルが用いられる場合に観測されるユーザ間干渉を表わす係数を算出し、算出したユーザ間干渉を表わす係数をも基地局装置にフィードバックするものとする。このような処理により、基地局装置において減算すべきユーザ間干渉を高精度に把握することが可能となり、THP MU-MIMO伝送を行い、良好な受信特性を得ることができる。

[0067] 具体的には、第1の実施形態と同様、各移動局装置はまず、予め決められたコードブックの中から所望のプリコーディングベクトルを選択する。但し、本実施の形態では、一例として、それぞれ1本の受信アンテナを有する2つの移動局装置（移動局装置1，2）をTHP MU-MIMOにより空間多重する例について示す。また、基地局装置は4本の送信アンテナを有するものとする（ $N_t = 4$ ）。用いるコードブックは送受信側で予め決められているものであれば、どのようなものでもよいが、一例としては、式（6）に示

すようなものがある。

[0068] ここで、移動局装置 u において観測される伝搬路を H_u とし、自局にとって望ましいプリコーディングベクトルを $w_{t,u}$ とすると、第 1 の実施形態と同様に、各移動局装置は、 $\|H_u \times w_{t,u}\|^2$ が最大となる $w_{t,u}$ を、与えられたコードブックの中から選択する ($\|a\|$ はベクトル a のノルム演算を表す)。これは、先にも述べたが、基地局装置と通信している移動局装置が第 u ユーザだけであった場合に、第 u ユーザの受信信号対雑音電力比 (SNR) を最大と出来るようなプリコーディングベクトルを選択していることになる。

[0069] 次に、各移動局装置は、同一リソースに空間多重される相手となる移動局装置宛の信号への適用を希望するプリコーディングベクトルを選択する。これは、例えば、移動局装置 2 宛の送信信号のプリコーディングに用いられた場合に、移動局装置 1 が受信する信号への影響 (ユーザ間干渉) が最小となるプリコーディングベクトルを移動局装置 1 が選択するということである。移動局装置 2 においても、同様に、自局への影響が最小となるプリコーディングベクトルを選択することとなる。このようなプリコーディングベクトルを以下では、「Companionプリコーディングベクトル」と呼ぶこととし、 $w_{c,u}$ で表わすものとする。

[0070] 但し、本実施の形態では、 $w_{c,1}$ は移動局装置 1 が選択する Companionプリコーディングベクトルを、 $w_{c,2}$ は移動局装置 2 が選択する Companionプリコーディングベクトルをそれぞれ表わすものとする。ここで、移動局装置 u における Companionプリコーディングベクトルは、 $\|H_u \times w_{c,u}\|^2$ が最小となる $w_{c,u}$ を、与えられたコードブックの中から選択すればよい。これは、所望のプリコーディングベクトル $w_{t,u}$ を選択する場合とは逆に、第 u ユーザの受信信号対雑音電力比 (SNR) が最小となるようなプリコーディングベクトルを選択していることになる。但し、Companionプリコーディングベクトルは、所望のプリコーディングベクトルと共通のコードブックから選択されるものとする。

[0071] このような Companionプリコーディングベクトルの選択後、各移

動局装置では、自局が受けるユーザ間干渉を表わす係数を算出する。このユーザ間干渉を表わす係数とは、自局宛の信号に対して所望のプリコーディングベクトルを用いたプリコーディングが行われ、自局と同じリソースに空間多重される移動局装置宛の信号に Companion プリコーディングベクトルを用いたプリコーディングが行われる場合に、自局宛の送信信号から予め減算しておくユーザ間干渉の成分を表わしているものであり、 $(H_u \times w_{c,u}) / (H_u \times w_{t,u})$ で求めることができる。

[0072] 但し、このような演算により算出された値またはベクトルを、ユーザ間干渉を表わす係数として扱うためには、 $w_{t,1} = w_{c,2}$ 、 $w_{t,2} = w_{c,1}$ の少なくとも一方が成り立っている必要がある。これは、同一リソースに空間多重される、自局とは異なる移動局装置宛の信号に用いられる所望のプリコーディングベクトルが、自局が選択した Companion プリコーディングベクトルと一致する場合にのみ、 $H_u \times w_{c,u}$ がユーザ間干渉の係数を表わしているためであり、送信信号からユーザ間干渉を予め減算する場合には、 $H_u \times w_{c,u}$ を自局宛の送信信号の等価的な伝搬路 $H_u \times w_{t,u}$ で除算した結果を用いる必要があるためである。したがって、そのような関係が成り立つ複数の移動局装置を基地局装置において選択し、選択した移動局装置宛の信号を空間多重しなければならない。

[0073] このように、移動局装置 u は、 $w_{t,u}$ 、 $w_{c,u}$ 、 $(H_u \times w_{c,u}) / (H_u \times w_{t,u})$ をそれぞれ算出し、基地局装置にフィードバックする。そして、基地局装置では、フィードバックされた情報を基に、ユーザ間干渉を除去するプリコーディングを行う。本実施の形態における基地局装置では、各移動局装置からフィードバックされた $w_{t,u}$ をそのままプリコーディングベクトルとして用い、 $[w_{t,1} \ w_{t,2}]$ を線形フィルタとする。そして、生成した線形フィルタを送信信号に乗算してプリコーディングを行うものとする。ここで、対象とする2つの移動局装置について、 $w_{t,1} = w_{c,2}$ と $w_{t,2} = w_{c,1}$ の両方が成り立っているものとする、このようなプリコーディングが基地局装置において行われる場合の、各移動局装置の受信信号は次式で表わされる。

但し、移動局装置 1 の送信シンボルおよび受信シンボルをそれぞれ d_1 、 r_1 、移動局装置 2 の送信シンボルおよび受信シンボルをそれぞれ d_2 、 r_2 としている。

[数16]

$$\begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} H_1 \\ H_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_{t,1} & w_{t,2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d_1 \\ d_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} H_1 w_{t,1} & H_1 w_{t,2} \\ H_2 w_{t,1} & H_2 w_{t,2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d_1 \\ d_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} H_1 w_{t,1} & H_1 w_{c,1} \\ H_2 w_{c,2} & H_2 w_{t,2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d_1 \\ d_2 \end{pmatrix} \quad (16)$$

[0074] 式(16)の右辺において、データシンボルベクトルに乗算されている行列が、実際の伝搬路とプリコーディングを考慮した等価的な伝搬路であり、その非対角成分がユーザ間干渉の係数を表わしている。この場合には、移動局装置 1 の受信信号に含まれるユーザ間干渉は $H_1 w_{c,1} d_2$ 、移動局装置 2 の受信信号に含まれるユーザ間干渉は $H_2 w_{c,2} d_1$ である。これらのユーザ間干渉を送信信号から予め減算しておくことにより、移動局装置の受信信号に含まれるユーザ間干渉を除去できるものと考えられるが、移動局装置における受信時にユーザ間干渉が除去されるような信号を送信するためには、所望の送信信号に施されるプリコーディングと、所望のプリコーディングが行われた送信信号が経由する伝搬路についても考慮した減算を行う必要がある。このため、実際に送信信号から減算される、ユーザ間干渉を表わす信号は、 $(H_u \times w_{c,u}) / (H_u \times w_{t,u})$ で表わされる係数に相手方の移動局装置の送信信号を乗算した信号となるが、この係数は各移動局装置からフィードバックされており、基地局において容易に把握することができる。

[0075] 基地局装置では、このようなユーザ間干渉を送信信号から予め減算するが、この減算処理は、どちらかの移動局装置の送信信号に対してのみ可能である。そこで、どちらの移動局装置宛の送信信号に対して干渉の減算を行うかを選択する必要があるが、ここでは一例として、フィードバックされた干渉係数の絶対値が大きい方を減算することとする。ここで、例えば、移動局装置 2 宛の信号が移動局装置 1 の受信信号に与える干渉を予め減算する場合には、移動局装置 1 宛の送信信号 x_1 が次式により新たに算出される。但し、 d_2 に乗算されている係数は、移動局装置 1 からフィードバックされた干渉係数

である。

[数17]

$$x_1 = d_1 - \frac{H_1 w_{c,1}}{H_1 w_{t,1}} d_2 \quad (17)$$

[0076] また、逆に、移動局装置1宛の信号が移動局装置2の受信信号に与える干渉を予め減算する場合には、移動局装置2宛の送信信号 x_2 が次式により新たに算出されることとなる。但し、 d_1 に乘算されている係数は、移動局装置2からフィードバックされた干渉係数である。

[数18]

$$x_2 = d_2 - \frac{H_2 w_{c,2}}{H_2 w_{t,2}} d_1 \quad (18)$$

[0077] 以上のように、送信信号からユーザ間干渉が予め減算されて得られる新たな送信信号 $[x_1 \quad d_2]^T$ または $[d_1 \quad x_2]^T$ を送信することにより、どちらかの移動局装置が受けるユーザ間干渉を除去することが可能となり、受信特性を向上させることができる。但し、第1の実施形態においても述べたように、式(17)や式(18)のような減算処理を行う場合には、膨大な送信電力を必要としてしまう可能性があるが、これを回避するためには、第1の実施形態と同様に、式(14)で表わされるmodulo演算を、干渉を減算した方の送信信号に適用すればよい。

[0078] このような、本実施の形態における基地局装置は、図1に示す基地局装置と同じ構成で実現できる。但し、本実施の形態では、所望のプリコーディングベクトルを表わすインデックスだけでなく、Companionプリコーディングベクトルを表わすインデックスと、それらのプリコーディングベクトルが用いられる場合に、送信信号から予め減算すべきユーザ間干渉を表わす係数 $(H_u \times w_{c,u}) / (H_u \times w_{t,u})$ も移動局装置uからフィードバックされるため、基地局装置のCSI取得部において、それらの情報を取得することとなる。

[0079] 基地局装置は、セル内の多くの移動局装置からそれぞれフィードバックされるCSIを取得した後、それら複数の移動局装置の中から好ましい2つの移動局装置を選択し、選択された移動局装置宛の信号にプリコーディングを施してMU-MIMO伝送を行う。このMU-MIMO伝送の対象となる2つの移動局装置（ペアとなる移動局装置）の選択基準であるが、まず、所望のプリコーディングベクトルが重複していない移動局装置であることが必須である。そして、先にも述べたように、本実施の形態では、互いの所望のプリコーディングベクトルが相手方のCompanionプリコーディングベクトルとなっている2つの移動局装置（ $w_{t,1}=w_{c,2}$ と $w_{t,2}=w_{c,1}$ の両方が成り立っている）を選択するものとする。但し、これは必須ではなく、少なくともどちらか一方の所望のプリコーディングベクトルが相手方のCompanionプリコーディングベクトルとなっている2つの移動局装置を選択すれば十分である。

[0080] このように選択された2つの移動局装置宛の信号に対するプリコーディングが図1のPrecoding部において行われる。ここで、本実施の形態におけるPrecoding部は、図4に示すように構成できる。図4に示すPrecoding部7'は、図2に示す構成に干渉係数選択部37を加えた構成となっている。この干渉係数選択部37には、CSI取得部21より、空間多重される2つの移動局装置がそれぞれフィードバックした所望のプリコーディングベクトル、Companionプリコーディングベクトル、減算すべきユーザ間干渉を表わす係数が入力される。干渉係数選択部37では、入力された干渉係数の絶対値を算出し、より値が大きい干渉係数をフィードバックした移動局装置宛の送信信号からユーザ間干渉を減算することを決定する。そして、ユーザ間干渉が減算される移動局装置がどちらの移動局装置であるかという情報と、その移動局装置宛の送信信号から減算すべきユーザ間干渉を表わす係数を非線形信号処理部へ出力する。また、干渉係数選択部37は、各移動局装置における所望のプリコーディングベクトルを線形フィルタ生成部33に出力する。

[0081] 図4に示す線形フィルタ生成部33では、入力された所望のプリコーディングベクトルを基に線形フィルタの生成を行う。但し、先に述べたように本実施の形態では、各移動局装置からフィードバックされた所望のプリコーディングベクトルをそのまま用いるものとし、その際の線形フィルタ W_{eff} は $W_{eff} = [w_{t,1} \ w_{t,2}]$ となる。線形フィルタ生成部は、この W_{eff} を線形フィルタ乗算部35へ出力する。

[0082] また、非線形信号処理部31では、第1の実施形態と同様に、まず、データ信号とユーザ間干渉の減算が行われる。これは、式(17)か、または式(18)のいずれかの演算が行われるということである。このような減算処理により、どちらかの移動局装置が受けるユーザ間干渉を除去することが可能となるが、このような減算処理を行った結果、信号の振幅が増大し、膨大な送信電力を必要としてしまう可能性がある。そこで、第1の実施形態と同様に、非線形信号処理部31では、干渉の減算を行った方の送信信号に対して $modulo$ 演算と呼ばれる、式(14)で表わされる非線形信号処理が行われる。そして、2つの移動局装置宛の信号は、非線形信号処理部31から線形フィルタ乗算部35へ入力され、線形フィルタ乗算部35において W_{eff} との乗算が行われて $Precoding$ 部7'から出力される。

[0083] このように $Precoding$ 部7'から出力された送信信号は、第1の実施形態と同様に、無線送信部11を経由して、送信アンテナから送信される。以上のような基地局装置の構成とすることにより、所望のプリコーディングベクトルを表わすインデックスだけでなく、 $Companion$ プリコーディングベクトルを表わすインデックスと、それらのプリコーディングベクトルが用いられる場合に、送信信号から予め減算すべきユーザ間干渉を表わす係数が各移動局装置からフィードバックされる場合に、ユーザ間干渉を減算し、非線形演算を含むプリコーディングを適切に行うことが可能となる。

[0084] また、本実施の形態における移動局装置は、図3に示す移動局装置と同じ構成で実現することができる。但し、これまでに述べているように、所望の

プリコーディングベクトルを表わすインデックスと、Companionプリコーディングベクトルを表わすインデックス、送信信号から予め減算すべきユーザ間干渉を表わす係数をフィードバックする必要がある、これらの情報はフィードバック情報生成部51で生成されるものとする。このうち、所望のプリコーディングベクトルとCompanionプリコーディングベクトルは、共通のコードブックの中から、 $\|H_u \times w_{t,u}\|^2$ を最大とするベクトル、 $\|H_u \times w_{c,u}\|^2$ を最小とするベクトルをそれぞれ選択することにより得られる。また、減算すべきユーザ間干渉を表わす係数は、先に選択された所望のプリコーディングベクトルとCompanionプリコーディングベクトルを用いて、 $(H_u \times w_{c,u}) / (H_u \times w_{t,u})$ を計算することにより得られる。このようにフィードバック情報生成部51で得られた3つの情報を、無線送信部を経由して送信アンテナから送信し、基地局装置にフィードバックすることとなる。

[0085] 各移動局装置は、このようにフィードバックした情報を基に基地局装置においてプリコーディングされた信号を受信することとなるが、この処理については第1の実施形態とまったく同様であり、ここでは省略する。但し、基地局装置においてmodulo演算が行われた信号（ユーザ間干渉の減算が行われた信号）を受信する移動局装置においてのみ、伝搬路補償部55におけるmodulo演算を行えばよい。

[0086] 以上のような構成とすることにより、移動局装置では、所望のプリコーディングベクトルを表わすインデックスと、Companionプリコーディングベクトルを表わすインデックス、送信信号から予め減算すべきユーザ間干渉を表わす係数をフィードバックすることができ、基地局装置において、それらに基づくプリコーディングを行うことが可能となる。

[0087] 尚、本実施の形態では、空間多重の対象となる移動局装置を2としていたが、これに限らず、3以上の移動局装置を空間多重することも可能である。このような場合には、Companionプリコーディングベクトルと、減算すべきユーザ間干渉を表わす係数をそれぞれ複数フィードバックし、複数

の移動局装置から受けるユーザ間干渉を送信信号から予め減算するという構成としてもよいし、本実施の形態と同様に、Companionプリコーディングベクトルと、減算すべきユーザ間干渉を表わす係数をそれぞれ1つつフィードバックし、いずれかの移動局装置から受けるユーザ間干渉のみを送信信号から予め減算するという構成としてもよい。

[0088] また、本実施の形態では、Companionプリコーディングベクトルとして、自局への影響が最も小さいベクトルをコードブックから選択する構成としていたが、これに限らず、所望のプリコーディングベクトル以外で、最も影響の大きいベクトルをコードブックから選択する構成としてもよい。更に、減算すべき干渉係数は複素ベクトルであり、この複素干渉ベクトルを予め決められた候補の中から選択してフィードバックするという構成でもよく、このような場合には、予め決められた候補のいずれかに最も近い複素干渉ベクトルが得られるプリコーディングベクトルをCompanionプリコーディングベクトルとして選択してもよい。

[0089] また、第1の実施形態と同様に、減算すべき干渉がある程度小さい場合には、modulo演算を行わなくてもよく、減算すべき干渉信号の大きさ（電力）に応じてmodulo演算のオン・オフを切り替える構成としてもよい。基地局装置において、modulo演算を行わない場合には、移動局装置においてmodulo演算を行う必要はない。

[0090] <第3の実施形態>

第2の実施形態では、各移動局装置からフィードバックされた所望のプリコーディングベクトルをそのままプリコーディングに用いる構成としていたが、本発明で対象としているImplicit CSIのフィードバックが行われる場合でも、フィードバックされたプリコーディングベクトルをそのままプリコーディングに用いる必要はなく、フィードバックされた情報に応じて基地局装置において新たなプリコーディングベクトルを生成し、それを基に線形フィルタを生成してもよい。このように、状況に応じて新たなプリコーディングベクトルを生成する例としては、第1の実施形態に示した構成

があるが、先に述べたように、第1の実施形態に示した構成では、フィードバックされたプリコーディングベクトルの複素共役転置と、実際の伝搬路に誤差がある場合にはユーザ間干渉を適切に除去することができず、受信特性が劣化してしまう。

[0091] そこで、本実施の形態では、各移動局装置からフィードバックされる所望のプリコーディングベクトルに基づいて、基地局装置において新たなプリコーディングベクトルを生成する場合に、各移動局装置が受けるユーザ間干渉を測定させ、その測定結果を基地局装置が把握することにより、送信信号からユーザ間干渉を適切に減算する構成について示す。

[0092] まず、本実施の形態における基地局装置の構成を図5に示す。但し、本実施の形態では、マルチキャリア伝送システムを対象とし、一例として、用いるサブキャリア数は4としている。また、基地局装置は4本の送信アンテナを有し ($N_t = 4$)、2つの移動局装置 (移動局装置1, 2) はそれぞれ1本の受信アンテナを有するものとする。

[0093] 図5に示すように、本実施の形態における基地局装置は、図1に示す基地局装置の各送信アンテナの系統に、IFFT (Inverse Fast Fourier Transform) 部61、P/S (Parallel to Serial conversion) 部63、GI (Guard Interval) 挿入部65をそれぞれ追加した構成となっている。これは、本実施の形態がマルチキャリア伝送システムを対象としているためであり、IFFT部61では、周波数領域の信号を時間領域の信号に変換する処理が行われ、P/S部63において並直列変換が行われた後、GI挿入部65においてガードインターバル (「サイクリックプレフィックス」と呼ばれる、シンボルの一部をコピーした信号) が挿入されて、実際の送信信号が生成される。但し、本実施の形態では、用いるサブキャリア数を4としているため、IFFT部61には4サブキャリア分の信号が並列に入力される。このような処理を送信アンテナの系統 (第1~4アンテナ) 毎に行うこととなる。

[0094] 基地局装置では、データ信号のM U - M I M O 伝送に先立って、各移動局装置において伝搬路を推定し、所望のプリコーディングベクトルを選択するために必要となる、伝搬路推定用の参照信号の伝送が行われる。但し、本実施の形態ではマルチキャリア伝送を対象としており、参照信号の伝送には、送信アンテナ毎にそれぞれ直交したサブキャリアが用いられるものとする。これは、例えば、第1アンテナからはサブキャリア1にのみ参照信号を割り当てた信号を伝送し、第2アンテナからはサブキャリア2にのみ参照信号を割り当てた信号を伝送するといったことにより実現することができる。また、同様に、第3アンテナからはサブキャリア3にのみ参照信号を割り当てた信号を伝送し、第4アンテナからはサブキャリア4にのみ参照信号を割り当てた信号を伝送することとなる。この参照信号は、参照信号生成部からI F F T 部に入力され、I F F T 部において時間領域の信号に変換されるが、先に述べたように、第nアンテナではサブキャリアnにのみ参照信号を割り当てた信号を伝送するため、例えば第3アンテナの送信系統におけるI F F T 部には、 $[0 \ 0 \ 1 \ 0]^T$ というように、サブキャリア3にのみ参照信号が割り当てられた信号が入力されることとなる。但し、既知の参照信号を1としている。

[0095] このように、各送信アンテナ間で直交化された参照信号が基地局装置から伝送され、各移動局装置では、この参照信号を受信し、受信した参照信号を基に伝搬路推定が行われる。そして、伝搬路推定の結果を用いて所望のプリコーディングベクトルをそれぞれ選択し、C S I として基地局装置にフィードバックすることとなる。但し、本実施の形態では、4つのサブキャリアの伝搬路はほぼ同一（フラットフェージング環境）であるものとし、それらのサブキャリアで共通のプリコーディングベクトルが1つ選択され、フィードバックされるものとする。このような本実施の形態における移動局装置の構成は後述するものとする。

[0096] 各移動局装置からフィードバックされたC S I（プリコーディングベクトル）は、図5に示す基地局装置の受信アンテナ71、無線受信部73を経由

して、CSI取得部75において取得される。そして、このCSIはPrecoding部7bに入力される。ここで、本実施の形態におけるPrecoding部7bの構成を図6に示す。本実施の形態におけるPrecoding部7bは、図6に示すように、干渉係数選択部37、線形フィルタ生成部33、S/P (Serial to Parallel conversion) 部81、非線形信号処理部(1~4)83a~83d、線形フィルタ乗算部(1~4)85a~85dから構成される。図2や図4に示す構成とは異なり、本実施の形態におけるPrecoding部7bには、非線形信号処理部83や線形フィルタ乗算部85がそれぞれ4つずつ備わっているが、これは、本実施の形態が4サブキャリアを用いるマルチキャリア伝送システムを対象としているためであり、それぞれの非線形信号処理部83a~83dと線形フィルタ乗算部85a~85dでは各サブキャリアにおける信号処理が行われることとなる。つまり、非線形信号処理部(1)83aと線形フィルタ乗算部(1)85aでは、1番目のサブキャリアにおける信号処理が、非線形信号処理部(2)83bと線形フィルタ乗算部(2)85bでは2番目のサブキャリアにおける信号処理が、非線形信号処理部(3)83cと線形フィルタ乗算部(3)85cでは3番目のサブキャリアにおける信号処理が、非線形信号処理部(4)83dと線形フィルタ乗算部(4)85dでは4番目のサブキャリアにおける信号処理がそれぞれ行われる。但し、図6では、説明を分かり易くするために、サブキャリア数と同数の非線形信号処理部、線形フィルタ乗算部を備える構成としているが、サブキャリア毎の演算が行われればよく、必ずしもサブキャリア数分の処理部を備える必要はない。

[0097] このPrecoding部7bの線形フィルタ生成部33には、各移動局装置がフィードバックしたCSIがCSI取得部21から入力される。但し、このCSIは、第1、第2の実施形態と同様に、例えば、式(6)で表わされるようなコードブックの中から選択されたプリコーディングベクトルである。線形フィルタ生成部33では、入力されたプリコーディングベクトル

を基に、新たなプリコーディングベクトルを生成する。このプリコーディングベクトルの生成方法としては、幾つかの方法が考えられるが、ここでは、SLNR (Signal to Leakage plus Noise power Ratio) 基準の方法を用いる例について示す。このSLNR基準で生成されるプリコーディングベクトルは、各移動局装置における希望信号の受信電力と、他の移動局装置へ与えてしまうユーザ間干渉の電力及び他の移動局装置における雑音電力の和の比を最大とするベクトルであり、例えば、移動局装置1宛の送信信号に乗算されるプリコーディングベクトル w_1 は次式で与えられる。

[数19]

$$w_1 = \arg \max_w \frac{w^H H_1^H H_1 w}{w^H (H_2^H H_2 + \sigma_1^2 I) w} = \text{evec} \left\{ (R_2 + \sigma_1^2 I)^{-1} R_1 \right\} \quad (19)$$

[0098] 但し、 H_u は移動局装置 u における伝搬路、 σ_u^2 は移動局装置 u におけるSLNR (受信品質) の逆数をそれぞれ示している。この σ_u^2 も、各移動局装置において測定され、基地局装置へフィードバックされる値である。また、 R_u は移動局装置 u からフィードバックされた所望のプリコーディングベクトルの共分散行列で近似することができ、フィードバックされたプリコーディングベクトルを p_u とすると、 $R_u \doteq p_u p_u^H$ である。したがって、各移動局装置からフィードバックされたプリコーディングベクトル p_u と式(19)を用いて、新たなプリコーディングベクトル w_u を生成することが可能となる。また、 $\text{evec}(x)$ は x の固有ベクトルを表わしており、ここでは、各移動局装置における受信アンテナ数が1であり、それぞれランク1の伝送が行われるため、最大固有値に対応する固有ベクトルを抽出してプリコーディングベクトル w_u とするものとする。このようなプリコーディングベクトルを移動局装置2に対して生成する場合には、式(19)の添え字(1, 2)を全て入れ替えればよい。線形フィルタ生成部では、このような演算により新たなプリコーディングベクトル w_u ($u = 1, 2$) を生成し、 $[w_1 \ w_2]$ を線形フィルタとして、線形フィルタ乗算部1~4へ出力する。但し、本実施の形

態では、フラットフェージング環境を対象としており、全てのサブキャリアに対して同じ線形フィルタが乗算されるものとする。

[0099] 本実施の形態では、このように生成した線形フィルタ $[w_1 \ w_2]$ を各移動局装置宛のデータ信号に乗算し、MIMO伝送を行う場合に、ユーザ間干渉を送信信号から減算するために、各移動局装置が受ける干渉を表わす係数を各移動局装置において測定する必要がある。そこで、既知の参照信号に線形フィルタを乗算して基地局装置から送信し、この参照信号を用いた伝搬路推定を各移動局装置において行うことにより、ユーザ間干渉を表わす係数を取得するものとする。このような目的のため、線形フィルタ乗算部には、線形フィルタ $[w_1 \ w_2]$ と参照信号が入力され、それらの乗算が行われる。そして、線形フィルタが乗算された参照信号はPrecoding部から出力され、IFFT部等を経由して送信されることとなる。但し、各移動局装置においてユーザ間干渉を表わす係数を正しく測定するためには、直交した参照信号を送信する必要がある、本実施の形態では、サブキャリア間で直交した参照信号を送信するものとする。

[0100] これは、具体的には以下のように行うものとする。まず、 $w_1 = [w_{11} \ w_{12} \ w_{13} \ w_{14}]^T$ 、 $w_2 = [w_{21} \ w_{22} \ w_{23} \ w_{24}]^T$ とし、簡単のため参照信号を1とすると、線形フィルタ乗算部1, 3では、 $[w_1 \ w_2]$ と $\begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix}^T$ の乗算を、線形フィルタ乗算部2, 4では $[w_1 \ w_2]$ と $\begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}^T$ の乗算をそれぞれ行う。この結果、線形フィルタ乗算部1, 3では w_1 、線形フィルタ乗算部2, 4では w_2 がそれぞれ得られ、これらがPrecoding部7bから出力され、IFFT部61に入力されることとなる。但し、この時、線形フィルタ乗算部(1)85aの出力である $w_1 = [w_{11} \ w_{12} \ w_{13} \ w_{14}]^T$ のうち、 w_{11} は第1アンテナのサブキャリア1へ、 w_{12} は第2アンテナのサブキャリア1へ、 w_{13} は第3アンテナのサブキャリア1へ、 w_{14} は第4アンテナのサブキャリア1へ、それぞれ割り当てられるように出力される。また、線形フィルタ乗算部(2)85bの出力である $w_2 = [w_{21} \ w_{22} \ w_{23} \ w_{24}]^T$ のうち、 w_{21} は第1アンテナのサブキャリア2へ

、 w_{22} は第2アンテナのサブキャリア2へ、 w_{23} は第3アンテナのサブキャリア2へ、 w_{24} は第4アンテナのサブキャリア2へ、それぞれ割り当てられるように出力される。さらに、線形フィルタ乗算部(3)85cの出力である w_{11} は第1アンテナのサブキャリア3へ、 w_{12} は第2アンテナのサブキャリア3へ、 w_{13} は第3アンテナのサブキャリア3へ、 w_{14} は第4アンテナのサブキャリア3へ、線形フィルタ乗算部(4)85dの出力である w_{21} は第1アンテナのサブキャリア4へ、 w_{22} は第2アンテナのサブキャリア4へ、 w_{23} は第3アンテナのサブキャリア4へ、 w_{24} は第4アンテナのサブキャリア4へ、それぞれ割り当てられるように出力される。したがって、例えば、第1アンテナにおけるIFFT部61へは $[w_{11} \ w_{21} \ w_{11} \ w_{21}]^T$ というような参照信号が入力されることとなる。

[0101] このように生成された参照信号は、基地局から送信され、各移動局装置において受信されることとなるが、各移動局装置における受信参照信号を次式で表すものとする。但し、添え字のカッコ内の数字はサブキャリア番号を示しており、式(20)はサブキャリア1における受信参照信号を、式(21)はサブキャリア2における受信参照信号をそれぞれ表わしている。また、簡単のため、雑音成分は無視している。

[数20]

$$\begin{pmatrix} r_{p1(1)} \\ r_{p2(1)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{H}_1 \\ \mathbf{H}_2 \end{pmatrix} \mathbf{w}_1 = \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} \quad (20)$$

[数21]

$$\begin{pmatrix} r_{p1(2)} \\ r_{p2(2)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{H}_1 \\ \mathbf{H}_2 \end{pmatrix} \mathbf{w}_2 = \begin{pmatrix} c \\ d \end{pmatrix} \quad (21)$$

[0102] ここで、本実施の形態では、サブキャリア3の受信参照信号はサブキャリア1と同じ信号であり、サブキャリア4の受信参照信号はサブキャリア4と同じ信号であるため、省略している。このように、複数のサブキャリアで同じ受信参照信号が得られることとなるため、サブキャリア3、4については

参照信号を送信する必要がないとも言える。

[0103] 送信フィルタを乗算された参照信号から、移動局装置 1 では上式の (a, c)、移動局装置 2 では (b, d) の値をそれぞれ測定することができる。これらの値のうち、a と d は所望信号に乗算される等価的な伝搬路の値を示しており、b と c はユーザ間干渉に乗算される等価的な伝搬路の値をそれぞれ示している。そこで、基地局装置においてユーザ間干渉を送信信号から減算するために、各移動局装置はこれらの値を干渉係数としてフィードバックする。但し、本実施の形態では、ユーザ間干渉に乗算される等価的な伝搬路の値を、所望信号に乗算される等価的な伝搬路の値で除算した値をフィードバックするものとする。つまり、移動局装置 1 は c/a を、移動局装置 2 は d/b をそれぞれ基地局装置へフィードバックすることとなる。但し、実際には、これらの値を量子化した値をフィードバックすることとなる。また、干渉係数の候補となる複数の値を予め用意しておき、算出された干渉係数に最も近い候補値を示すインデックス等をフィードバックする構成としてもよい。

[0104] このように各移動局装置からフィードバックされた干渉係数は、CSI と同様に、CSI 取得部 21 において取得された後、Precoding 部 7b の干渉係数選択部 37 へ入力される。干渉係数選択部 37 では、第 2 の実施形態と同様に、どちらの移動局装置に対するユーザ間干渉を減算するかを決定する。ここでは、一例として、フィードバックされた干渉係数の絶対値が大きい方を減算することとし、移動局装置 2 宛の信号が移動局装置 1 の受信信号に与える干渉を予め減算する場合には、干渉係数選択部 37 は、 c/a を非線形信号処理部 (1) 83a ~ (4) 83d へ出力する。逆に、移動局装置 1 宛の信号が移動局装置 2 の受信信号に与える干渉を予め減算する場合には、干渉係数選択部 37 は d/b を非線形信号処理部 (1) 83a ~ (4) 83d へ出力することとなる。

[0105] 非線形信号処理部 (1) 83a ~ (4) 83d には、この干渉係数の他に、S/P 部 81 を経由したデータ変調信号が入力される。そして、いずれか

の移動局装置宛の所望変調信号からユーザ間干渉を減算する処理が行われる。ここで、例えば、非線形信号処理部 n に入力される移動局装置 u 宛のデータ変調信号を $d_{u,n}$ とし、移動局装置 2 宛の信号が移動局装置 1 の受信信号に与える干渉を予め減算する場合には、非線形信号処理部 n では次式によりユーザ間干渉の減算が行われ、送信信号 $x_{1,n}$ が得られる。また、移動局装置 2 へは $d_{2,n}$ がそのまま送信されることとなる。

[数22]

$$x_{1,n} = d_{1,n} - \frac{c}{a} d_{2,n} \quad (22)$$

[0106] このような減算処理により、移動局装置 1 が受けるユーザ間干渉を除去することが可能となるが、このような減算処理を行った結果、信号の振幅が増大し、膨大な送信電力を必要としてしまう可能性がある。そこで、これまでの実施形態と同様に、非線形信号処理部 (1) 83a ~ (4) 83d では、干渉の減算を行った方の送信信号 (ここでは式 (22) で表わされる移動局装置 1 宛の信号) に対して modulo 演算と呼ばれる、式 (14) で表わされる非線形信号処理が行われる。そして、2つの移動局装置宛の信号 $[x_{1,n} \quad d_{2,n}]$ は、非線形信号処理部 83 から線形フィルタ乗算部 85 へ入力され、線形フィルタ乗算部において線形フィルタ $[w_1 \quad w_2]$ との乗算が行われて Precoding 部から出力される。但し、線形フィルタと送信信号の乗算により得られるベクトル (各線形フィルタ乗算部で得られたベクトル) の 1 行目の成分は、第 1 アンテナの各サブキャリアに割り当てられるように出力される。同様に、ベクトルの 2 行目の成分は第 2 アンテナの各サブキャリアに、ベクトルの 3 行目の成分は第 3 アンテナの各サブキャリアに、ベクトルの 4 行目は第 4 アンテナの各サブキャリアに割り当てられるように出力される。

[0107] このように、ユーザ間干渉が送信信号から予め減算され、 modulo 演算が施された後に、線形フィルタを乗算された信号が Precoding 部 7b から出力され、マルチキャリア伝送システムに必要な IFFT 部 61 等

を經由して、各アンテナ 71 から送信される。また、送信されるデータ信号を復調する際に基準となる参照信号も送信される。この復調用の参照信号は、先に述べた干渉係数測定用の参照信号と同様に処理されて送信される。以上のような基地局装置の構成とすることにより、基地局装置において新たなプリコーディングベクトルを生成する場合に、各移動局装置が受けるユーザ間干渉を測定させ、その測定結果を基地局装置が把握することが可能となり、送信信号からユーザ間干渉を適切に減算することができる。

[0108] ここで、本実施の形態における移動局装置の構成を図 7 に示す。図 7 に示すように、本実施の形態ではマルチキャリア伝送を対象としているため、移動局装置 D は、マルチキャリア伝送システムに必要となる G I 除去部 91 や F F T 部 95、S / P 部 93、P / S 部 63 を備え、時間領域の受信信号を F F T 部 95 において周波数領域の信号に変換し、サブキャリア毎に伝搬路補償や復調を行う構成となっている。また、本実施の形態における移動局装置 D では、先に述べたように、所望のプリコーディングベクトルを選択するために必要となる伝搬路推定と、ユーザ間干渉を表わす係数の推定（測定）、データ信号の復調に必要な伝搬路推定が必要であるが、図 7 に示す移動局装置 D では、これらの推定は全て伝搬路推定部 47 で行われる。そして、推定された情報を基に、フィードバック情報生成部 51 において、所望のプリコーディングベクトルの選択や、フィードバックする干渉係数（ c/a や d/b といった値）の算出が行われ、これらの情報が基地局装置へフィードバックされることとなる。但し、所望のプリコーディングベクトルの選択は第 1、第 2 の実施形態と同様の方法により行うものとする。このような移動局装置の構成とすることにより、基地局装置において新たなプリコーディングベクトルを生成する場合に、各移動局装置において受けるユーザ間干渉を測定し、その測定結果を基地局装置へ通知することが可能となり、送信信号からユーザ間干渉を適切に減算されたデータ信号を受信することができる。

[0109] 以上の、基地局装置及び移動局装置の構成とすることにより、各移動局装

置からフィードバックされた所望のプリコーディングベクトルに関する情報を基に、基地局装置において新たなプリコーディングベクトルを生成し、新たに生成したプリコーディングベクトルに基づいた線形フィルタを用いた空間多重を行う場合に、各移動局装置において受けるユーザ間干渉を表わす係数を測定し、その測定結果を基地局装置へ通知することにより、送信信号からユーザ間干渉を適切に減算することを可能とし、受信特性を向上させることができる。

[0110] このような場合には、基地局装置は、所望のプリコーディングベクトルを移動局装置に選択させるために必要となる参照信号と、ユーザ間干渉を表わす係数を測定する際に必要となる参照信号をそれぞれ送信することとなる。これらの参照信号のうち、後者は線形フィルタ（上述の $[w_1 \ w_2]$ ）が乗算された信号であるが、前者にはそのような処理は行われずといった点で、これら2つの参照信号は異なるものである。したがって、その送信も独立したタイミングで行われればよく、例えば、移動局装置Dに所望のプリコーディングベクトルを選択させるための参照信号は、数フレームに一度だけ、定期的に送信するようにしてもよい。また、干渉係数測定用の参照信号は、線形フィルタ（ $[w_1 \ w_2]$ ）の生成後に毎フレーム送信するようにすると、伝搬路の変動に応じて、ユーザ干渉の除去を適切に行うことが可能となる。また、移動局装置において所望の受信特性が得られず、ビット誤りが発生する（再送を要求する信号が返送される）際にのみ、干渉係数測定用の参照信号を送信するといった構成でもよい。このような場合には、参照信号を用いて測定された干渉係数を基に、所望の受信特性が得られない移動局装置宛の送信信号からユーザ間干渉を減算することにより、その移動局装置の受信特性を向上させることができる。また、この場合には、所望の受信特性が得られない移動局装置からのみ、干渉係数をフィードバックする構成としてもよい。

[0111] また、本実施の形態では、SLNR基準のプリコーディングベクトルを生成するものとしていたが、これに限らず、コードブックベースのフィードバ

ックが行われる場合に、フィードバックされた情報を基に新たなプリコーディングベクトルが生成されるシステムに対して、本実施の形態は適用可能である。

[0112] さらに、1つの移動局装置宛の送信信号に対するプリコーディングベクトルは、その移動局装置Dからフィードバックされた所望のプリコーディングベクトルをそのまま用いる構成としてもよい。これは、例えば、移動局装置1宛の送信信号に乗算するプリコーディングベクトルは、フィードバックされた p_1 をそのまま用い、移動局装置2宛の送信信号に乗算するプリコーディングベクトルは、式(19)を用いて算出するというような構成である。したがって、線形フィルタ乗算部において送信信号に乗算される線形フィルタは $[p_1 \quad w_2]$ となる。このような線形フィルタを用いた空間多重を行う場合、移動局装置2宛の送信信号には、S L N R基準の w_2 が乗算されるため、移動局装置1に与えるユーザ間干渉はそれほど大きくならない傾向にある。しかし、移動局装置1宛の送信信号には、他の移動局装置のことを全く考慮していない p_1 が乗算されるため、移動局装置2に与えるユーザ間干渉が非常に大きくなる場合がある。したがって、このような場合には、移動局装置2において干渉係数を測定し、測定された干渉係数をフィードバックして、基地局装置において移動局装置2宛の送信信号からユーザ間干渉を減算するのが好ましいこととなる。また、この場合には、干渉係数測定用の参照信号を送る必要はなく、移動局装置2には、移動局装置1が用いるプリコーディングベクトル p_1 のインデックスを通知するだけでよい。これは、プリコーディングベクトル p_u は、送受信間で共通のコードブックに含まれるベクトルであり、インデックスを通知するだけで移動局装置2では具体的な p_u を把握することができ、ユーザ間干渉を表わす係数は、第2の実施形態と同様に、 $H_u \times p_u$ で算出することができるためである。

[0113] 以上のような構成により、全ての移動局装置用のプリコーディングベクトルをS L N R基準で算出する方法に比べ、良好な受信特性が得られる場合があり、また、干渉係数の測定に必要となる参照信号を送信する必要がなくな

るため、伝送効率が向上するものと考えられる。

[0114] また、本実施の形態では、2つの移動局装置を対象とした空間多重について示したが、これに限らず、3以上の移動局装置を対象とすることも可能である。このような場合には、次式により、S L N R基準のプリコーディングベクトルを算出することができる。

[数23]

$$\mathbf{w}_k = \text{evec} \left\{ \left(\sum_{u \neq k} \mathbf{R}_u + \sigma_k^2 \mathbf{I} \right)^{-1} \mathbf{R}_k \right\} \quad (23)$$

[0115] ここで、例えば、4つの移動局装置を対象とした空間多重を行う場合には、各移動局装置における受信信号は次式で表わすことができる。但し、 d_u は移動局装置 u 宛の送信信号を、 h_{eq} は等価的な伝搬路をそれぞれ表わしている。また、簡単のため、雑音成分は無視している。

[数24]

$$\begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{H}_1 \\ \mathbf{H}_2 \\ \mathbf{H}_3 \\ \mathbf{H}_4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{w}_1 & \mathbf{w}_2 & \mathbf{w}_3 & \mathbf{w}_4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{eq11} & h_{eq12} & h_{eq13} & h_{eq14} \\ h_{eq21} & h_{eq22} & h_{eq23} & h_{eq24} \\ h_{eq31} & h_{eq32} & h_{eq33} & h_{eq34} \\ h_{eq41} & h_{eq42} & h_{eq43} & h_{eq44} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \end{pmatrix} \quad (24)$$

[0116] この式(24)において、 h_{eq} を成分に持つ行列の対角成分はそれぞれ所望信号に乗算される等価伝搬路を表わしており、非対角成分はユーザ間干渉に乗算される等価伝搬路を表わしている。したがって、この場合に、ユーザ間干渉を全て減算するためには、行列の各行にユーザ間干渉を表わす成分がそれぞれ3つずつ含まれていることから、各移動局装置はそれぞれ3つずつの値を干渉係数として基地局装置にフィードバックする必要がある。さらに、この場合には、それぞれの干渉係数がどの移動局装置から受けるユーザ間干渉を表わしているかということも併せてフィードバックすることとなる。しかし、このような構成では、空間多重される移動局装置の数が増えるにしたがって、フィードバックする情報量が増大してしまうため、受ける干渉の

うち、特に影響の大きいものだけを基地局装置に通知し、基地局装置において除去してもらうという構成としてもよい。

[0117] また、本実施の形態では、周波数領域で直交した参照信号を用いる構成としていたが、これに限らず、時間領域等で直交した参照信号により伝搬路の推定と干渉係数の測定を行う構成としてもよい。さらに、本実施の形態では、4サブキャリアで共通のプリコーディングを行うものとしていたが、プリコーディングを行う単位はこれに限らない。但し、プリコーディングを行う単位毎に干渉係数の測定を行う必要がある。

[0118] 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。

[0119] 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。

[0120] 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。

産業上の利用可能性

[0121] 本発明は、通信装置に利用可能である。

符号の説明

[0122] A…基地局装置、AT…アンテナ部、1a、1b…チャネル符号化部、3…データ変調部、5…参照信号生成部、7…Precoding部、11…無線送信部、15…アンテナ、17…無線受信部、21…CSI取得部、31…非線形信号処理部、33…線形フィルタ生成部、35…線形フィルタ乗算部、37…干渉計数選択部、43…無線受信部、45…参照信号分離部、47…伝送路推定部、51…フィードバック情報生成部、55…伝送路補償部、57…データ復調部、59…チャネル復号部、61…IFFT部、63…P/S部、65…GI挿入部、67…無線送信部、71…アンテナ、73…無線受信部、75…CSI取得部、81…S/P部、83a～83d…非線形信号処理部、85a～85d…線形フィルタ乗算部、91…GI除去部、93…S/P部、95…FFT部、97…参照信号分離部。

[0123] 本明細書で引用した全ての刊行物、特許および特許出願をそのまま参考として本明細書にとり入れるものとする。

請求の範囲

- [請求項1] 複数の送信アンテナを備えた基地局装置が、複数の移動局装置宛の送信信号を空間多重して送信し、前記移動局装置が前記基地局装置から送信された信号を受信する無線通信システムであって、
- 前記移動局装置は、予め決められた候補の中から所望のプリコーディングベクトルを選択し、前記選択したプリコーディングベクトルを特定する情報を前記基地局装置に通知し、
- 前記基地局装置は、前記移動局装置から通知された情報を基に線形フィルタを生成し、生成した前記線形フィルタを用いる場合に少なくとも1つの前記移動局装置が受けるユーザ間干渉を把握し、前記ユーザ間干渉を送信信号から減算することにより新たな送信信号を生成し、前記線形フィルタを前記新たな送信信号に乗算することにより、前記複数の移動局装置宛の送信信号を空間多重することを特徴とする無線通信システム。
- [請求項2] 前記複数の移動局装置の少なくとも1つは、前記所望のプリコーディングベクトルとは別のプリコーディングベクトルを特定する情報も前記基地局装置に通知することを特徴とする請求項1に記載の無線通信システム。
- [請求項3] 前記複数の移動局装置の少なくとも1つは、自局が受ける干渉を表わす係数を測定し、前記測定した係数を前記基地局装置に通知することを特徴とする請求項1または2に記載の無線通信システム。
- [請求項4] 前記ユーザ間干渉を送信信号から減算した後に、 modulo 演算を行って新たな送信信号を生成することを特徴とする請求項1から3までのいずれか1項に記載の無線通信システム。
- [請求項5] 複数の送信アンテナを備えた基地局装置が、複数の移動局装置宛の送信信号を空間多重して送信し、前記移動局装置が前記基地局装置から送信された信号を受信する無線通信システムにおける基地局装置であって、

前記移動局装置が予め決められた候補の中から選択した所望のプリコーディングベクトルを特定する情報を取得し、

前記取得した情報を基に線形フィルタを生成し、生成した前記線形フィルタを用いる場合に少なくとも1つの前記移動局装置が受けるユーザ間干渉を把握し、前記ユーザ間干渉を送信信号から減算することにより新たな送信信号を生成し、前記線形フィルタを前記新たな送信信号に乗算することにより、前記複数の移動局装置宛の送信信号を空間多重することを特徴とする基地局装置。

[請求項6] 複数の送信アンテナを備えた基地局装置が、複数の移動局装置宛の送信信号を空間多重して送信し、前記移動局装置が前記基地局装置から送信された信号を受信する無線通信システムにおける移動局装置であって、

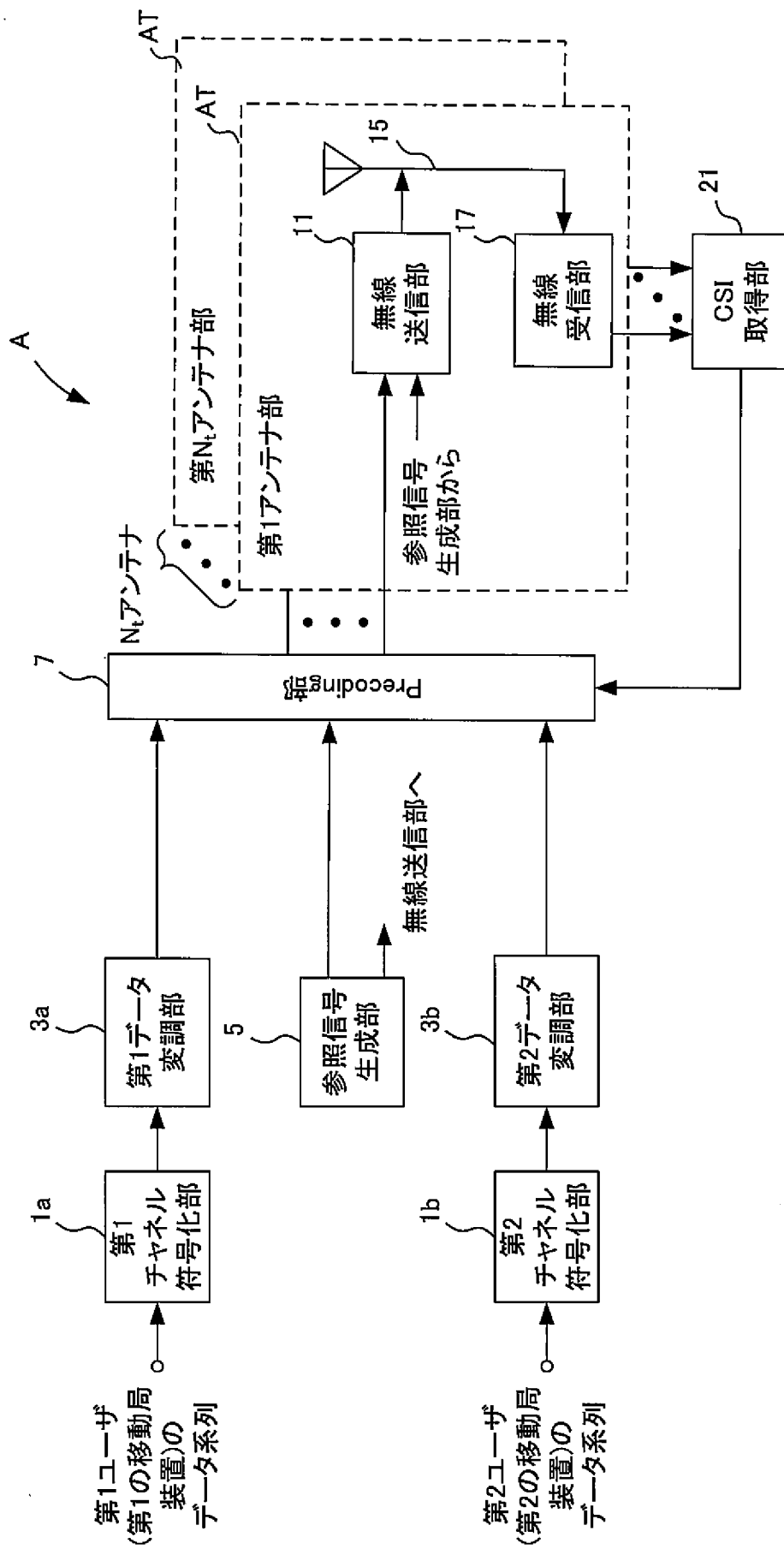
予め決められた候補の中から所望のプリコーディングベクトルを選択し、前記選択したプリコーディングベクトルを特定する情報を前記基地局装置に通知し、

前記基地局装置においてユーザ間干渉を送信信号から減算することにより生成された新たな送信信号を受信することを特徴とする移動局装置。

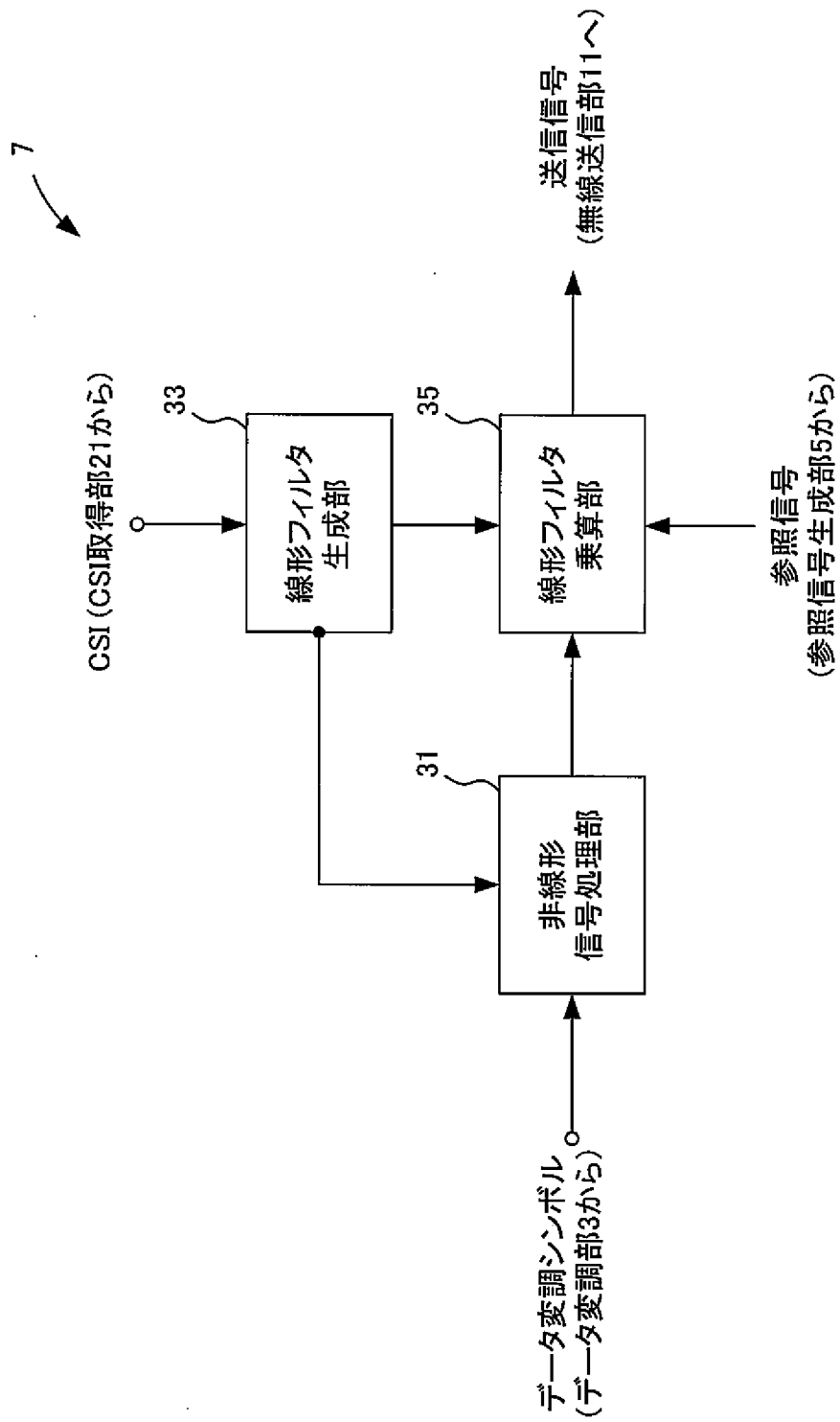
[請求項7] 前記所望のプリコーディングベクトルとは別のプリコーディングベクトルを特定する情報を前記基地局装置に通知することを特徴とする請求項6に記載の移動局装置。

[請求項8] 自局が受ける干渉を表わす係数を測定し、測定した前記係数を前記基地局装置に通知することを特徴とする請求項6または7に記載の移動局装置。

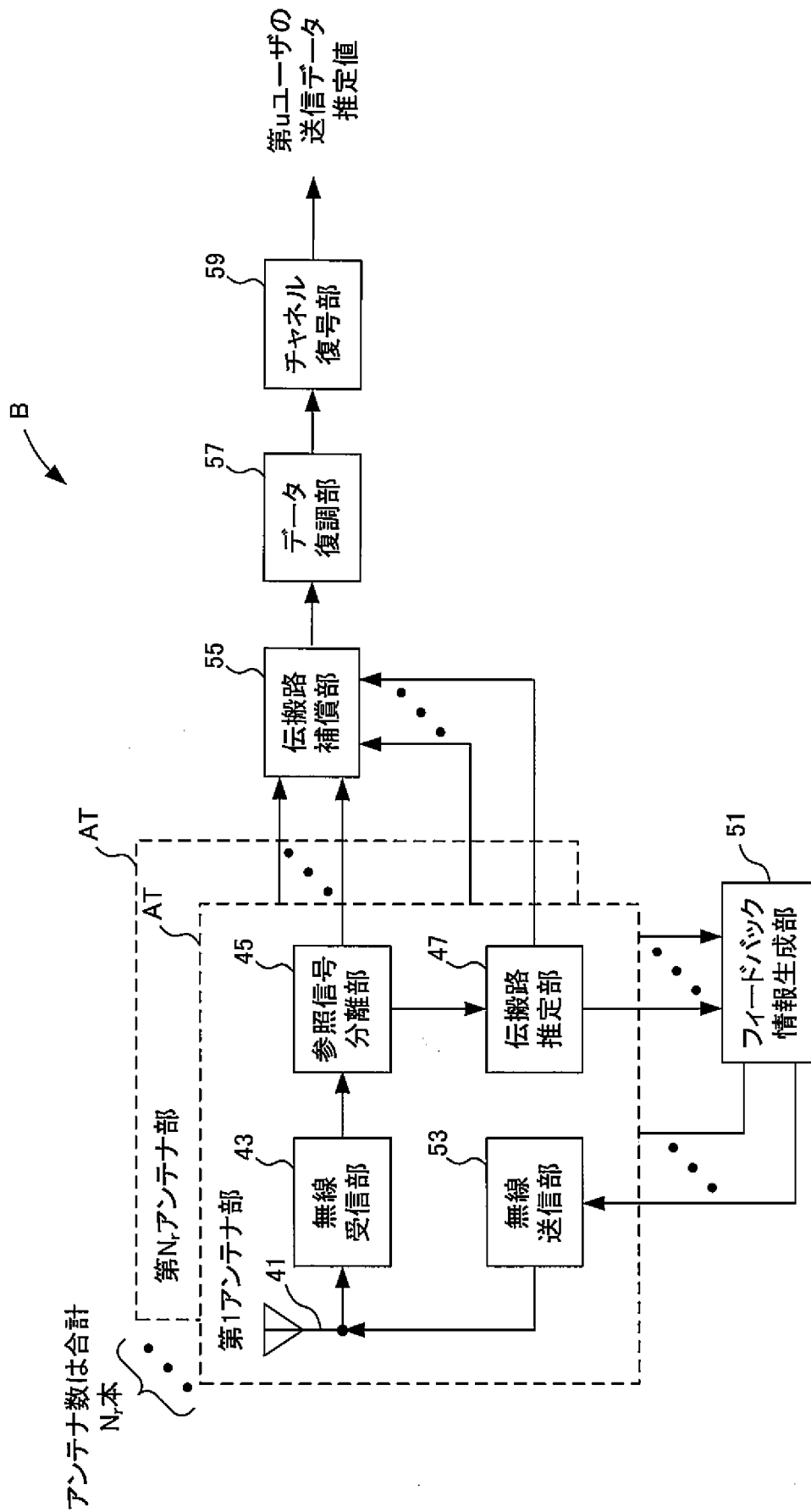
[図1]



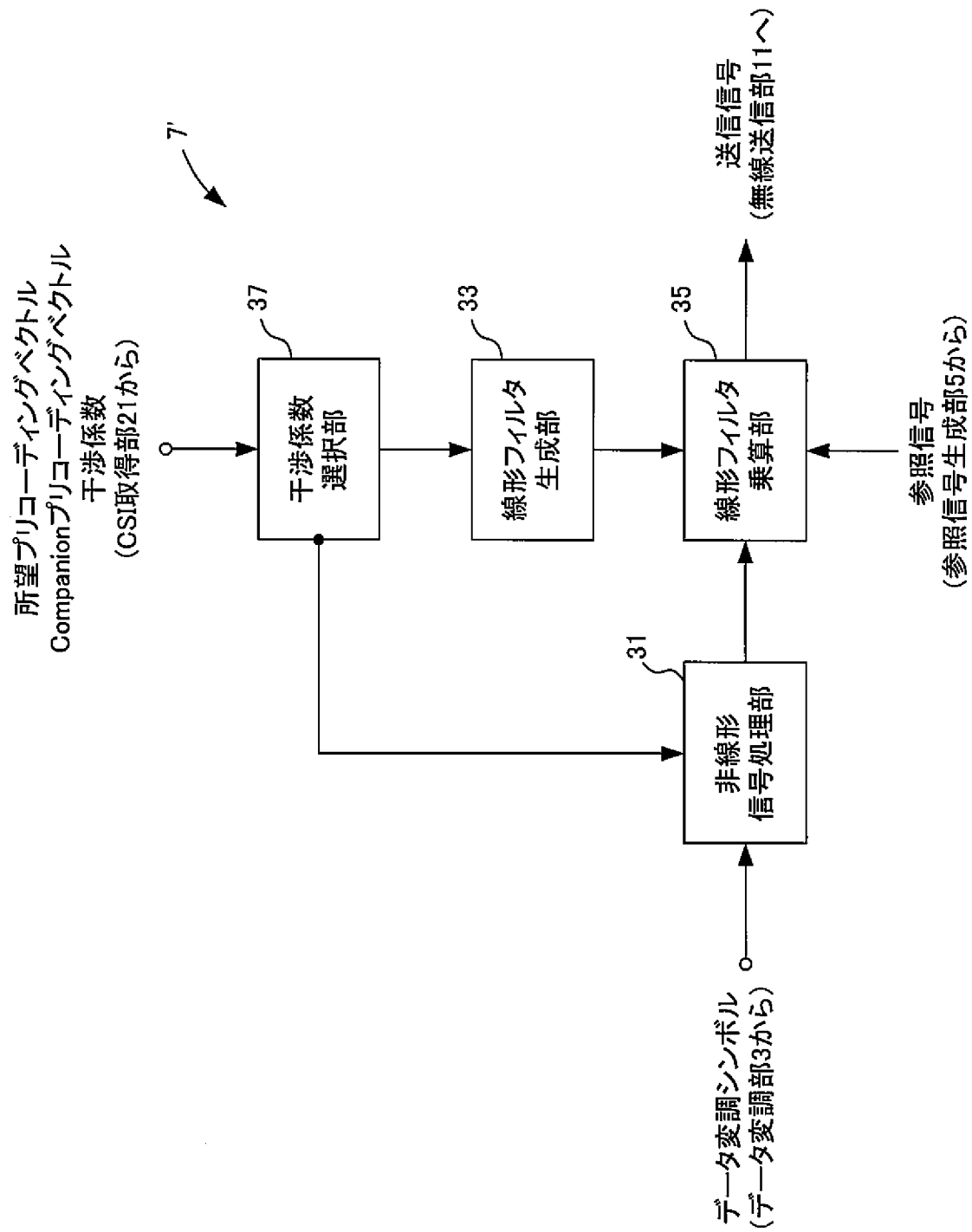
[図2]



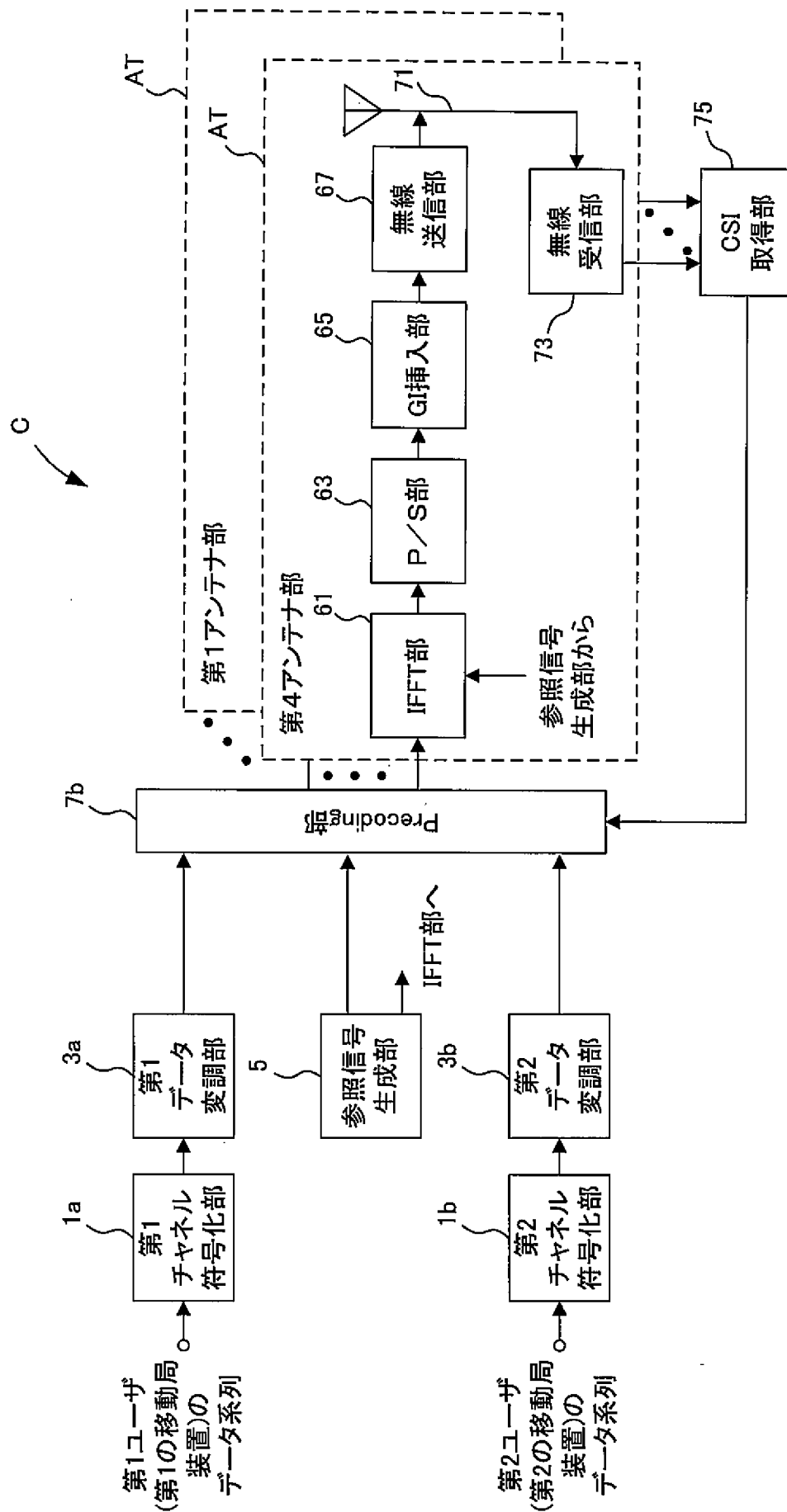
[図3]



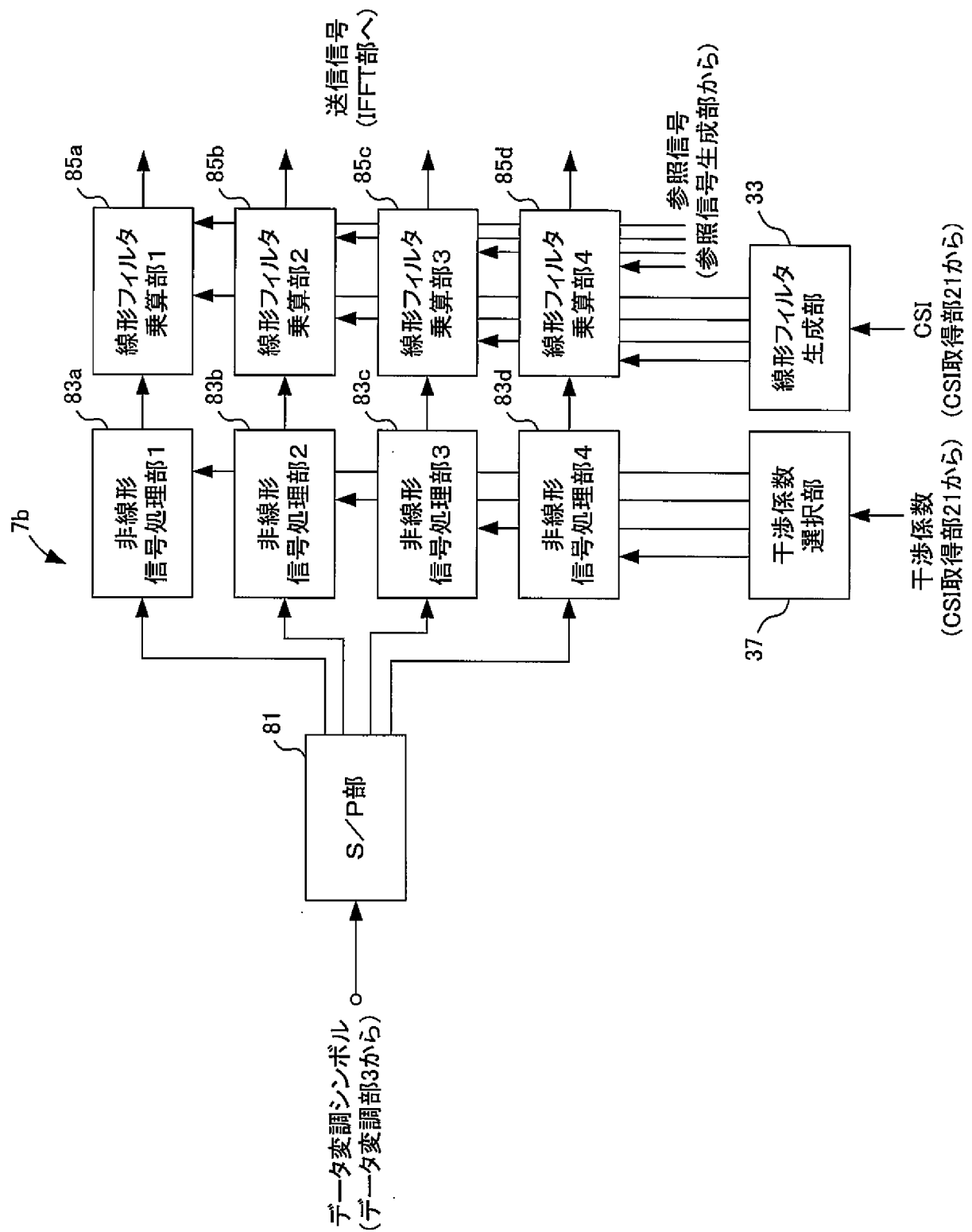
[図4]



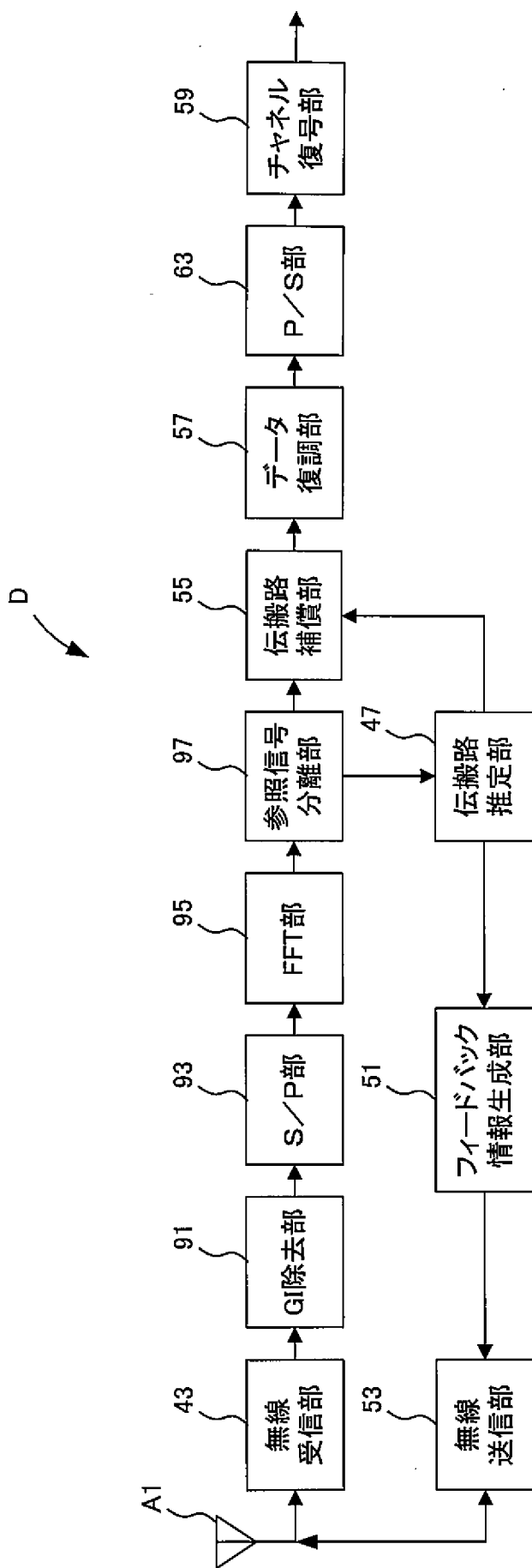
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/072919

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04J99/00(2009.01)i, H04B7/04(2006.01)i, H04J1/00(2006.01)i, H04J11/00(2006.01)i, H04W16/28(2009.01)i, H04W24/10(2009.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04J99/00, H04B7/04, H04J1/00, H04J11/00, H04W16/28, H04W24/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2011

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

IEEE Xplore, CiNii

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Yu Fu et.al, Limited-Feedback Precoding for Closed-Loop Multiuser MIMO OFDM Systems with Frequency Offsets, IEEE Transactions on Wireless Communications, 2008.11, Vol.7, No.11, pp.4155-4165	1-8
A	P. Ubaidulla et.al, Non-linear Transceiver Designs with Imperfect CSIT Using Convex Optimization, Wireless Communications and Networking Conference, 2009., 2009.04.08	1-8
A	Wei Liu et.al, Lattice-Reduction-Aided Robust Detection and Precoding for MIMO Systems with Imperfect CSI, Communications and Networking in China(CHINACOM), 2010., 2010.08.27	1-8



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 October, 2011 (20.10.11)

Date of mailing of the international search report

01 November, 2011 (01.11.11)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/072919

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-253975 A (NTT Docomo Inc.) , 29 October 2009 (29.10.2009) , paragraphs [0048] to [0113] & CN 101552633 A	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H04J99/00(2009.01)i, H04B7/04(2006.01)i, H04J1/00(2006.01)i, H04J11/00(2006.01)i, H04W16/28(2009.01)i, H04W24/10(2009.01)i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H04J99/00, H04B7/04, H04J1/00, H04J11/00, H04W16/28, H04W24/10			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 日本国公開実用新案公報 日本国実用新案登録公報 日本国登録実用新案公報 1 9 2 2－1 9 9 6 年 1 9 7 1－2 0 1 1 年 1 9 9 6－2 0 1 1 年 1 9 9 4－2 0 1 1 年			
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語） IEEE Xplore, CiNii			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	
A	Yu Fu et.al, Limited-Feedback Precoding for Closed-Loop Multiuser MIMO OFDM Systems with Frequency Offsets, IEEE Transactions on Wireless Communications, 2008.11, Vol. 7, No. 11, pp. 4155-4165	1-8	
A	P. Ubaidulla et.al, Non-linear Transceiver Designs with Imperfect CSIT Using Convex Optimization, Wireless Communications and Networking Conference, 2009., 2009.04.08	1-8	
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 2 0 . 1 0 . 2 0 1 1		国際調査報告の発送日 0 1 . 1 1 . 2 0 1 1	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号 1 0 0－8 9 1 5 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官（権限のある職員） 岡 裕之 電話番号 0 3－3 5 8 1－1 1 0 1 内線 3 5 5 6	5 K 3 2 5 1

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	Wei Liu et.al, Lattice-Reduction-Aided Robust Detection and Precoding for MIMO Systems with Imperfect CSI, Communications and Networking in China(CHINACOM), 2010., 2010.08.27	1-8
A	JP 2009-253975 A (株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ) 2009.10.29, 段落【0048】－【0113】 & CN 101552633 A	1-8