

(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
2014年6月12日(12.06.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/088003 A1

- (51) 国際特許分類:
H04J 99/00 (2009.01) H04M 1/725 (2006.01)
H04B 7/04 (2006.01) H04W 16/28 (2009.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/082482
- (22) 国際出願日: 2013年12月3日(03.12.2013)
- (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 2012-266832 2012年12月6日(06.12.2012) JP
- (71) 出願人: 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番2号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 留場 宏道(TOMEBA, Hiromichi). 小野寺 毅(ONODERA, Takashi). 窪田 稔(KUBOTA, Minoru).
- (74) 代理人: 特許業務法人原謙三国際特許事務所(HARAKENZO WORLD PATENT & TRADEMARK); 〒5300041 大阪府大阪市北区天神橋2丁目北2番6号 大和南森町ビル Osaka (JP).

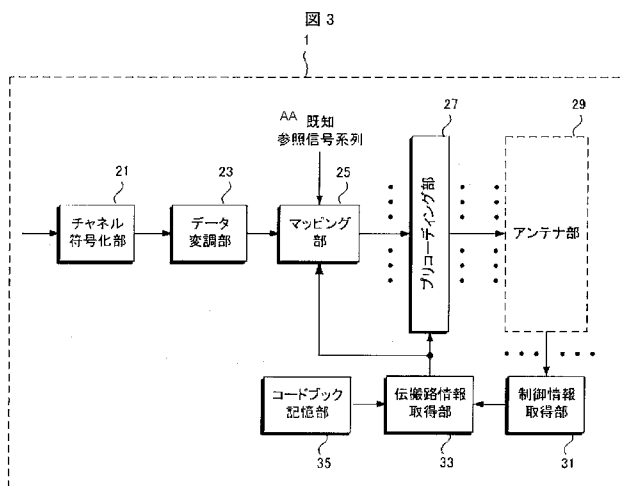
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: BASE STATION APPARATUS, TERMINAL APPARATUS, WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM AND INTEGRATED CIRCUIT

(54) 発明の名称: 基地局装置、端末装置、無線通信システムおよび集積回路



- 21 Channel coding unit
23 Data modulating unit
25 Mapping unit
27 Precoding unit
29 Antenna unit
31 Control information acquiring unit
33 Propagation path information acquiring unit
35 Codebook storing unit
AA Known reference signal sequence

(57) Abstract: A base station apparatus of the invention adjusts the phase and amplitude of a signal to be addressed to and transmitted to a terminal apparatus, whereby the antenna gains in the horizontal and vertical directions of a plurality of antennas of the base station apparatus can be adjusted. The base station apparatus stores a codebook that describes a plurality of linear filters associated with the antenna gains in the horizontal and vertical directions and shared between the base station apparatus and the terminal apparatus. The base station apparatus acquires control information transmitted from the terminal apparatus and indicating at least one of the plurality of linear filters described by the codebook, and pre-codes, on the basis of the control information and the codebook, the signal to be addressed to the terminal apparatus, thereby transmitting the precoded signal.

(57) 要約: 本発明の基地局装置は端末装置宛に送信される信号の位相および振幅を調整すること、基地局装置が備える複数のアンテナの水平方向および垂直方向のアンテナ利得を調整可能であって、前記端末装置との間で共用された、前記水平方向のアンテナ利得と、前記垂直方向のアンテナ利得に関連付けられた複数の線形フィルタが記載されたコードブックを格納し、前記端末装置から通知される、前記コードブック記載の複数の線形フィルタの少なくとも1つを示す制御情報を取得し、前記制御情報と、前記コードブックに基づ

づき、前記端末装置宛の信号にプリコーディングを施し、前記プリコーディングが施された信号を送信する。

WO 2014/088003 A1

明 細 書

発明の名称：

基地局装置、端末装置、無線通信システムおよび集積回路

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多重入力多重出力伝送を行なう技術に関する。

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分割多重技術により、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。LTEの発展版であるLTE-Advanced (LTE-A) では下りリンク（基地局装置から端末装置への通信を指す）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 (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端末装置とのMIMO伝送である。

[0003] MIMO伝送は、送信装置（基地局装置）で伝搬路情報 (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よりも達成可能な周波数利用効率が大きい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、端末装置よりCSIをフィードバックする必要があり、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、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、基地局装置と端末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、端末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、端末装置がCSIを直接量子化して基地局装置に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] 更に、非特許文献1では、送信アンテナ数の増加に伴うオーバーヘッド増加の抑圧を目的として、ダブルコードブック構造のコードブックが提案されている。これは、偏波送受信アンテナの使用を前提とし、同一偏波内のアンテナ利得に対応する第1のコードブックと、偏波間の位相差等に対応する第2のコードブックの2つのコードブックを用いることで、オーバーヘッドの増加を最小限に抑えつつ、多ストリームのMIMO伝送を実現している。

[0006] 一方、同時接続する複数端末装置を仮想的な大規模アンテナアレーとみなし、基地局装置から各端末装置への送信信号を空間多重させるマルチユーザMIMO（MU-MIMO）がLTEでサポートされている。SU-MIMOと同様に、MU-MIMOでも、端末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端末装置より通知された線形フィルタに基づき、複数端末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] しかし、端末装置が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、空間多重機会はそれほど向上しない。そこで、端末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 com

panion PMI (BPMI) も通知するBPMIフィードバックという技術が非特許文献2などで議論されている。これは、基地局装置は複数の端末装置より通知される所望線形フィルタとBPMIを取得し、互いの所望線形フィルタが相手のBPMIとなっている端末装置同士を空間多重するという方法であり、コードブックベースMU-MIMOの空間多重機会を向上させることが可能である。

[0008] ところで、LTEで考慮されているMIMO伝送は、水平方向のアンテナ利得のみを考慮した2D-MIMOである。一方、前述したMU-MIMOにおける空間多重機会の向上等を目的として、垂直方向のアンテナ利得も考慮した3D-MIMOが非特許文献3等で議論されている。垂直方向の空間リソースを用いれば、より効率的なユーザ間干渉の抑圧が可能となるから、MU-MIMOの空間多重機会の向上が期待できるとともに、SU-MIMOにおける周波数利用効率の改善も期待できる。

先行技術文献

非特許文献

[0009] 非特許文献1: 3GPP R1-105011, Alcatel-Lucent, et. al., "Way Forward on 8Tx Codebook for Rel.10 DL MIMO," Aug. 2010.

非特許文献2: 3GPP R1-090051, Alcatel-Lucent, "UE PMI feedback signaling for user pairing/coordination," Jan. 2009.

非特許文献3: 3GPP RWS-120034, ZTE, "View on 3GPP Rel-12 and beyond," June 2012.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] 垂直方向のアンテナ利得も考慮した3D-MIMO伝送によれば、垂直方向の空間リソースを用いることが出来るため、MU-MIMOの空間多重機会の向上が期待できるとともに、SU-MIMOにおける周波数利用効率の改善も期待できる。

[0011] しかし、送信アンテナ素子数の増加に伴い、伝搬路推定用の参照信号の送信に係るオーバーヘッドが増加してしまう問題がある。また、送信アンテナ素子数の増加に伴い、コードブックに記載すべき線形フィルタの数も増加するため、コードブック記載の線形フィルタ通知に係るオーバーヘッドも増加してしまう。

[0012] このように、3D-MIMOは、周波数利用効率の改善には有効であるものの、参照信号等に係るオーバーヘッドの増大が、周波数利用効率の改善に限界を与えてしまう。しかし、このオーバーヘッドの増大を抑圧しつつ、3D-MIMOを高効率に実現する方法は、未だ明らかとなっていないのが実状である。

[0013] 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3D-MIMOにおいて、端末装置からの通知に係るオーバーヘッド量の抑圧を実現する基地局装置、端末装置、無線通信システム、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

[0014] 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、本発明の基地局装置は、複数のアンテナを備え、前記複数のアンテナから、端末装置宛に送信される信号の位相および振幅を調整することで、前記複数のアンテナの水平方向および垂直方向のアンテナ利得を調整可能な基地局装置であって、前記端末装置との間で共用された、前記水平方向のアンテナ利得に関連付けられた複数の線形フィルタが記載された第2のコードブックと、前記垂直方向のアンテナ利得に関連付けられた複数の線形フィルタが記載された第3のコードブックと、から構成される第1のコードブックを格納している第1のコードブック記憶部と、前記端末装置から通知される、前記第2のコードブック記載の複数の線形フィルタおよび前記第3のコードブック記載の複数の線形フィルタの少なくとも1つを示す制御情報を取得する制御情報取得部と、

前記制御情報と、前記第1のコードブックに基づき、前記端末装置宛の信

号にプリコーディングを施すプリコーディング部と、前記プリコーディングが施された信号を送信する無線送信部とを備えることを特徴とする。

[0015] 本発明の端末装置は、複数のアンテナを備え、前記複数のアンテナから、端末装置宛に送信される信号の位相および振幅を調整することで、前記複数のアンテナの水平方向および垂直方向のアンテナ利得を調整可能な基地局装置と通信を行なう第1の端末装置であって、前記基地局装置と共用された、前記水平方向のアンテナ利得に関連付けられた複数の線形フィルタが記載された第2のコードブックと、前記垂直方向のアンテナ利得に関連付けられた複数の線形フィルタが記載された第3のコードブックと、から構成される第1のコードブックを格納している第1のコードブック記憶部と、前記第2のコードブック記載の複数の線形フィルタおよび前記第3のコードブック記載の複数の線形フィルタの少なくとも1つを示す制御情報を生成するフィードバック情報生成部と、前記制御情報を前記基地局装置に通知する無線送信部とを備えることを特徴とする。

[0016] 本発明の集積回路は、複数のアンテナを備え、前記複数のアンテナから、端末装置宛に送信される信号の位相および振幅を調整することで、前記複数のアンテナの水平方向および垂直方向のアンテナ利得を調整可能な基地局装置に実装され、前記基地局装置に複数の機能を発揮させる集積回路であって、

前記端末装置との間で共用された、前記水平方向のアンテナ利得に関連付けられた複数の線形フィルタが記載された第2のコードブックと、前記垂直方向のアンテナ利得に関連付けられた複数の線形フィルタが記載された第3のコードブックと、から構成される第1のコードブックを格納する機能と、前記端末装置から通知される、前記第2のコードブック記載の複数の線形フィルタおよび前記第3のコードブック記載の複数の線形フィルタの少なくとも1つを示す制御情報を取得する機能と、前記制御情報と、前記第1のコードブックに基づき、前記端末装置宛の信号にプリコーディングを施す機能と、前記プリコーディングが施された信号を送信する機能との一連の機能を前

記基地局装置に発揮させることを特徴とする。

[0017] 複数のアンテナを備え、前記複数のアンテナから、端末装置宛に送信される信号の位相および振幅を調整することで、前記複数のアンテナの水平方向および垂直方向のアンテナ利得を調整可能な基地局装置と通信を行なう端末装置に実装され、前記端末装置に複数の機能を発揮させる集積回路であって、前記基地局装置との間で共用された、前記水平方向のアンテナ利得に関連付けられた複数の線形フィルタが記載された第2のコードブックと、前記垂直方向のアンテナ利得に関連付けられた複数の線形フィルタが記載された第3のコードブックと、から構成される第1のコードブックを格納する機能と、前記第2のコードブック記載の複数の線形フィルタおよび前記第3のコードブック記載の複数の線形フィルタの少なくとも1つを示す制御情報を生成する機能と、前記制御情報を前記基地局装置に通知する機能との一連の機能を前記端末装置に発揮させることを特徴とする。

発明の効果

[0018] 本発明によれば、コードブックベースの3D-MIMOにおいて、端末装置からの通知に係るオーバーヘッド量を抑圧できるから、周波数利用効率の大幅な改善に寄与できる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]本発明の第1の実施形態に係る無線通信システムの概略を示す図である。

[図2]基地局装置と端末装置間の通信の様子を示すシーケンスチャートである。

[図3]本発明の第1の実施形態に係る基地局装置の構成を示すブロック図である。

[図4]本発明の第1の実施形態に係るアンテナ部29の装置構成を示すブロック図である。

[図5]本発明の第1の実施形態に係るアンテナ29-5の配置の概要を示す図である。

[図6]本発明の第1の実施形態に係る端末装置の構成を示すブロック図である。

[図7]本発明の第1の実施形態に係る端末アンテナ部51の構成を示すブロック図である。

[図8]本発明の第2の実施形態に係る無線通信システムの概略を示す図である。

[図9]本発明の第2の実施形態に係る端末装置の構成を示すブロック図である。

[図10]本発明の第3の実施形態に係る無線通信システムの概略を示す図である。

[図11]本発明の第3の実施形態に係る基地局装置の構成を示す図である。

[図12]本発明の第4の実施形態に係る無線通信システムの概略を示す図である。

発明を実施するための形態

[0020] 以下、図面を参照して本発明の無線通信システムを適用した場合における実施形態について説明する。なお、本実施形態において説明した事項は、発明を理解するための一態様であり、実施形態に限定して発明の内容が解釈されるものではない。特に断らない限り、以下では、*は行列のクロネッカー積を表す。

[0021] [1. 第1の実施形態]

図1は、本発明の第1の実施形態に係る無線通信システムの概略を示す図である。第1の実施形態においては、 N_t 本の送信アンテナを有した基地局装置1（無線送信装置とも呼ぶ）に対して、 N_r 本の受信アンテナを有する端末装置2（無線受信装置とも呼ぶ）が接続しているS U - M I M O伝送を対象とする。当然、別の無線リソースを用いることで、基地局装置1に他の端末装置2が接続していても構わないが、以下では、図1に示されている基地局装置1と端末装置2との間の伝送を対象とする。端末装置2には L 個のデータを同時に送信するものとし（同時送信するデータ数のことをランク数とも

呼ぶ)、 $L \leq N_r$ であるものとする。ただし、以下では簡単のため、 $L = 1$ として説明を行なう。

[0022] 伝送方式としては、 N_c 個の副搬送波（サブキャリア）を有する直交周波数分割多重（Orthogonal frequency division multiplexing（OFDM））を仮定する。また、複信方式は周波数分割複信を仮定するが、CSIのフィードバックを行なう時間分割複信も本実施形態には含まれる。

[0023] 図2は、本発明の第1の実施形態に係るシステム全体の信号処理についてその概要を説明するシーケンスチャートである。はじめに、基地局装置1は、接続している端末装置2に対して、既知の参照信号系列を送信する（ステップS101）。既知の参照信号系列には、第1の参照信号系列と、第2の参照信号系列とが含まれており、それぞれ基地局装置1が備える送信アンテナに関連付けられているが、詳細は後述する。また、既知の参照信号系列とは別に、端末装置2宛ての送信データと復調用の参照信号を生成する（ステップS102）。次いで、端末装置2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（ステップS103）。端末装置は第1の参照信号系列に基づいて推定した伝搬路情報に基づき、第1の線形フィルタを既知のコードブックより抽出し、さらに、第2の参照信号系列に基づいて推定した伝搬路情報に基づき、第2の線形フィルタを既知のコードブックより抽出する（ステップS104）。端末装置2は、これらの線形フィルタの番号（インデックス）を基地局装置1に通知する。

[0024] 基地局装置1は、端末装置2より通知されるインデックスに基づき、第1および第2の線形フィルタを取得し（ステップS105）、その情報に基づき、端末装置2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（ステップS106）。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、接続されている端末装置2宛に送信する（ステップS107）。

[0025] 基地局装置1より送信された信号を受信した端末装置2では、復調用の参

照信号に基づいて伝搬路推定を行ない（ステップS108）、その推定結果に基づいて、受信信号に対して、チャンネル等化処理を施し（ステップS109）、自局の所望データを検出する（ステップS110）。

[0026] [1. 1. 基地局装置1]

図3は、本発明の第1の実施形態に係る基地局装置1の構成を示すブロック図である。図3に示すように、基地局装置1は、チャンネル符号化部21と、データ変調部23と、マッピング部25と、プリコーディング部27と、アンテナ部29と、制御情報取得部31と、伝搬路情報取得部33と、コードブック記憶部35と、を含んで構成されている。プリコーディング部27はサブキャリア数 N_o 、アンテナ部29は送信アンテナ数 N_t だけそれぞれ存在する。

[0027] 図4は、本発明の第1の実施形態に係るアンテナ部29の装置構成を示すブロック図である。図4に示すように、アンテナ部29は、IFFT部29-1と、GI挿入部29-2と、無線送信部29-3と、無線受信部29-4と、アンテナ29-5とを含んで構成されている。

[0028] アンテナ部29は送信アンテナ数 N_t だけそれぞれ存在するから、アンテナ29-5も送信アンテナ数 N_t だけ存在する。本実施形態においては、アンテナ29-5は水平方向（Horizontal domain）だけではなく、垂直方向（Vertical domain）にも配置されているものとする。

[0029] 図5は、本発明の第1の実施形態に係る N_t 個のアンテナ29-5の配置の概要を示す図である。図5に示すように、本実施形態においては、複数のダイポールアンテナを水平方向および垂直方向に対して正方配置するものとする。そして、各アンテナ29-5を指定するためのインデックスとして、水平方向のインデックスを n_H 、垂直方向のインデックスを n_V と定義する。図5において、黒色で修飾されているアンテナ29-5は（ $n_H=2$, $n_V=3$ ）のように指定される。

[0030] 以下では、 $(n_V, n_H) = [(n_V, 1), (n_V, 2), (n_V, 3), ($

$n_v, 4)$] で与えられる水平方向のアンテナグループを第 n_v 行アンテナグループ、または単に第 n_v 行アンテナと呼ぶ。同様に、 $(n_v, n_h) = [(1, n_h), (2, n_h), (3, n_h), (4, n_h)]$ で与えられる垂直方向のアンテナグループを第 n_h 列アンテナグループ、または単に第 n_h 列アンテナと呼ぶ。

[0031] なお、本実施形態において、アンテナ 29-5 の配置の方法は図 5 の方法に限らない。例えば、偏波アンテナを並べても良い。また、水平方向の素子数と、垂直方向の素子数が異なっても構わない。

[0032] また、複数のアンテナ素子をひとつのアンテナとみなすことも可能である。例えば、図 5 においては、水平方向および垂直方向にそれぞれ 4 素子のアンテナが並んでいるが、垂直方向に並んだ 2 つのアンテナ素子を 1 つのアンテナ（アンテナポートとも呼ぶ）とみなすことで、垂直方向には 2 つのアンテナが配置されているものと見なすことも可能である。この場合、1 つのアンテナとみなしたアンテナ素子からは基本的に同じ信号が送信されるものとして、基地局装置 1 のベースバンド帯の送信信号処理が行なわれる。

[0033] 基地局装置 1 のベースバンド帯の送信信号処理はアンテナポート単位で行なわれる。また、基地局装置 1 のアンテナ 29 がアクティブアンテナである場合、各アンテナ素子に対して位相制御を基地局装置 1 は行なうことが可能である。この場合、基地局装置は、アンテナポートを構成するアンテナ素子群毎に位相制御を行なっても良い。

[0034] なお、基地局装置 1 がアンテナ素子に対して位相制御を行なった場合、端末装置 2 は、基地局装置 1 より送信される既知参照信号等によって、位相制御に関する情報を推定することが可能である。具体的には、位相制御に関する情報は、端末装置 2 が既知参照信号によって推定するチャネル推定値に含まれる。

[0035] 図 3 に戻り、基地局装置 1 の信号処理について説明する。初めに、制御情報取得部 31 は、接続している端末装置 2 より通知される制御情報を取得し、そのうち、第 1 および第 2 の線形フィルタに関連付けられた制御情報を伝

搬路情報取得部 33 に向けて出力する。

[0036] 伝搬路情報取得部 33 では、制御情報取得部 31 より入力された制御情報と、コードブック記憶部 35 に格納されているコードブック（第 1 のコードブックとも呼ぶ）に基づき、第 1 の線形フィルタ W1 と、第 2 の線形フィルタ W2 を取得し、プリコーディング部 27 に向けて出力する。ここで、第 1 の線形フィルタ W1 は水平方向のアンテナグループ間に関連付けられており、第 2 の線形フィルタ W2 は垂直方向のアンテナグループ間に関連付けられている。今、水平方向および垂直方向のアンテナ数はそれぞれ 4 であるから、W1 および W2 は行数 4 の行列で表される。W1 および W2 の列数については、送信ランク数等に応じて決定される。以下の説明では、ランク 1 送信を仮定するため、列数は 1 となる。

[0037] 次いで、チャネル符号化部 21 が端末装置 2 宛ての送信データ系列に対してチャネル符号化を行なったのち、データ変調部 23 が、QPSK、16QAM等のデジタルデータ変調を施す。データ変調部 23 はデータ変調を施したデータ信号をマッピング部 25 に入力する。

[0038] マッピング部 25 は、各データを指定された無線リソース（リソースエレメント、もしくは単にリソースとも呼ぶ）に配置するマッピング（スケジューリングもしくはリソースアロケーションとも呼ぶ）を行なう。ここでの無線リソースとは、周波数、時間、符号および空間を主に指す。使用される無線リソースは、端末装置 2 で観測される受信品質や、線形フィルタ W1 および W2 等に基づいて決定される。本実施形態においては、使用される無線リソースは予め定められているものとし、基地局装置 1 と端末装置 2 の双方で把握できているものとする。なお、マッピング部 25 は、端末装置 2 において伝搬路推定を行なうための既知参照信号系列の多重も行なう。

[0039] 端末装置 2 宛ての参照信号については、受信した端末装置 2 において分離可能なように、それぞれが直交するように多重されるものとする。また、参照信号には、伝搬路推定用の参照信号である CSI-reference signal（CSI-RS）と復調用の固有参照信号である Demodu

lation reference signal (DMRS)の二つの参照信号が多重されるものとするが、別の参照信号を更に多重する構成としても構わない。

[0040] CSI-RSは、端末装置2で観測されるCSIを推定するためのものである。本実施形態においては、マッピング部25は、CSI-RSを送信アンテナ間で直交するように配置する。例えば、図5のようなアンテナ配置を仮定する場合、送信アンテナ数 N_t は16であるから、CSI-RSの送信には、少なくとも16個のリソースエレメントが必要となる。従来から考えられている方法と同様に、全16アンテナ間で直交するように、マッピング部25はCSI-RSを配置しても良い。また、本実施形態においては、CSI-RSの送信に係るオーバーヘッドを抑圧するために、マッピング部25は、以下に説明するようにCSI-RSを送信するように制御しても良い。

[0041] CSI-RSは、端末装置2が所望の線形フィルタを計算するのに用いられる。ここで、端末装置2が推定する所望の線形フィルタは、基地局装置1と端末装置2との間の伝搬路の統計的性質（例えば、空間相関値等）に依存している場合がある。水平方向に配されているアンテナ間を特徴づける伝搬路の統計的性質と、垂直方向に配されているアンテナ間を特徴づける伝搬路の統計的性質は異なるが、水平方向（もしくは垂直方向）に配されているアンテナ同士を特徴づける伝搬路の統計的性質はほぼ等しい。

[0042] 例えば、図5において、第1行アンテナグループ（すなわち、 $(n_v, n_h) = [(1, 1), (1, 2), (1, 3), (1, 4)]$ で与えられる水平方向のアンテナグループ）間を特徴づける伝搬路の統計的性質と、第1列アンテナグループ（すなわち、 $(n_v, n_h) = [(1, 1), (2, 1), (3, 1), (4, 1)]$ で与えられる垂直方向のアンテナグループ）間を特徴づける伝搬路の統計的性質は異なるが、第1行アンテナグループと、第2行アンテナグループをそれぞれ特徴づける伝搬路の統計的性質はほぼ等しい。当然、第3行アンテナや、第4行アンテナも同様である。

[0043] このことは、第1行アンテナグループに整合している線形フィルタと、第

2行アンテナグループに整合している線形フィルタは一致する可能性が高い一方で、第1列アンテナグループに整合している線形フィルタと、第1行アンテナグループに整合している線形フィルタとは、一致しない可能性が高いことを示唆している。

[0044] このことに着目し本実施形態においては、マッピング部25は、いずれかの第 n_v 行アンテナグループを特徴づける伝搬路の統計的性質と、いずれかの第 n_h 列アンテナグループを特徴づける伝搬路の統計的性質とが推定可能なCSI-RSだけを送信するように制御しても良い。例えば、図5のようなアンテナ配置が為されている場合、 $(n_v, n_h) = [(1, 1), (1, 2), (1, 3), (1, 4), (2, 1), (3, 1), (4, 1)]$ という7つの送信アンテナからのみ互いに直交するCSI-RSを送信すれば良い。

[0045] CSI-RSを送信する送信アンテナの組み合わせはこの限りではなく、マッピング部25はCSI-RSが送信される第 n_v 行アンテナグループおよび第 n_h 列アンテナグループを周期的に割り当てても良い。また、第 n_v 行アンテナグループと第 n_h 列アンテナグループから送信されるCSI-RSの周期（または粒度）は異なっても良い。例えば、マッピング部25は第 n_v 行アンテナグループから送信されるCSI-RSの粒度を第 n_h 列アンテナグループの粒度よりも密にしても良いし、その逆に制御しても構わない。またCSI-RSを直交させる無線リソースは、時間、周波数および符号のいずれでも良い。

[0046] 一方、DMRSは端末装置2が受信信号を復調するために必要とする参照信号であるから、基地局装置1が端末装置2に送信するデータストリームにそれぞれ関連付けられたものが多重されることになる。マッピング部25は、DMRSを、関連付けられているデータストリーム間で直交するように配置する。マッピング部25は、マッピングしたデータ情報等を、それぞれ対応するサブキャリアのプリコーディング部27に入力する。

[0047] プリコーディング部27では、伝搬路情報取得部33より入力される第1

の線形フィルタ W_1 と、第2の線形フィルタ W_2 に基づいて、マッピング部25より入力された送信データに対してプリコーディングを施す。プリコーディングの手法については、何かに限定されるものではないが、以下では、プリコーディング部27は入力された線形フィルタに基づいて線形プリコーディングを施すものとして説明を行なう。

[0048] 今、あるサブキャリアで送信されるデータ信号（もしくはDMRS）を d とし、プリコーディング後の送信信号ベクトルを $s = [s_{1,1}, s_{1,2}, \dots, s_{4,3}, s_{4,4}]^T$ で表すものとする。ここで、 s_{n_V, n_H} は第 (n_V, n_H) アンテナから送信される送信信号を表す。送信信号ベクトルは式(1)で与えられる。

[0049] [数1]

$$\mathbf{s} = (W_2 * W_1) \mathbf{d} \quad \dots (1)$$

[0050] なお、実際の送信信号には、送信電力が与えられるが、ここでは省略している。送信信号ベクトルは、第 n_V 行アンテナから送信される信号には、 W_1 の各要素が乗算され、第 n_H 列アンテナから送信される信号には、 W_2 の各要素が乗算されることになる。つまり、1つのデータ信号に対して、二つの重みが乗算されることになる。

[0051] 式(1)で与えられる送信信号ベクトルは、初めに水平方向のアンテナグループで送信されている信号の送信アンテナ合成が考慮され、次いで、垂直方向のアンテナグループの送信アンテナ合成が考慮される形となっている。当然、アンテナ合成の考慮の順番は逆でも良いし、プリコーディング部27は片方のアンテナ合成を考慮しないプリコーディングを行なっても構わない。

[0052] プリコーディング部27は、データ信号およびDMRSに対して、式(1)で与えられるようなプリコーディングを施したのち、アンテナ部29に向けて出力する。以上の説明では、送信ランク数は1としているが、送信ランク数が2以上となった場合、データ信号およびDMRSはベクトル表記とな

り、 $W1$ および $W2$ の列数も 2 以上となる。しかし、基本的には、プリコーディング部 27 は、水平方向の送信アンテナ合成と、垂直方向の送信アンテナ合成を別々に考慮し、最終的に、水平方向と垂直方向同士の送信アンテナ合成が行なわれるようなプリコーディングを行なえば良い。なお、DMRS については、ストリーム間で直交するような信号ベクトルとすることが望ましく、その際に無線リソースとして、空間リソースも考慮しても構わない。

[0053] プリコーディング部 27 は、CSI-RS については、プリコーディング処理は施さず、適宜送信電力の調整を行なった後、アンテナ部 29 に向けて出力する。

[0054] アンテナ部 29 では、初めに、IFFT 部 29-1 が、対応するプリコーディング部 27 より出力される信号に対して、 N 。ポイントの逆高速フーリエ変換 (IFFT)、もしくは逆離散フーリエ変換 (IDFT) を適用し、 N 。サブキャリアを有する OFDM 信号を生成し、GI 挿入部 29-2 に入力する。ここでは、サブキャリア数と IFFT のポイント数は同じものとして説明しているが、周波数領域にガードバンドを設定する場合、ポイント数はサブキャリア数よりも大きくなる。GI 挿入部 29-2 は入力された OFDM 信号にガードインターバルを付与したのち、無線送信部 29-3 に入力する。無線送信部 29-3 は、入力されたベースバンド帯の送信信号を無線周波数 (RF) 帯の送信信号に変換し、アンテナ 29-5 に入力する。アンテナ 29-5 は入力された RF 帯の送信信号を送信する。

[0055] [1. 2. 端末装置 2]

図 6 は、本発明の第 1 の実施形態に係る端末装置 2 の構成を示すブロック図である。図 6 に示すように、端末装置 2 は端末アンテナ部 51 と、伝搬路推定部 53 と、フィードバック情報生成部 55 と、チャネル等化部 57 と、デマッピング部 59 とデータ復調部 61 と、チャネル復号部 63 と、コードブック記憶部 65 とを含んで構成されている。そのうち、端末アンテナ部 51 は受信アンテナ数 N_r だけ存在する。ただし、以下の説明では、受信アンテナ数は $N_r = 1$ であるものとする。

[0056] 図7は、本発明の第1の実施形態に係る端末アンテナ部51の構成を示すブロック図である。図7に示すように、端末アンテナ部51は、無線受信部51-1と、無線送信部51-2と、GI除去部51-3と、FFT部51-4と、参照信号分離部51-5と、アンテナ51-6と、を含んで構成されている。基地局装置1より送信された送信信号は、はじめに端末アンテナ部51のアンテナ51-6で受信されたのち、無線受信部51-1に入力される。無線受信部51-1は、入力された信号をベースバンド帯の信号に変換し、GI除去部51-3に入力する。GI除去部51-3は、入力された信号からガードインターバルを取り除き、FFT部51-4に入力する。FFT部51-4は、入力された信号に対して N_c ポイントの高速フーリエ変換（FFT）もしくは離散フーリエ変換（DFT）を適用し、 N_c 個のサブキャリア成分に変換したのち、参照信号分離部51-5に入力する。参照信号分離部51-5は、入力された信号を、データ信号成分とCSI-RS成分と、DMRS成分とに分離する。参照信号分離部51-5は、データ信号成分については、チャネル等化部57に入力し、CSI-RSとDMRSについては、伝搬路推定部53に入力する。以下で説明する信号処理は基本的にはサブキャリア毎に行なわれることになる。

[0057] 伝搬路推定部53は、入力された既知参照信号であるCSI-RSおよびDMRSに基づいて伝搬路推定を行なう。はじめにCSI-RSを用いた伝搬路推定について説明する。

[0058] 今、CSI-RSは、基地局装置1より、第1行アンテナグループと第1列アンテナグループとから送信されているものとし、それぞれが直交しているものとする。以下では、第1行アンテナグループも含め、水平方向のアンテナグループから送信されているCSI-RSを第1のCSI-RSと呼ぶこととする。また、第1列アンテナグループも含め、垂直方向のアンテナグループから送信されているCSI-RSを第2のCSI-RSと呼ぶこととする。

[0059] 伝搬路推定部53が第1行アンテナから送信されている第1のCSI-R

Sを用いて推定できるのは、第1行アンテナと、端末装置2との間の伝搬路情報である。今、水平方向のアンテナ数は4であり、端末装置2の受信アンテナ数は1であるから、推定される伝搬路情報は、1行4列の伝搬路行列で表される。この伝搬路行列を $h_{H,1} = [h_{1,1}, h_{1,2}, h_{1,3}, h_{1,4}]$ で表すものとする。ここで、 h_{n_V, n_H} は基地局装置1の (n_V, n_H) アンテナと、端末装置2との間の複素伝搬路利得を表す。

[0060] 一方、伝搬路推定部53が第1列アンテナから送信されている第2のCSI-RSを用いて推定できるのは、第1列アンテナと、端末装置2との間の伝搬路情報である。今、垂直方向のアンテナ数も4であるから、推定される伝搬路情報は、1行4列の伝搬路行列で表される。この伝搬路行列を $h_{V,1} = [h_{1,1}, h_{2,1}, h_{3,1}, h_{4,1}]$ で表すものとする。

[0061] 伝搬路推定部53は、CSI-RSに基づいて推定された各伝搬路行列 $h_{H,1}$ および $h_{V,1}$ をフィードバック情報生成部55に向けて出力する。具体的な伝搬路推定方法については、何かに限定されるものではない。例えば、既知参照信号系列に基づいて、単純な逆変調によって推定しても良いし、2次元MSEチャネル推定のように、伝搬路の統計的性質を活用した伝搬路推定を行なっても良い。また、1次線形補間等の補間処理または平均処理によりCSI-RSに印加されている雑音の影響を取り除くような信号処理を併せて行なっても構わない。

[0062] フィードバック情報生成部55は、伝搬路推定部53から入力される $h_{H,1}$ と $h_{V,1}$ 、およびコードブック記憶部65に格納されているコードブック情報に基づき、基地局装置1に通知する所望線形フィルタであるW1およびW2に関連付けられた情報を生成する。

[0063] コードブック記憶部65が格納しているコードブック情報は、基地局装置1のコードブック記憶部35が格納しているコードブック情報と同じ第1のコードブックである。本実施形態においては、第1のコードブックは、第2のコードブックと、第3のコードブックの2つのコードブックを含んでいる。そして、第2のコードブックはW1に関連付けられており、第3のコード

ブックはW 2に関連付けられている。

- [0064] コードブックには、基地局装置 1 が備える送信アンテナ数や、基地局装置 1 が送信する信号の送信ランク数毎に、複数の線形フィルタが記載されている。本実施形態においては、第 2 および第 3 のコードブックに記載されている線形フィルタは、何かに限定されるものではない。例えば、L T E で採用されている送信アンテナ数 2、4 および 8 のときのコードブックを用いれば良い。なお、L T E で採用されている送信アンテナ数 8 のコードブックは、それ自体がダブルコードブック構造となっている。この場合、本実施形態においては、第 2 のコードブックと第 3 のコードブックは、それぞれダブルコードブック構造としても良い。
- [0065] また、コードブックは、ポイント数を送信アンテナ数とした D F T 行列を用いて生成しても良い。このとき、D F T 行列にオーバーサンプリングを施すことで、コードブック記載の線形フィルタの数を増加させ、線形フィルタ同士の弦距離を小さくするようにしても良い。ただし、各線形フィルタ同士の弦距離は等しくすることが望ましい。
- [0066] また、コードブックは、ランダムに発生させた複数の線形フィルタで構成されていても良い。このとき、発生させたコードブックはコードブック記憶部 6 5 とコードブック記憶部 3 5 とで共有されていれば良い。ただし、各線形フィルタは、そのノルムが同一であることが望ましい。
- [0067] また、コードブック記憶部 6 5 とコードブック記憶部 3 5 はコードブック記載の線形フィルタを別の線形フィルタに周期的に更新するように制御しても良い。コードブックの更新は、基地局装置 1 または端末装置 2 が更新しても良いが、別の装置（例えば、無線ネットワーク制御局装置等）が更新を行ない、更新されたコードブックを基地局装置 1 および端末装置 2 がダウンロードするような制御をしても構わない。
- [0068] また、コードブック記憶部 6 5 とコードブック記憶部 3 5 は第 2 のコードブックと第 3 のコードブックとで、異なるコードブックを用いても良い。例えば、第 2 のコードブックを D F T ベースのコードブックとする一方で、第

3のコードブックはランダムコードブックとしても良い。もちろん、第2のコードブックと第3のコードブックを同じコードブックにしても良い。

[0069] また、第2のコードブックに記載されている線形フィルタの数と、第3のコードブックに記載されている線形フィルタの数は異なっても構わない。なお、第2および第3のコードブックに記載されている線形フィルタの数は同一として、端末装置2が基地局装置1に通知できる線形フィルタの組み合わせの数を制御しても良い。線形フィルタの組み合わせの数は、基地局装置1から端末装置2に送信する送信信号の種類（例えば、制御信号やデータ信号）や、送信モード（例えばMIMO伝送やSISO伝送）等に関連付けて切り替えても良い。

[0070] フィードバック情報生成部55では、伝搬路推定部53より入力される $h_{H,1}$ と $h_{V,1}$ に適した線形フィルタを算出する。どの線形フィルタが適切かを決める基準は、本実施形態においては、何かに限定されるものではない。例えば、フィードバック情報生成部55はアンテナ利得（もしくは受信信号対雑音電力比（SNR）や受信信号対干渉プラス雑音電力比（SINR））が最も大きくなる線形フィルタを選択すれば良い。

[0071] 第2および第3のコードブックに記載の線形フィルタをそれぞれ $\{w_{1,b}, w_{2,b}; b=1 \sim 2^B\}$ とする。ここで 2^B はコードブックに記載の線形フィルタの数であり、 B は線形フィルタの通知に係るビット数を表す。受信SNRを最大とする線形フィルタ W_1 および W_2 は式（2）を満たす線形フィルタである。

[0072] [数2]

$$\begin{cases} W_1 = \arg \max_{w_{1,b}; b=1 \sim 2^B} \| h_{H,1} w_{1,b} \|^2 \\ W_2 = \arg \max_{w_{2,b}; b=1 \sim 2^B} \| h_{V,1} w_{2,b} \|^2 \end{cases} \dots (2)$$

- [0073] また、送信ランク数が2以上となった場合は、送信ランクおよび線形フィルタ毎に、チャネル容量を算出し、最も高いチャネル容量となる送信ランク数と線形フィルタを算出すれば良い。
- [0074] また、フィードバック情報生成部55は線形フィルタW1および線形フィルタW2を、全サブキャリアに渡って算出しても良いし、複数のサブキャリアを一纏めにしたサブバンド単位で算出しても良い。また、フィードバック情報生成部55は全てのOFDMシンボルにおいて線形フィルタを算出しても良いし、周期的に算出しても良い。このとき、線形フィルタW1および線形フィルタW2が算出される周期は、同じでも良いし、異なっても構わない。
- [0075] フィードバック情報生成部55は、算出した線形フィルタW1およびW2に関連付けられた制御情報（例えば、線形フィルタ $\{w_{1,b}, w_{2,b}; b=1 \sim 2^B\}$ のインデックス）を端末アンテナ部51に向けて出力する。このとき、チャネル容量を最大化させる送信ランク数や、フィードバック情報生成部55が計算した受信SNRやチャネル容量などの受信品質に関連付けられた制御情報を、併せて端末アンテナ部51に向けて出力しても良い。端末装置がW1に関する制御情報とW2に関する制御情報を基地局装置1に通知する周期は、同一でも構わないし、それぞれ異なる周期でも良いし、複数の制御情報を一纏めにして通知しても良い。
- [0076] ダブルコードブック構造のコードブックを用いることで、端末装置2は制御情報の通知を柔軟に行なうことが出来る。水平方向だけではなく、垂直方向へのアンテナが基地局装置1に配置される場合、送信アンテナ数は従来の水平方向だけの配置の場合と比較して大きくなる。そのため、シングルコードブック構造のコードブックを用いる場合、端末装置2は常に全ての送信アンテナを考慮する必要があるため、適切な線形フィルタの算出に係る演算量も増大し、また、通知に係るオーバーヘッドも増大してしまう。本実施形態が対象としているダブルコードブックの場合、端末装置2は水平方向のアンテナグループと垂直方向のアンテナグループだけを考慮すれば良いから、適

切な線形フィルタの算出に係る演算量の増加も必要最小限に抑えることが出来る。また、端末装置 2 は線形フィルタ W_1 と線形フィルタ W_2 の通知の周期を、伝搬環境等に応じて柔軟に変更することで、通知に係るオーバーヘッドを抑圧することが可能となる。

[0077] フィードバック情報生成部 55 は生成した信号を端末アンテナ部 51 の無線送信部 51-2 に入力する。無線送信部 51-2 は入力された信号を基地局装置 1 に送信するのに適した信号に変換し、端末アンテナ部 51 のアンテナ 51-6 に入力する。端末アンテナ部 51 のアンテナ 51-6 は入力された信号を基地局装置 1 に向けて送信する。

[0078] 次に、伝搬路推定部 53 が DMRS に対して行なう伝搬路推定について説明する。DMRS は後述するチャネル等化部 57 で行なわれるチャネル等化に必要となる伝搬路推定値を推定するために用いられる。今、送信ランク数を 1 とし、あるサブキャリアから DMRS として p が送信された場合、その受信信号 r_p は式 (3) で与えられる。

[0079] [数3]

$$\begin{cases} r_p = H(W_2 * W_1)p + n \\ \quad = gp + n \\ g = H(W_2 * W_1) \\ H = [h_{1,1}, h_{1,2}, \dots, h_{4,3}, h_{4,4}] \end{cases} \dots (3)$$

[0080] ここで、 H は第 1 行アンテナグループの複素伝搬路利得から順番に並べて形成される伝搬路行列を表す。 n は端末装置 2 で印加される雑音を表す。チャネル等化部 57 で必要となる伝搬路推定値は実際の伝搬路と基地局装置 1 のプリコーディング部 27 で用いられた線形フィルタとで構成される等価伝搬路利得 g である。

[0081] 本実施形態において、伝搬路推定部 53 が g を推定する方法は何かに限定

されるものではない。例えば、伝搬路推定部 53 は単純に p に基づいて逆変調を受信信号に施すことで推定すれば良いし、複数のサブキャリアから送信されている DMRS に基づいて、二次元 MMSE 法等に基づいて推定しても良い。また、CSI-RS に対する伝搬路推定と同様に、伝搬路推定部 53 は内挿補間や、平均化処理などの雑音抑圧処理を DMRS に対するチャネル推定に用いても良い。伝搬路推定部 53 は推定した各サブキャリアの等価伝搬路推定値をチャネル等化部 57 に対して出力する。

[0082] チャネル等化部 57 には、参照信号分離部 51-5 より出力されるデータ信号成分と、伝搬路推定部 53 より出力される等価伝搬路推定値が入力される。チャネル等化部では、入力された受信信号に対して、等価伝搬路推定値に基づいてチャネル等化処理を行なう。

[0083] 本実施形態において、チャネル等化部 57 で行なわれるチャネル等化処理の方法については、何かに限定されるものではない。例えば、これまでの説明で仮定したようなランク 1 送信の場合、等価伝搬路推定値に基づいて、チャネル等化部 57 は受信信号多に対して、同期検波を行なえば良い。また、送信ランク数が 2 以上の場合、チャネル等化部 57 は受信信号に対して、等価伝搬路推定値に基づいて、最小平均二乗誤差 (MMSE) や Zero forcing (ZF) 規範の空間フィルタリングを適用しても良いし、最尤検出や逐次干渉キャンセラ等に代表される非線形信号処理を適用しても良い。チャネル等化部 57 は、チャネル等化後の信号をデマッピング部 59 に向けて出力する。

[0084] デマッピング部 59 においては、端末装置 2 は、自装置宛ての送信データの送信に使われている無線リソースより、自装置宛ての送信データを抽出する。なお、参照信号分離部 51-5 の出力を、先にデマッピング部 59 に入力し、自装置に該当する無線リソース成分のみをチャネル等化部 57 に入力するような構成としても良い。デマッピング部 59 の出力は、その後、データ復調部 61 およびチャネル復号部 63 に入力され、データ復調とチャネル復号が行なわれる。

[0085] 本実施形態においては、OFDM信号伝送を仮定し、プリコーディングはサブキャリア毎に行なうことを仮定したが、伝送方式（もしくはアクセス方式）やプリコーディングの適用単位に制限は無い。例えば、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が行なわれた場合も本実施形態は適用可能であり、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（SC-FDMA）方式など）にも適用することが可能である。

[0086] 以上、説明してきた方法により、基地局装置1に対して、水平方向のアンテナだけではなく、垂直方向にもアンテナが配置されるような無線通信システムにおいて、コードブックベースのMIMO伝送を実現することが可能となる。また、線形フィルタの通知に用いるコードブックをダブルコードブック構造とすることで、端末装置2が適切な線形フィルタの算出に要する演算量を抑圧できるとともに、基地局装置1への通知に係るオーバーヘッドを抑圧することが可能となるため、無線通信システム全体の周波数利用効率の改善に寄与することが可能である。

[0087] [2. 第2の実施形態]

第1の実施形態においては、基地局装置1と端末装置2とが共通のダブルコードブックが使用可能な無線通信システムにおける3D-MIMO伝送を対象とした。ところで、次世代無線通信規格であるLTEでは、後方互換性の確保が重要な課題の一つである。つまり、将来においては、基地局装置1において、垂直方向に配置されたアンテナを把握可能な端末装置2と、把握できない端末装置3とが混在する状況が考えられる。

[0088] 図8は、本発明の第2の実施形態に係る無線通信システムの概略を示す図である。第2の実施形態においては、 N_t 本の送信アンテナを有した基地局装置1に対して、 N_r 本の受信アンテナを有する端末装置2と、同じく N_r 本の受信アンテナを有する端末装置3とが接続している状況を対象とする。端末装置2は第1の実施形態で対象とした端末装置2とほぼ同様である。一方で、端末装置3は、基地局装置1に配置された垂直方向のアンテナを把握でき

ないレガシー端末装置である。なお、送信ランク数等の無線パラメータについては、特別に断らない限り、第1の実施形態と同様であるものとする。

[0089] [2. 1. 基地局装置1]

本発明の第2の実施形態に係る基地局装置1の構成は図3と同様である。ただし、マッピング部25とプリコーディング部27と、コードブック記憶部35と、伝搬路情報取得部33における信号処理については第1の実施形態とは異なる。以下では、これらの構成装置における信号処理を中心として、基地局装置1における信号処理について説明する。

[0090] 初めに、マッピング部25における信号処理について説明する。第1の実施形態と同様に、マッピング部25では、データ信号と、DMRSと、CSI-RSとを適切な無線リソースに配するマッピングが行なわれる。

[0091] マッピング部25は、端末装置2宛てのデータ信号と、端末装置3宛のデータ信号とを直交する無線リソースにマッピングする。本実施形態においてマッピングの手法は、何かに限定されるものではない。例えば、各端末装置から通知される受信品質に基づいて、Proportional Fairness等のスケジューリング技術に基づいて、マッピング部25は、各端末装置宛のデータ信号のマッピングを行なえば良い。

[0092] マッピング部25は、端末装置2宛てのDMRSと、端末装置3宛のDMRSとを直交する無線リソースにマッピングする。基地局装置1が各端末装置宛に送信ランク2以上の伝送を行なう場合、マッピング部25は、各データストリームに関連付けられたDMRSを、それぞれ直交する無線リソースにマッピングする。

[0093] 次いで、CSI-RSのマッピングについて説明する。第1の実施形態と同様に、本実施形態においても、全ての送信アンテナから、お互いに直交する無線リソースを用いて、CSI-RSを送信するようにしても良い。しかし、このように制御することは、参照信号の送信によるオーバーヘッドを増加してしまうことを、第1の実施形態でも既に述べた。そこで、本実施形態においても、以下で述べるように、第1のCSI-RSと第2のCSI-R

Sを独立に送信するように制御しても良い。

[0094] この場合、基地局装置1は、水平方向のアンテナグループに関連付けられた第1のCSI-RSと、垂直方向のアンテナグループに関連付けられた第2のCSI-RSとを送信する。しかし、レガシー端末装置である端末装置3は第1のCSI-RSと第2のCSI-RSとを区別することは出来ない。

[0095] ここで、レガシー端末である端末装置3は、水平方向のみにアンテナが配置されている基地局装置とは通信が可能であるものとする。例えば、端末装置3はLTE Release 11までの仕様にそった端末装置や、802.11nおよび802.11ac等の無線LANの仕様にそった端末装置であるものとする。マッピング部25は第1のCSI-RSを、レガシー端末装置である端末装置3が把握可能な無線リソースにマッピングする。例えば、本実施形態において、水平方向のアンテナグループのアンテナ数は4であるものとしている。そこで、基地局装置1は、水平方向のみに4本のアンテナを備えていた場合にCSI-RSがマッピングされていた無線リソースに第1のCSI-RSを配置すれば良い。

[0096] 例えば、LTE Release 10では、水平方向のみに、2、4および8本のアンテナが配置されている場合の、CSI-RSのマッピング方法が定義されている。本実施形態においては、マッピング部25はLTE Release 10で定義されているCSI-RSのマッピング方法に基づいて第1のCSI-RSをマッピングすれば良い。また、802.11nや802.11ac等の規格で定義されている参照信号のマッピング方法に基づいて、マッピング部25は第1のCSI-RSをマッピングしても良い。

[0097] なお、第1のCSI-RSは、水平方向のアンテナグループに関連付けられたCSI-RSであるが、水平方向のアンテナグループは複数存在する。マッピング部25は第1のCSI-RSを常に同じ水平方向のアンテナグループから送信しても良いし、CSI-RSを送信するアンテナグループを周期的に変更しても構わない。

- [0098] なお、先に述べたように、基地局装置 1 が全ての送信アンテナから、お互いに直交する無線リソースを用いて C S I - R S を送信するように制御する場合においても、一部の C S I - R S は、レガシー端末装置である端末装置 3 が把握可能な無線リソースから送信することが望ましい。
- [0099] 一方、マッピング部 2 5 では、第 2 の C S I - R S を、第 1 の C S I - R S と直交する無線リソースにマッピングする。このマッピング方法については、第 1 の実施形態と同様でも構わない。なお、第 2 の C S I - R S については、レガシー端末である端末装置 3 は把握することが出来ない。そのため、基地局装置 1 が C S I - R S を各端末装置宛のデータ信号が割り当てられている無線リソースに関連付けられている無線リソースからのみ送信するような無線通信システムの場合、マッピング部 2 5 は、第 2 の C S I - R S を端末装置 3 に送信しないように制御しても構わない。以上が、本実施形態におけるマッピング部 2 5 における信号処理の説明となる。
- [0100] 次いで、コードブック記憶部 3 5 と、伝搬路情報取得部 3 3 における信号処理について説明する。コードブック記憶部 3 5 は、第 1 の実施形態と同様に、ダブルコードブック構造のコードブックを備えている。これは端末装置 2 との間で共用されているコードブックである。また、第 1 の実施形態とは異なり、レガシー端末装置である端末装置 3 が把握可能なコードブックを更に備えている。このとき、端末装置 2 が把握しているダブルコードブック構造のコードブックの中で、水平方向のアンテナに関連付けられた第 2 のコードブックを、端末装置 3 が把握可能なコードブック（第 4 のコードブックとも呼ぶ）と同一としても良いし、それぞれ異なったコードブックとしても良い。しかし、同一とすることで、コードブック記憶部 3 5 が格納しておくべきコードブック数を抑圧することが可能となる。
- [0101] 伝搬路情報取得部 3 3 は、第 1 の実施形態と同様に、端末装置 2 から通知される第 1 の線形フィルタと第 2 の線形フィルタに関連付けられた制御情報から、端末装置 2 宛てのデータ信号に適用することが望ましい線形フィルタ W 1 と W 2 を取得することが出来る。

- [0102] 一方、詳細は後述するが、レガシー端末装置である端末装置 3 は、垂直方向のアンテナグループを把握することは出来ないから、水平方向のアンテナグループに整合した第 3 の線形フィルタ W_3 に関連付けられた制御情報のみを、基地局装置 1 に通知することになる。そのため伝搬路情報取得部 33 では、端末装置 3 宛のデータ信号に適用することが望ましい線形フィルタ W_3 のみを取得することが出来る。つまり、伝搬路情報取得部 33 は、端末装置 2 宛てのデータ信号に適用することが望ましい線形フィルタとしては、 W_1 と W_2 のふたつの線形フィルタをプリコーディング部 27 に出力するのに対して、端末装置 3 宛にデータ信号に適用することが望ましい線形フィルタとしては、 W_3 のみをプリコーディング部 27 に出力することになる。
- [0103] 最後に、プリコーディング部 27 における信号処理について説明する。プリコーディング部 27 が端末装置 2 宛てのデータ信号に施すプリコーディング処理は、第 1 の実施形態と同様であるから説明は省略する。一方、端末装置 3 宛てのデータ信号に施すプリコーディング処理については、プリコーディング部 27 は、水平方向のアンテナグループに関連付けられた線形フィルタ W_3 しか把握していない。
- [0104] そこで、プリコーディング部 27 は、端末装置 3 宛のデータ信号に対して、基地局装置 1 が 1 組の水平方向のアンテナグループしか備えていないものとしてデータ信号にプリコーディングを施す。プリコーディングの方法については、何かに限定されるものではない。例えば、ランク 1 送信で有る場合に、端末装置 3 から、あるサブキャリアにおける $h_{v,1}$ に関連付けられた線形フィルタ W_3 が通知されている場合、プリコーディング部 27 は、該当サブキャリアから送信されるデータ信号 d に対して、 $s = W_1 \times d$ というプリコーディングを施す。そして、プリコーディング部 27 は、プリコーディング後の送信信号ベクトルを、水平方向のアンテナグループの任意のひと組から送信するように制御する。送信信号ベクトルを送信するアンテナグループは、常に同じでも良いし、周期的に変更しても構わないし、全てのアンテナグループから同一の送信信号ベクトルを送信するようにしても構わない。また

、プリコーディング部 27 は、垂直方向のアンテナグループ間で、サイクリックシフトダイバーシチ等の開ループ型の送信ダイバーシチを、送信信号ベクトルに基づいて行なうように制御しても良い。何れの場合においても、プリコーディング部 27 は端末装置 3 宛のデータ信号に対しても、上述してきたようなプリコーディングを施すことで、全ての送信アンテナの送信信号を決定する。もちろん、この送信信号には、実際には信号を送信しないヌル信号も含まれる。プリコーディング部 27 は、生成した送信信号ベクトルをアンテナ部 29 に出力する。

[0105] 本実施形態における基地局装置 1 の他の構成部分における信号処理は、第 1 の実施形態と同様であるから説明は省略する。

[0106] [2. 2. 端末装置 3]

本実施形態における端末装置 2 の装置構成および信号処理については第 1 の実施形態と同様であるから説明は省略する。以下では、レガシー端末装置である端末装置 3 の装置構成および信号処理について説明する。

[0107] 図 9 は本実施形態における端末装置 3 の構成を示すブロック図である。端末装置 3 の構成は端末装置 2 とほぼ同様であり、異なるのは、フィードバック情報生成部 67 とコードブック記憶部 69 と伝搬路推定部 71 である。以下では、フィードバック情報生成部 67 とコードブック記憶部 69 と伝搬路推定部 71 における信号処理について説明する。

[0108] 伝搬路推定部 71 における信号処理について説明する。伝搬路推定部 71 には、端末装置 2 と同様に、参照信号分離部 51-5 から出力される DMR S と CSI-RS に関連付けられた受信信号が入力される。ここで、DMR S に基づいて伝搬路推定部 53 が行なう伝搬路推定は端末装置 2 と同様である。ただし、基地局装置 1 のプリコーディング部 27 が、端末装置 3 宛の送信信号ベクトルに基づいて、開ループ型の送信ダイバーシチを用いた場合、伝搬路推定部 71 では、そのことを考慮した等価伝搬路利得の推定を行なう必要がある。そのため、伝搬路推定部 71 では、プリコーディング部 27 が適用している開ループ型送信ダイバーシチを把握している必要がある。伝搬

路推定部 71 では、DMRS に基づいて推定された等価伝搬路利得をチャネル等化部 57 に向けて出力する。

[0109] 次いで、伝搬路推定部 71 における CSI-RS に基づいて伝搬路推定方法について述べる。端末装置 3 では、第 1 の CSI-RS のみを把握することが可能であるから、伝搬路推定部では、第 1 の CSI-RS が送信されている水平方向のアンテナグループに関連付けられた伝搬路利得を推定する。このとき、伝搬路推定部 71 は、該 CSI-RS がどの水平方向のアンテナグループから送信されているかは把握できなくても構わない。以下では、基地局装置 1 は第 1 の CSI-RS を第 1 行アンテナグループから送信したものとす。そして、伝搬路推定部 71 は、第 1 の CSI-RS に基づいて推定した伝搬路情報 h_H をフィードバック情報生成部 67 に向けて出力する。

[0110] フィードバック情報生成部 67 は、伝搬路推定部 71 より入力された h_H と、コードブック記憶部 69 が格納しているコードブック（第 4 のコードブックとも呼ぶ）に基づき、 h_H に適した線形フィルタ W_3 を算出する。どの線形フィルタが適切かを定める基準は、本実施形態においては、端末装置 2 と同様に、何かに限定されるものではない。例えば、アンテナ利得（もしくは SNR や SINR）が最も大きくなる線形フィルタを選択すれば良い。

[0111] 端末装置 3 のコードブック記憶部 69 が格納しているコードブックに記載の線形フィルタを $\{w_{3,b}; b = 1 \sim 2^B\}$ とする。ここで 2^B はコードブックに記載の線形フィルタの数であり、 B は通知に係るビット数である。なお、端末装置 2 と端末装置 3 との間で、通知に係るビット数 B は異なっても良い。受信 SNR を最大とする線形フィルタ W_3 は式 (4) を満たす線形フィルタである。

[0112] [数4]

$$W_3 = \arg \max_{w_{3,b}; b=1 \sim 2^B} \| h_H w_{3,b} \|^2 \quad \cdots (4)$$

[0113] また、送信ランク数が 2 以上となった場合は、送信ランクおよび線形フィ

ルタ毎に、チャネル容量を算出し、最も高いチャネル容量となる送信ランク数と線形フィルタを算出すれば良い。フィードバック情報生成部 67 は生成した信号を端末アンテナ部 51 の無線送信部 51-2 に入力する。

[0114] 他の端末装置 3 の構成部分における信号処理は、端末装置 2 と同様であるから説明は省略する。

[0115] 第 2 の実施形態では、水平方向のアンテナグループのみを把握可能なレガシー端末である端末装置 3 と、垂直方向のアンテナグループも把握可能な端末装置 2 とが混在する無線通信システムを対象とした。本実施形態の方法によれば、端末装置 3 も、垂直方向のアンテナグループを備える基地局装置 1 に接続することが可能となるから、後方互換性を保つことが可能となる。また、端末装置 2 が把握しているダブルコードブックのうち、水平方向のアンテナグループに関連付けられた第 2 のコードブックと、端末装置 3 が把握しているコードブックとを共通化させることで、基地局装置 1 のコードブック記憶部 35 の負担を軽減させることも可能となる。

[0116] [3. 第 3 の実施形態]

第 1 および第 2 の実施形態では、S U-M I M Oを行なう無線通信システムを対象とした。ところで、基地局装置が複数の送信アンテナを備えている場合、複数の端末装置宛のデータ信号を空間多重させて同時送信する下りリンク M U-M I M O伝送を行なうことが可能となる。第 3 の実施形態においては、基地局装置と複数の端末装置が下りリンク M U-M I M O伝送を行なう無線通信システムを対象とする。

[0117] 図 10 は、本発明の第 3 の実施形態に係る無線通信システムの概略を示す図である。第 3 の実施形態においては、 N_t 本の送信アンテナを有した基地局装置 1b に対して、 N_r 本の受信アンテナを有する端末装置 2 が同時に U 個（図 10 では端末装置 2-1 ~ 2-4 の 4 個）接続する無線通信システムを対象とする。なお、送信ランク数等の無線パラメータについては、特別に断らない限り、第 1 の実施形態および第 2 の実施形態と同様であるものとする。

[0118] 第 3 の実施形態における端末装置 2 の信号処理は、第 1 および第 2 の実施

形態と同様であるから説明は省略する。以下では、本実施形態における基地局装置 1 b の信号処理について説明する。

[0119] [3. 1. 基地局装置 1 b]

図 1 1 は第 3 の実施形態に係る基地局装置 1 b の構成を示すブロック図である。基本的な構成は、第 1 および第 2 の実施形態に係る基地局装置 1 の構成と同じであるが、チャンネル符号化部 2 1 b およびデータ変調部 2 3 b については、基地局装置 1 が備えるチャンネル符号化部 2 1 およびデータ変調部 2 3 が同時接続している U 個の端末装置 2 の数だけ存在する構成となる。

[0120] はじめに、チャンネル符号化部 2 1 b が各端末装置 2 宛ての送信データ系列に対してチャンネル符号化を行なったのち、データ変調部 2 3 b が、QPSK、16QAM等のデジタルデータ変調を施す。データ変調部 2 3 b はデータ変調を施したデータ信号をマッピング部 2 5 に入力する。

[0121] 次に、マッピング部 2 5 は、データ変調部 2 3 より入力された各端末装置 2 宛てのデータ信号を適切な無線リソースにマッピングする。第 1 および第 2 の実施形態においては、基本的に、1つのサブキャリアは、1個の端末装置 2 が占有するものとしていたが、本実施形態においては、1つのサブキャリアにおいて、基地局装置 1 b は複数の端末装置 2 宛てのデータ信号を送信できる。つまり、あるサブキャリアが有する空間リソースを、複数の端末装置 2 が共有するということである。実際の無線リソースへのマッピングについては、各端末装置 2 より通知される受信品質等に応じて基地局装置 1 b が決定する。

[0122] マッピング部 2 5 における CS-SS のマッピング方法については、第 1 および第 2 の実施形態と同様であるから説明は省略する。一方、マッピング部 2 5 における DMSS のマッピング方法については、基地局装置 1 b に同時接続している複数の端末装置 2 の間で互いに直交している無線リソースを用いて多重する必要があること以外は、第 1 および第 2 の実施形態と同様である。

[0123] また、制御情報取得部 3 1 は、接続している複数の端末装置 2 より通知さ

れる制御情報を取得し、そのうち、第1および第2の線形フィルタに関連付けられた制御情報を伝搬路情報取得部33に向けて出力する。

[0124] 伝搬路情報取得部33では、制御情報取得部31より入力された制御情報と、コードブック記憶部35に格納されているコードブック情報に基づき、各端末装置2が要求している第1の線形フィルタ W_1 と、第2の線形フィルタ W_2 を取得し、プリコーディング部27に向けて出力する。

[0125] 次いで、プリコーディング部27における信号処理について説明する。従来のコードブックベースのMU-MIMO伝送においては、各端末装置2より通知された所望線形フィルタに基づいて、基地局装置1bは等価的な伝搬路行列を形成し、その伝搬路行列に基づいてMMSE規範やZF規範に基づいたプリコーディングフィルタ W_p を算出する。そして、基地局装置1bは算出された W_p を各端末装置2宛ての送信データで構成される送信データベクトルに乗算することで、送信信号ベクトルを算出する。

[0126] 本実施形態においても、従来技術と同様の手法でMU-MIMO伝送を実現することは可能である。例えば、端末装置2-uから通知された第1および第2の線形フィルタを W_{1-u} および W_{2-u} とした場合、実際にデータ信号に乘算される線形フィルタは $(W_{2-u} * W_{1-u})$ で表される(式(1)参照)。そこで、各端末装置2のデータ信号に乘算される線形フィルタである $(W_{2-u} * W_{1-u})$ のエルミート行列を行方向に並べて構成される伝搬路行列に基づいて、プリコーディング部25はMMSE規範やZF規範に基づいたプリコーディングフィルタ W_p を算出できる。

[0127] ところで、本実施形態においては、各端末装置2から、水平方向のアンテナグループに関連付けられた所望線形フィルタ W_1 と、垂直方向のアンテナグループに関連付けられた所望線形フィルタ W_2 が通知されている。このことに着目して、プリコーディングを行なっても良い。

[0128] 例えば、本実施形態においては、水平方向のアンテナグループが4本備えられている。そこで、基地局装置1bは水平方向のアンテナ利得のみを利用して、最大4個の端末装置2を空間多重することが出来る。具体的には、

各端末装置 2 から通知されている線形フィルタ W_{1-u} のみを行方向に並べて構成される伝搬路行列に基づいて、プリコーディング部 25 は MMS E 規範や ZF 規範に基づいたプリコーディングフィルタ W_p を算出できる。プリコーディング部 25 は算出されたプリコーディングフィルタ W_p を各端末装置 2 宛ての送信データで構成される送信データベクトルに乗算することで、送信信号ベクトルを算出できる。プリコーディング部 25 は算出した送信信号ベクトルを任意の水平方向のアンテナグループから送信するように制御しても良いし、全ての水平方向のアンテナグループから送信するように制御しても良い。

[0129] また、プリコーディング部 25 は、各端末装置 2 宛ての送信データに予め、各端末装置 2 より通知された線形フィルタ W_2 を乗算した後、上述したプリコーディングを施すように制御しても構わない。これは、水平方向のアンテナグループのアンテナ利得により、既にユーザ間干渉は抑圧可能であるから、プリコーディング部 25 は、垂直方向のアンテナグループから送信される各端末装置 2 宛ての送信データに対するプリコーディングは、端末装置 2 毎に独立に行なっても構わないからである。

[0130] 以上の説明では、ユーザ間干渉は、水平方向のアンテナグループのアンテナ利得により抑圧することを前提としているが、プリコーディング部 25 は、ユーザ干渉の抑圧は、垂直方向のアンテナグループのアンテナ利得により抑圧しても良い。つまり、プリコーディング部 25 は、各端末装置 2 より通知される W_{2-u} に基づいて、プリコーディングフィルタ W_p を算出するように制御しても構わない。もちろん、プリコーディング部 25 は、各端末装置 2 宛ての送信データに予め、各端末装置 2 より通知された線形フィルタ W_1 を乗算した後、プリコーディングを施すように制御しても良い。

[0131] なお、以上説明してきたプリコーディング手法は線形プリコーディングであるが、プリコーディング部 25 は Tomlinson-Harashima precoding や Vector perturbation に代表される非線形プリコーディングを適用しても構わない。この場合、データ信

号には摂動ベクトルと呼ばれる信号が加算されて送信される事から、端末装置 2 はデータ信号に加算されている摂動ベクトルを考慮した信号処理（例えば modulo 演算等）を受信信号に施す必要がある。なお、プリコーディング部 25 が非線形プリコーディングをデータ信号に施しても構わないことは、他の実施形態においても同様である。

[0132] 水平方向および垂直方向のアンテナグループのアンテナ利得により、高効率にユーザ間干渉を抑圧するためには、空間多重する端末装置 2 の伝搬路同士が直交していることが望ましい。例えば、同じ所望線形フィルタを通知してきた端末装置 2 同士を空間多重することは望ましくない。そこで、本実施形態におけるマッピング部 25 では、各端末装置 2 宛てのデータ信号について、空間多重する端末装置 2 の組み合わせは、高効率にユーザ間干渉を抑圧可能な組み合わせとなるように制御しても良い。例えば、マッピング部 25 はプリコーディング部 27 で算出されるプリコーディングフィルタ W_p の行列式の値が可能な限り 1 に近づくような端末装置 2 同士を空間多重するように、データ信号をマッピングしても良い。

[0133] プリコーディング部 25 は、各端末装置 2 宛てのデータ信号にプリコーディング処理を施して得られた送信信号ベクトルをそれぞれアンテナ部 29 に向けて出力する。アンテナ部 29 の構成および各構成部分で行なわれる信号処理は第 1 および第 2 の実施形態と同じであるから説明は省略する。

[0134] 本実施形態では、水平方向および垂直方向にアンテナを備える基地局装置 1b に複数の端末装置 2 が同時接続する MU-MIMO 伝送を行なう無線通信システムを対象とした。本実施形態によれば、ダブルコードブック構造を有するコードブックを互いに共有する基地局装置 1b と複数の端末装置 2 との間で高効率に MU-MIMO 伝送を行なうことが可能となるから、無線通信システムの周波数利用効率を大幅に改善することが可能となる。

[0135] [4. 第 4 の実施形態]

第 3 の実施形態においては、基地局装置 1b に接続する端末装置は、全て基地局装置 1 が備える垂直方向のアンテナ利得を考慮できる端末装置 2 であ

るものとした。第4の実施形態においては、第2の実施形態に関連し、基地局装置1に、複数の端末装置2に加えて、基地局装置1bが備える垂直方向のアンテナ利得を考慮できないレガシー端末装置である複数の端末装置3が同時接続するMU-MIMO伝送を行なう無線通信システムを対象とする。

[0136] 図12は、本発明の第3の実施形態に係る無線通信システムの概略を示す図である。第3の実施形態においては、 N_t 本の送信アンテナを有した基地局装置1bに対して、 N_r 本の受信アンテナを有する端末装置2（図12では端末装置2-1～2-2の2個）と、 N_r 本の受信アンテナを有する端末装置3（図12では端末装置3-1～3-2の2個）が複数接続する無線通信システムを対象とする。なお、送信ランク数等の無線パラメータについては、特別に断らない限り、第1の実施形態と同様であるものとする。

[0137] 第4の実施形態における端末装置2および端末装置3の信号処理は、第2の実施形態と同様であるから説明は省略する。以下では、本実施形態における基地局装置1bの信号処理について説明する。

[4. 1. 基地局装置1b]

第4の実施形態に係る基地局装置1bの構成は図11と同様である。各構成装置における信号処理は、プリコーディング部27における信号処理を除き、第2および第3の実施形態と同様である。

[0138] プリコーディング部27は、各端末装置2および端末装置3より通知される所望線形フィルタに基づいて、各端末装置2および端末装置3宛のデータ信号に対してプリコーディングを施す。第3の実施形態と異なるのは、端末装置3からは、基地局装置1bが備える水平方向のアンテナグループに関連付けられた第3の線形フィルタのみが通知されることである。

[0139] そこで、プリコーディング部27では、各端末装置2から通知される W_1 と、各端末装置3から通知される W_3 のエルミート転置行列を行方向に並べて構成される伝搬路行列に基づいてプリコーディングフィルタ W_p を算出する。そして、プリコーディング部27は算出したプリコーディングフィルタ W_p を端末装置2-1～2-2と、端末装置3-1～3-2宛てのデータ信号で

構成されるデータ信号ベクトルを乗算することで送信信号ベクトルを算出する。

[0140] プリコーディング部27は算出した送信信号ベクトルを、任意の水平方向のアンテナグループから送信するように制御しても良いし、全ての水平方向のアンテナグループから送信するように制御しても良い。

[0141] また、第3の実施形態と同様に、本実施形態においても、上述したプリコーディング処理により、水平方向のアンテナグループのアンテナ利得によって、ユーザ間干渉は予め抑圧出来ている。よって、端末装置2宛てのデータ信号に対しては、予め垂直方向のアンテナグループに関連付けられた所望線形フィルタである W_2 を乗算するプリコーディングを施しても良い。一方、端末装置3宛のデータ信号に対しては、垂直方向のアンテナ利得を考慮したプリコーディングを施すことは出来ない。しかし、第2の実施形態と同様に、サイクリックシフトダイバーシチ等の開ループ型の送信ダイバーシチ処理を予め施しても構わない。

[0142] プリコーディング部27は算出した送信信号ベクトルをアンテナ部29に向けて出力する。基地局装置1bの他の構成部分における信号処理については、第2の実施形態と同様であるから説明は省略する。

[0143] 第4の実施形態では、基地局装置1bに、複数の端末装置2に加えて、基地局装置1bが備える垂直方向のアンテナ利得を考慮できないレガシー端末装置である複数の端末装置3が同時接続するMU-MIMO伝送を行なう無線通信システムを対象とした。本実施形態の方法によれば、端末装置2とレガシー端末装置である端末装置3とを空間多重させることが可能となるから、後方互換性を維持しつつ、高い周波数利用効率を実現できる無線通信システムを実現できる。

[0144] [5. 第5の実施形態]

第3および第4の実施形態においては、基地局装置に、複数の端末装置が同時接続するMU-MIMO伝送を行なう無線通信システムを対象とした。しかし、基地局装置がプリコーディングに利用できる情報は、各端末装置が

通知する所望線形フィルタが中心である。そのため、実際に各端末装置が受信するユーザ間干渉などを、基地局装置は正確に把握することは出来ない。そのため、実際に複数の端末装置を空間多重できる機会はあまり多くなく、周波数利用効率の改善は限定的である。本実施形態では、各端末装置が実際に受信するユーザ間干渉（ $I U I$ ）電力に関連付けられた情報を基地局装置が利用可能とする無線通信システムを対象とする。

[0145] 本実施形態において対象とする無線数新システムは図10および図12と同様である。以下では、（1）全ての端末装置が端末装置2である状況、と（2）端末装置2と端末装置3とが混在する状況、とを分けて説明する。

[5. 1. 端末装置2]

本実施形態に係る端末装置2の構成は図6と同様である。異なるのは、フィードバック情報生成部55における信号処理となる。

[0146] 第1から第4の実施形態においては、フィードバック情報生成部55では、端末装置2の受信品質を向上させる所望線形フィルタ（例えば、受信SNRを最大化させる線形フィルタ等）を算出していた。つまり、端末装置2宛てのデータ信号に乗算されるのが望ましい線形フィルタを、フィードバック情報生成部55は算出していた。本実施形態においては、端末装置2は、所望線形フィルタのみではなく、 $M U - M I M O$ 伝送時に端末装置2が実際に受信する $I U I$ に関連付けられた第4の線形フィルタを併せて基地局装置1bに通知する。

[0147] 第4の線形フィルタとして、端末装置2の受信品質を低下させる線形フィルタをフィードバック情報生成部55が算出する方法が考えられる。例えば、受信SNRや受信SINRを最小化させる線形フィルタが第4の線形フィルタに該当する。つまり、他の端末装置2宛ての送信データに、この第4の線形フィルタを乗算して送信すれば、その信号は、自装置には届かないことを意味している。つまり、第1の端末装置2が通知している第4の線形フィルタと、第2の端末装置2が通知している所望線形フィルタが一致しており、また同時に、第2の端末装置2が通知している第4の線形フィルタと、第1

の端末装置 2 が通知している所望線形フィルタが一致している場合、第 1 と第 2 の端末装置 2 の伝搬路は互いに直交している可能性が高いと言える。よって、第 1 と第 2 の端末装置 2 同士を空間多重することで、高効率な M U - M I M O 伝送が実現される。

[0148] 第 4 の線形フィルタとして、受信品質を向上させる線形フィルタをフィードバック情報生成部 5 5 は生成しても良い。例えば、所望線形フィルタの次に高い受信 S N R を実現できる線形フィルタをフィードバック情報生成部 5 5 は第 4 の線形フィルタとして算出しても良い。このとき、所望線形フィルタと第 3 の線形フィルタとは、可能な限り直交している（すなわち、互いの内積値が小さい）ことが望ましい。もし、他の端末装置 2 宛ての送信データに、この第 3 の線形フィルタを乗算して送信すれば、その信号は、自装置にも大きな受信電力をもって受信されてしまうこと示唆している。このことは、第 1 の端末装置 2 が通知している第 4 の線形フィルタと、第 2 の端末装置 2 が通知している所望線形フィルタが一致しており、また同時に、第 2 の端末装置 2 が通知している第 4 の線形フィルタと、第 1 の端末装置 2 が通知している所望線形フィルタが一致している場合、第 1 と第 2 の端末装置 2 の伝搬路は互いに直交していない可能性が高いことを示唆している。よって、その第 1 と第 2 の端末装置 2 同士は空間多重させず、他の端末装置 2 同士を空間多重させることで、高効率な M U - M I M O 伝送が実現できる。

[0149] フィードバック情報生成部 5 5 は、上述してきたような第 4 の線形フィルタを、水平方向のアンテナグループと、垂直方向のアンテナグループのそれぞれに対して算出し、端末アンテナ部 5 1 に向けて出力する。以下では水平方向のアンテナグループに関連付けられた線形フィルタを第 5 の線形フィルタとも呼ぶ。また、垂直方向のアンテナグループに関連付けられた線形フィルタを第 6 の線形フィルタとも呼ぶ。なお、フィードバックの通知に係るオーバーヘッドを抑圧するために、第 5 の線形フィルタの通知周期と、第 6 の線形フィルタの通知周期は、異なる値としても良い。

[0150] また、片方のアンテナグループに関連付けられた第 4 の線形フィルタの通

知は行なわないように制御しても構わない。詳細は後述するが、例えば、基地局装置 1 b が端末装置 2 と端末装置 3 同士の空間多重を行なう場合、端末装置 3 は垂直方向のアンテナグループを考慮することは出来ないから、端末装置 2 が垂直方向のアンテナグループに関連付けられた第 6 の線形フィルタを通知しても、基地局装置 1 b は端末装置 2 と端末装置 3 の伝搬路の直交性を考慮することは出来ない。よって、端末装置 2 は、第 5 の線形フィルタのみを通知するように制御することで、フィードバックの通知に係るオーバーヘッドを抑圧しても良い。なお、端末装置 2 同士の空間多重を前提として、端末装置 2 は、第 6 の線形フィルタのみを通知するように制御しても良い。

[0151] シングルコードブック構造のコードブックをコードブック記憶部 6 5 が格納している場合、本実施形態のように、水平方向のアンテナグループと垂直方向のアンテナグループとで、第 4 の線形フィルタの通知を独立に制御することが出来ない。そのため、オーバーヘッドは効率的に抑圧されず、第 4 の線形フィルタによる周波数利用効率の改善量に限界を与えてしまう。本実施形態では、ダブルコードブック構造のコードブックをコードブック記憶部 6 5 が格納していることで、端末装置 2 が第 5 の線形フィルタと第 6 の線形フィルタの通知の方法を柔軟に変更することが出来るため、第 4 の線形フィルタによる周波数利用効率の改善量に限界を与えることなく、オーバーヘッドを抑圧することが可能となる。

[0152] また、フィードバック情報生成部 5 5 は、予めコードブックに記載されている線形フィルタ同士を、お互いの直交性や弦距離に応じて、グループ分けをしており、第 4 の線形フィルタに関連付けられた制御情報として、該グループのインデックスを通知するように制御しても構わない。このことは後述する端末装置 3 のフィードバック情報生成部 6 7 でも同様である。

[0153] なお、第 4 の線形フィルタについては、空間多重される端末同士が備えるコードブック記憶部 6 5 およびコードブック記憶部 6 9 が格納するコードブックが同一もしくは、同じ線形フィルタが複数記載されている必要がある。そのため、基地局装置 1 b に端末装置 2 だけではなく、端末装置 3 も同時接

続するような無線通信システムにおいては、端末装置 2 のコードブック記憶部 6 5 が格納するダブルコードブック構造のコードブックのうち、少なくとも第 2 のコードブックについては、端末装置 3 のコードブック記憶部 6 9 が格納する第 4 のコードブックと同一とするか、同じ線形フィルタが複数記載されている必要がある。

[0154] なお、端末装置 2 の他の構成部分における信号処理については、第 3 の実施形態と同様であるから説明は省略する。

[0155] [5. 2. 端末装置 3]

本実施形態に係る端末装置 3 の構成は図 9 と同様である。異なるのは、フィードバック情報生成部 6 7 における信号処理となる。

[0156] フィードバック情報生成部 6 7 では、端末装置 2 と同様に、所望線形フィルタに加えて、M U - M I M O 伝送時に実際に端末装置 3 が受信する I U I 電力に関連付けられた第 7 の線形フィルタを算出する。フィードバック情報生成部 6 7 が生成する第 7 の線形フィルタは、端末装置 2 の第 4 の線形フィルタと同様に、受信品質を低下させる線形フィルタ（例えば、受信 S N R を最小化させる線形フィルタ）や、受信品質を向上させる線形フィルタ（例えば、所望線形フィルタの次に高い受信 S N R を実現できる線形フィルタ）を算出すれば良い。

[0157] ただし、フィードバック情報生成部 6 7 は、水平方向のアンテナグループに関連付けられた第 7 の線形フィルタのみを算出すれば良い。例えば、フィードバック情報生成部 6 7 は伝搬路推定部 7 1 より入力された h_H に基づいて、受信 S N R を最小とする線形フィルタをコードブック記憶部 6 9 が格納しているコードブックより抽出し、抽出された線形フィルタに関連付けられた制御情報（例えば、該線形フィルタのコードブック上のインデックス等）を端末アンテナ部 5 1 に向けて出力すれば良い。

[0158] 端末装置 2 において垂直方向のアンテナグループも考慮したシングルコードブック構造のコードブックをコードブック記憶部 6 5 が格納している場合、端末装置 3 が基地局装置 1 b に通知する第 7 の線形フィルタと、端末装置

2が基地局装置1bに通知する第4の線形フィルタとは、何ら関連付けられたものではない。そのため、基地局装置1bは空間多重する端末装置2と端末装置3の組み合わせを、第3の線形フィルタに基づいて決定することが出来ず、空間多重できる端末装置の組み合わせは、複数の端末装置2同士、もしくは複数の端末装置3同士に限られてしまう。本実施形態ではコードブック記憶部65が格納している第2のコードブックに記載の線形フィルタの少なくとも一部を、コードブック記憶部69が格納しているコードブックに記載の線形フィルタと同一とすることで、端末装置3が基地局装置1bに通知する第7の線形フィルタと、端末装置2が基地局装置1bに通知する第4の線形フィルタとに、関連を持たせることが可能となる。よって、基地局装置1bは端末装置2と端末装置3同士の空間多重を実現することが可能となるから、周波数利用効率の一層の改善が可能となる。

[0159] なお、端末装置3の他の構成部分における信号処理については、第4の実施形態と同様であるから説明は省略する。

[0160] [5. 3. 基地局装置1b]

本実施形態に係る基地局装置1bの構成は図11と同様であり、各構成部分における信号処理も、第4の実施形態とほぼ同様である。異なるのは、制御情報取得部31と伝搬路情報取得部33と、マッピング部25と、プリコーディング部27における信号処理である。

[0161] はじめに、制御情報取得部31では、接続している複数の端末装置2と複数の端末装置3より通知される制御情報を取得する。そして、制御情報取得部31は、第1から第7の線形フィルタに関連付けられた制御情報を伝搬路情報取得部33に向けて出力する。

[0162] 伝搬路情報取得部33では、制御情報取得部31より入力された制御情報と、コードブック記憶部35に格納されているコードブック情報に基づき、各端末装置が要求している第1の線形フィルタW1と、第2の線形フィルタW2と、それぞれの線形フィルタに関連付けられた第4の線形フィルタであるW5およびW6と、第7の線形フィルタを取得し、プリコーディング部2

7とマッピング部25に向けて出力する。このとき、伝搬路情報取得部33では、端末装置2については、W1、W2、W5およびW6を取得するが、端末装置3については、W3とW7を取得することになる。

[0163] プリコーディング部27では、各端末装置より通知された各線形フィルタに基づいて、各端末装置宛のデータ信号に対して、プリコーディングを施すことで、送信信号ベクトルを算出する。基本的なプリコーディングの方法は、第4の実施形態と同様である。一方、マッピング部25では、基地局装置1bが空間多重する端末装置の組み合わせを、第1と第2の線形フィルタに加えて、第3の線形フィルタを用いて決定することにある。

[0164] 初めに、基地局装置1bが複数の端末装置2同士を空間多重する場合を考える。第4の線形フィルタは、各端末装置2が実際に観測する $|U|$ 電力に関連付けられている。例えば、第4の線形フィルタとして、各端末装置2が自装置の受信SNRを最小化させる線形フィルタを通知している場合を考える。第1の端末装置2が通知している第4の線形フィルタのひとつであるW5と、第2の端末装置2が通知しているW1が一致しており、更に、第2の端末装置2が通知しているW5と、第1の端末装置2が通知しているW1が一致していれば、第1の端末装置2と第2の端末装置2の伝搬路は互いに直交している可能性が高いことを意味している。この場合、マッピング部25は、このような関係にある端末装置2同士を優先的に空間多重するように、各端末装置宛のデータ信号のマッピングを決定すれば良い。以上の説明は、水平方向のアンテナグループに関連付けられた線形フィルタを考慮しているが、垂直方向のアンテナグループに関連付けられた線形フィルタを考慮する場合においても同様である。当然、マッピング部25は、第5の線形フィルタと第6の線形フィルタの両方を考慮しても良い。

[0165] 一方、第4の線形フィルタとして、各端末装置2が自装置の受信SNRを向上させる線形フィルタを通知している場合、マッピング部25は、所望線形フィルタ(W1およびW2)と第4の線形フィルタが一致している端末装置2同士を空間多重させないように、各端末装置宛のデータ信号のマッピン

グを決定すれば良い。なぜならば、そのような関係にある端末装置 2 の伝搬路は互いに直交していない可能性が高いからである。

[0166] 次いで、基地局装置 1 b が端末装置 2 と端末装置 3 とを空間多重する場合を考える。このとき、端末装置 3 からは、水平方向のアンテナグループに関連付けられた第 7 の線形フィルタのみを通知している。本実施形態においては、端末装置 2 のコードブック記憶部 6 5 が格納している第 2 のコードブックに記載の線形フィルタの一部もしくはその全てが、端末装置 3 のコードブック記憶部 6 9 が格納している第 4 のコードブックに記載の線形フィルタと一致している。そのため、マッピング部 2 5 は水平方向のアンテナグループに関連付けられた所望線形フィルタである W 1 および W 3 と、W 1 に関連付けられた W 5 および W 3 に関連付けられた W 7 に基づいて、端末装置 2 と端末装置 3 の伝搬路の直交性を判断することが出来る。よって、マッピング部 2 5 は W 1、W 5、W 3 および W 7 に基づいて、データ信号のマッピングを行なえば良い。なお、基地局装置 1 b が複数の端末装置 3 同士を空間多重する場合においても、マッピング部 2 5 は W 3 および W 7 に基づいて、データ信号のマッピングを行なえば良い。

[0167] 以上の説明では、マッピング部 2 5 は、各端末装置 2 および端末装置 3 から通知される線形フィルタに基づいて、データ信号のマッピングを行なうものとしているが、各端末装置から通知される他の制御情報（例えば、受信品質に関連付けられた情報等）に更に基づいてマッピングを行なっても良い。マッピング部 2 5 は、プリコーディング部 2 7 で一端行なわれたプリコーディング結果に基づいて、再度、データ信号のマッピングをし直しても良い。

[0168] また、マッピング部 2 5 は、予めコードブックに記載されている線形フィルタ同士を、互いの直交性や弦距離に応じて、グループ分けをしておき、第 3 の線形フィルタの通知の有無に関わらず、各端末装置より通知される所望線形フィルタと、コードブックのグループ分けに基づいて、データ信号のマッピングを行なっても構わない。

[0169] 例えば、コードブック記載の線形フィルタが第 1 のグループと第 2 のグル

ープに棲み分けされており、第1のグループに記載の線形フィルタと、第2のグループに記載の線形フィルタは、直交性が高いものとする。このとき、第1の端末装置2と第2の端末装置2が通知してきた所望線形フィルタW1が第1のグループに所属しており、第3の端末装置2が通知してきた所望線形フィルタW4が第2のグループに所属していた場合、第1と第3、および第2と第3の端末装置の伝搬路の直交性が高い一方で、第1と第2の端末装置2の伝搬路の直交性は低いことが分かる。この情報に基づいて、マッピング部25は、データ信号のマッピングを行なっても構わない。

[0170] 基地局装置1bの他の構成部分における信号処理については、第4の実施形態と同様であるから説明は省略する。

[0171] 本実施形態では、各端末装置が所望線形フィルタに加えて、実際に受信するIUI電力に関連付けられた情報として第4の線形フィルタを基地局装置1bに通知する無線通信システムを対象とした。本実施形態の方法によれば、第4の線形フィルタの通知に係るオーバーヘッドの増加を必要最小限に抑えることが可能であり、また、レガシー端末装置である端末装置3と端末装置2とを高効率に空間多重させることも可能となるため、後方互換性を維持しつつ、無線通信システムの周波数利用効率の改善に寄与できる。

[0172] [6. 全実施形態共通]

以上、この発明の実施形態について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。

[0173] なお、本発明は上述の実施形態に限定されるものではない。本発明の端末装置2および端末装置3は、セルラーシステム等の端末装置への適用に限定されるものではなく、屋内外に設置される据え置き型、または非可動型の電子機器、たとえば、AV機器、キッチン機器、掃除・洗濯機器、空調機器、オフィス機器、自動販売機、その他生活機器などに適用できることは言うまでもない。

[0174] 本発明に関わる端末装置2、端末装置3、基地局装置1および基地局装置

1 b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。

[0175] 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端末装置2、端末装置3および基地局装置1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。端末装置2、端末装置3および基地局装置1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。

[0176] [まとめ]

(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、本発明の基地局装置は、複数のアンテナを備え、前記複数のアンテナから、端末装置宛に送信される信号の位相および振幅を調整するこ

とで、前記複数のアンテナの水平方向および垂直方向のアンテナ利得を調整可能な基地局装置であって、前記端末装置との間で共用された、前記水平方向のアンテナ利得に関連付けられた複数の線形フィルタが記載された第2のコードブックと、前記垂直方向のアンテナ利得に関連付けられた複数の線形フィルタが記載された第3のコードブックと、から構成される第1のコードブックを格納している第1のコードブック記憶部と、前記端末装置から通知される、前記第2のコードブック記載の複数の線形フィルタおよび前記第3のコードブック記載の複数の線形フィルタの少なくとも1つを示す制御情報を取得する制御情報取得部と、

前記制御情報と、前記第1のコードブックに基づき、前記端末装置宛の信号にプリコーディングを施すプリコーディング部と、前記プリコーディングが施された信号を送信する無線送信部とを備えることを特徴とする。

[0177] このような基地局装置は、端末装置から水平方向のアンテナ利得に関連付けられた線形フィルタと、垂直方向に関連付けられた線形フィルタを、端末装置と共用しているコードブックに基づいてフィードバックされる。基地局装置はフィードバックされた線形フィルタに基づいて、端末装置宛の信号にプリコーディングを施すことで、アンテナ数の増加に伴うフィードバック情報量の増加を最小限に抑えながら、高効率なプリコーディング伝送を行なうことが可能となる。その結果、周波数利用効率を向上させることが可能となる。

[0178] (2) また、本発明の基地局装置は、前記プリコーディング部は、前記制御情報と、前記第1のコードブックに基づいて、複数の前記端末装置宛の信号にプリコーディングを施し、前記無線送信部は、前記プリコーディングが施された信号を空間多重して、複数の前記端末装置に向けて送信することを特徴とする。

[0179] このような基地局装置は、複数の端末装置から、水平方向のアンテナ利得に関連付けられた線形フィルタと、垂直方向に関連付けられた線形フィルタを、端末装置と共用しているコードブックに基づいてフィードバックされる

。基地局装置はフィードバックされた線形フィルタに基づいて、各端末装置宛の信号にプリコーディングを施し、プリコーディングが施された信号を空間多重して送信するM U - M I M O伝送を行なうことが可能となる。その結果、周波数利用効率を向上させることが可能となる。

[0180] (3) また、本発明の基地局装置は、前記制御情報は、前記端末装置の受信品質を最大化する前記第2のコードブック記載の第1の線形フィルタ、前記端末装置の受信品質を最大化する前記第3のコードブック記載の第2の線形フィルタ、前記端末装置の受信品質を最小化する前記第2のコードブック記載の第5の線形フィルタおよび前記端末装置の受信品質を最小化する前記第3のコードブック記載の第6の線形フィルタとの少なくとも1つを示す制御情報を含み、前記プリコーディング部は、前記制御情報が示す前記第2のコードブックおよび前記第3のコードブック記載の線形フィルタのうち、少なくとも1つに基づいて、複数の前記端末装置宛の信号にプリコーディングを施し、前記受信品質は、受信信号対雑音電力比、受信信号対干渉プラス雑音電力比またはチャネル容量のいずれかであることを特徴とする。

[0181] このような基地局装置は、複数の端末装置から、各端末装置の受信品質を最大化する線形フィルタと、受信品質を最小化する線形フィルタがフィードバックされる。基地局装置は、各端末装置が実際に観測するユーザ間干渉電力を考慮しながら、各端末装置宛の信号にプリコーディングを施すことができるから、アンテナ数の増加に伴うフィードバック情報量の増加を最小限に抑えながら、高効率なM U - M I M O伝送を行なうことが可能となる。その結果、周波数利用効率を向上させることが可能となる。

[0182] (4) また、本発明の基地局装置は、前記端末装置宛の信号に、前記端末装置との間で既知の参照信号を多重するマッピング部を更に備え、前記既知の参照信号には、前記水平方向のアンテナ利得に関連付けられた第1の参照信号と、前記垂直方向のアンテナ利得に関連付けられた第2の参照信号が含まれており、前記第1の参照信号と、前記第2の参照信号は、互いに直交する無線リソースを用いて送信され、前記第1の参照信号と、前記第2の参照

信号の送信周期は同一である、上記（１）から（３）のいずれかに記載の基地局装置であることを特徴とする。

[0183] このような基地局装置は、水平方向のアンテナ利得に関連付けられた参照信号と、垂直方向のアンテナ利得に関連付けられた参照信号を、それぞれ直交する無線リソースを用いて送信し、送信周期を同一とすることが出来るから、参照信号の送信に係るオーバーヘッドを抑圧することが可能となる。その結果、周波数利用効率を向上させることが可能となる。

[0184] （５）また、本発明の基地局装置は、前記端末装置宛の信号に、前記端末装置との間で既知の参照信号を多重するマッピング部を更に備え、前記既知の参照信号には、前記水平方向のアンテナ利得に関連付けられた第１の参照信号と、前記垂直方向のアンテナ利得に関連付けられた第２の参照信号が含まれており、前記第１の参照信号と、前記第２の参照信号は、互いに直交する無線リソースを用いて送信され、前記第１の参照信号と、前記第２の参照信号の送信周期は互いに異なっている、上記（１）から（３）のいずれかに記載の基地局装置であることを特徴とする。

[0185] このような基地局装置は、水平方向のアンテナ利得に関連付けられた参照信号と、垂直方向のアンテナ利得に関連付けられた参照信号を、それぞれ直交する無線リソースを用いて送信し、送信周期を互いに異なる値とすることが出来るから、参照信号の送信に係るオーバーヘッドを抑圧することが可能となる。その結果、周波数利用効率を向上させることが可能となる。

[0186] （６）また、本発明の基地局装置は、前記端末装置には、第１の端末装置と、第２の端末装置が含まれており、前記制御情報取得部は、前記第１の端末装置から通知された、前記第２のコードブックに記載の線形フィルタのうち、少なくとも１つを示す第１の制御情報と、前記第２の端末装置から通知された、前記水平方向のアンテナ利得に関連付けられ、少なくとも一部が前記第２のコードブックに記載の線形フィルタと共通である第４のコードブックに記載の線形フィルタのうち、少なくとも１つを示す第２の制御情報とを取得し、前記プリコーディング部は、前記第１の制御情報が示す前記第２のコ

ードブック記載の線形フィルタと、前記第 2 の制御情報が示す前記第 4 のコードブック記載の線形フィルタの少なくとも 1 つに基づいて、前記第 1 の端末装置宛の信号と、前記第 2 の端末装置宛の信号にプリコーディングを施し、前記無線送信部は、前記プリコーディングが施された信号を空間多重して、複数の前記端末装置に向けて送信する、上記（2）記載の基地局装置であることを特徴とする。

[0187] このような基地局装置は、第 1 の端末装置からは、水平方向のアンテナ利得と垂直方向のアンテナ利得に関連付けられた線形フィルタを取得し、第 2 の端末装置からは、水平方向のアンテナ利得に関連付けられた線形フィルタを取得する。基地局装置は取得した線形フィルタの少なくとも 1 つに基づいて各端末装置宛の信号にプリコーディングを施すことで、第 1 の端末装置と、垂直方向のアンテナ利得を把握できない第 2 の端末装置の両方と通信を行なうことが出来る。その結果、後方互換性を保ちつつ、周波数利用効率を向上させることが可能となる。

[0188] （7）また、本発明の基地局装置は、前記制御情報取得部は、前記第 1 の端末装置より通知された、前記第 1 の端末装置の前記受信品質を最大化する前記第 2 のコードブック記載の第 1 の線形フィルタ、前記第 1 の端末装置の前記受信品質を最大化する前記第 3 のコードブック記載の第 2 の線形フィルタ、前記第 1 の端末装置の前記受信品質を最小化する前記第 2 のコードブック記載の第 5 の線形フィルタおよび前記第 1 の端末装置の前記受信品質を最小化する前記第 3 のコードブック記載の第 6 の線形フィルタの少なくとも 1 つを示す第 1 の制御情報と、前記第 2 の端末装置より通知された、前記第 2 の端末装置の前記受信品質を最大化する前記第 4 のコードブック記載の第 6 の線形フィルタと、前記第 2 の端末装置の前記受信品質を最小化する前記第 4 のコードブック記載の線形フィルタとの少なくとも 1 つを示す第 2 の制御情報とを取得し、前記プリコーディング部は、前記第 1 の制御情報が示す前記第 2 のコードブックおよび前記第 3 のコードブックに記載の線形フィルタと、前記第 2 の制御情報が示す前記第 4 のコードブックに記載の線形フィ

ルタの少なくとも1つに基づいて、複数の前記端末装置宛の信号にプリコーディングを施す、上記（6）に記載の基地局装置であることを特徴とする。

[0189] このような基地局装置は、第1の端末装置が備えるコードブックに記載の線形フィルタと、第2の端末装置が備えるコードブックに記載の線形フィルタの少なくとも一部の線形フィルタが共通化されており、それぞれの端末装置から、自装置の受信品質を最大化する線形フィルタと、受信品質を最小化する線形フィルタが通知される。基地局装置は第1の端末装置に加えて、垂直方向のアンテナ利得が把握できない第2の端末装置が実際に観測するユーザ間干渉を把握することが可能となるから、第1の端末装置と、第2の端末装置とを含んだ高効率なMIMO伝送を実現することが可能となる。その結果、後方互換性を保ちつつ、周波数利用効率を向上させることが可能となる。

[0190] （8）また、本発明の基地局装置は、複数の前記端末装置より、前記無線送信部が空間多重して送信する信号の宛先端末装置を決定するマッピング部を更に備え、前記制御情報取得部は、前記第1の端末装置より通知された、前記第1の端末装置の受信品質を最大化する前記第2のコードブック記載の第1の線形フィルタと、前記第1の端末装置の前記受信品質を最小化する前記第3のコードブック記載の第6の線形フィルタをそれぞれ示す第1の制御情報と、前記第2の端末装置より通知された、前記第2の端末装置の前記受信品質を最大化する前記第4のコードブック記載の第3の線形フィルタを示す第2の制御情報と、を取得し、前記マッピング部は、前記第6の線形フィルタと、前記第3の線形フィルタに基づいて、前記宛先端末装置を決定し、前記プリコーディング部は、前記第1の線形フィルタと、前記第3の線形フィルタに基づいて、前記宛先端末装置宛の信号にプリコーディングを施す、上記（6）に記載の基地局装置であることを特徴とする。

[0191] このような基地局装置は、第1の端末装置が備えるコードブックに記載の線形フィルタと、第2の端末装置が備えるコードブックに記載の線形フィルタの少なくとも一部の線形フィルタが共通化されており、それぞれの端末装

置から、自装置の受信品質を最大化する線形フィルタと、受信品質を最小化する線形フィルタが通知される。基地局装置は第1の端末装置に加えて、垂直方向のアンテナ利得が把握できない第2の端末装置が実際に観測するユーザ間干渉を把握することが可能となるから、第1の端末装置と、第2の端末装置とを含んだ高効率なMIMO伝送を実現することが可能となる。その結果、後方互換性を保ちつつ、周波数利用効率を向上させることが可能となる。

[0192] (9) 本発明の端末装置は、複数のアンテナを備え、前記複数のアンテナから、端末装置宛に送信される信号の位相および振幅を調整することで、前記複数のアンテナの水平方向および垂直方向のアンテナ利得を調整可能な基地局装置と通信を行なう第1の端末装置であって、前記基地局装置と共用された、前記水平方向のアンテナ利得に関連付けられた複数の線形フィルタが記載された第2のコードブックと、前記垂直方向のアンテナ利得に関連付けられた複数の線形フィルタが記載された第3のコードブックと、から構成される第1のコードブックを格納している第1のコードブック記憶部と、前記第2のコードブック記載の複数の線形フィルタおよび前記第3のコードブック記載の複数の線形フィルタの少なくとも1つを示す制御情報を生成するフィードバック情報生成部と、前記制御情報を前記基地局装置に通知する無線送信部とを備えることを特徴とする。

[0193] このような端末装置は、基地局装置が備える複数のアンテナのうち、水平方向のアンテナ利得に関連付けられた線形フィルタと、垂直方向のアンテナ利得に関連付けられた線形フィルタを、基地局装置と共用しているコードブックに基づいて基地局装置に通知する。その結果、基地局装置はアンテナ数の増加に伴うフィードバック情報量の増加を最小限に抑えながら、高効率なプリコーディング伝送を行なうことが可能となる。その結果、周波数利用効率を向上させることが可能となる。

[0194] (10) また、本発明の端末装置は、前記フィードバック情報生成部は、自装置の受信品質を最大化する前記第2のコードブック記載の第1の線形フ

フィルタと、自装置の受信品質を最大化する前記第3のコードブック記載の第2の線形フィルタとの少なくとも1つを示す第1の制御情報と、自装置の受信品質を最小化する前記第2のコードブック記載の第5の線形フィルタと、自装置の受信品質を最小化する前記第3のコードブック記載の第6の線形フィルタとの少なくとも1つを示す第2の制御情報とを生成し、前記受信品質は受信信号対雑音電力比、受信信号対干渉プラス雑音電力比またはチャンネル容量のいずれかであることを特徴とする。

[0195] このような端末装置は、自装置の受信品質を最大化する線形フィルタに加えて、受信品質を最小化する線形フィルタを基地局装置に通知する。この結果、基地局装置は、各端末装置が実際に観測するユーザ間干渉を把握することが出来るから、基地局装置のアンテナ数の増加に伴うフィードバック情報量の増加を最小限に抑えながら、高効率なMU-MIMO伝送を行なうことが可能となる。その結果、周波数利用効率を向上させることが可能となる。

[0196] (11) また、本発明の端末装置は、前記基地局装置が通信を行なう端末装置には、前記第1の端末装置と、第2の端末装置が含まれており、前記第2のコードブック記載の複数の線形フィルタの少なくとも一部は、前記第2の端末装置が記憶する第4のコードブックに記載された、前記水平方向のアンテナ利得に関連付けられた複数の線形フィルタと共通であることを特徴とする。

[0197] このように、端末装置には水平方向と垂直方向のアンテナ利得をどちらも把握可能な第1の端末装置と、水平方向のアンテナ利得のみを把握可能な第2の端末装置が含まれており、第1の端末装置が備えるコードブック記載の線形フィルタと、第2の端末装置が備えるコードブック記載の線形フィルタの少なくとも一部を共通化する。その結果、基地局装置は、第2の端末装置が実際に観測するユーザ間干渉を把握することが可能となるから、基地局装置のアンテナ数の増加に伴うフィードバック情報量の増加を最小限に抑えながら、高効率なMU-MIMO伝送を行なうことが可能となる。その結果、後方互換性を保ちながら、周波数利用効率を向上させることが可能となる。

[0198] (12) また、本発明の端末装置は、前記第1の線形フィルタと前記第2の線形フィルタに関連付けられた制御情報を前記基地局装置に通知する周期は、同一である、上記(9)から(11)のいずれかに記載の端末装置であることを特徴とする。

[0199] このような端末装置は、水平方向のアンテナ利得に関連付けられた線形フィルタと、垂直方向のアンテナ利得に関連付けられた線形フィルタを基地局装置に通知する周期を、適切に設定することが可能となるから、フィードバックに係るオーバーヘッドを抑圧することが可能となる。その結果、周波数利用効率を向上させることが可能となる。

[0200] (13) また、本発明の端末装置は、前記第1の線形フィルタと前記第2の線形フィルタに関連付けられた制御情報を、前記基地局装置に通知する周期は、互いに異なる、上記(9)から上記(11)のいずれかに記載の端末装置であることを特徴とする。

[0201] このような端末装置は、水平方向のアンテナ利得に関連付けられた線形フィルタと、垂直方向のアンテナ利得に関連付けられた線形フィルタを基地局装置に通知する周期を、適切に設定することが可能となるから、フィードバックに係るオーバーヘッドを抑圧することが可能となる。その結果、周波数利用効率を向上させることが可能となる。

[0202] (14) また、本発明の無線通信システムは、上記(1)記載の基地局装置と、少なくとも1つの複数の上記(9)記載の端末装置と、から構成されることを特徴とする。

[0203] このような無線通信システムは、上記(1)記載の基地局装置と、少なくとも1つの複数の上記(9)記載の端末装置を備えるから、基地局装置のアンテナ数の増加に伴うフィードバック情報量の増加を最小限に抑えながら、高効率なプリコーディング伝送を行なうことが可能となる。その結果、周波数利用効率を向上させることが可能となる。

[0204] (15) 本発明の集積回路は、複数のアンテナを備え、前記複数のアンテナから、端末装置宛に送信される信号の位相および振幅を調整することで、

前記複数のアンテナの水平方向および垂直方向のアンテナ利得を調整可能な基地局装置に実装され、前記基地局装置に複数の機能を発揮させる集積回路であって、

前記端末装置との間で共用された、前記水平方向のアンテナ利得に関連付けられた複数の線形フィルタが記載された第2のコードブックと、前記垂直方向のアンテナ利得に関連付けられた複数の線形フィルタが記載された第3のコードブックと、から構成される第1のコードブックを格納する機能と、前記端末装置から通知される、前記第2のコードブック記載の複数の線形フィルタおよび前記第3のコードブック記載の複数の線形フィルタの少なくとも1つを示す制御情報を取得する機能と、前記制御情報と、前記第1のコードブックに基づき、前記端末装置宛の信号にプリコーディングを施す機能と、前記プリコーディングが施された信号を送信する機能との一連の機能を前記基地局装置に発揮させることを特徴とする。

[0205] このような集積回路は、基地局装置に端末装置から水平方向のアンテナ利得に関連付けられた線形フィルタと、垂直方向に関連付けられた線形フィルタを、端末装置と共用しているコードブックに基づいてフィードバックされ、フィードバックされた線形フィルタに基づいて、端末装置宛の信号にプリコーディングを施すことで、アンテナ数の増加に伴うフィードバック情報量の増加を最小限に抑えながら、高効率なプリコーディング伝送を行なう機能を発揮させることが可能となる。その結果、周波数利用効率を向上させることが可能となる。

[0206] (16) 複数のアンテナを備え、前記複数のアンテナから、端末装置宛に送信される信号の位相および振幅を調整することで、前記複数のアンテナの水平方向および垂直方向のアンテナ利得を調整可能な基地局装置と通信を行なう端末装置に実装され、前記端末装置に複数の機能を発揮させる集積回路であって、前記基地局装置との間で共用された、前記水平方向のアンテナ利得に関連付けられた複数の線形フィルタが記載された第2のコードブックと、前記垂直方向のアンテナ利得に関連付けられた複数の線形フィルタが記載

された第3のコードブックと、から構成される第1のコードブックを格納する機能と、前記第2のコードブック記載の複数の線形フィルタおよび前記第3のコードブック記載の複数の線形フィルタの少なくとも1つを示す制御情報を生成する機能と、前記制御情報を前記基地局装置に通知する機能との一連の機能を前記端末装置に発揮させることを特徴とする。

[0207] このような集積回路は、端末装置に、基地局装置が備える複数のアンテナのうち、水平方向のアンテナ利得に関連付けられた線形フィルタと、垂直方向のアンテナ利得に関連付けられた線形フィルタを、基地局装置と共用しているコードブックに基づいて端末装置が、基地局装置に通知することで、基地局装置のアンテナ数の増加に伴うフィードバック情報量の増加を最小限に抑えながら、高効率なプリコーディング伝送を行なう機能を発揮させることが可能となる。その結果、周波数利用効率を向上させることが可能となる。

産業上の利用可能性

[0208] 本発明は、基地局装置や端末装置や無線通信システムや集積回路に用いて好適である。

符号の説明

[0209] 1、1 b 基地局装置

2、2-1、2-2、2-3、2-4、2-u、3、3-1、3-2 端末装置

21、21 b チャネル符号化部

23、23 b データ変調部

25 マッピング部

27 プリコーディング部

29 アンテナ部

29-1 IFFT部

29-2 GI挿入部

29-3 無線送信部

29-4 無線受信部

- 2 9 - 5 アンテナ
- 3 1 制御情報取得部
- 3 3 伝搬路情報取得部
- 3 5、6 5、6 9 コードブック記憶部
- 5 1 端末アンテナ部
 - 5 1 - 1 無線受信部
 - 5 1 - 2 無線送信部
 - 5 1 - 3 G I 除去部
 - 5 1 - 4 F F T 部
 - 5 1 - 5 参照信号分離部
 - 5 1 - 6 アンテナ
- 5 3、7 1 伝搬路推定部
- 5 5、6 7 フィードバック情報生成部
- 5 7 チャネル等化部
- 5 9 デマッピング部
- 6 1 データ復調部
- 6 3 チャネル復号部

請求の範囲

[請求項1] 複数のアンテナを備え、前記複数のアンテナから、端末装置宛に送信される信号の位相および振幅を調整することで、前記複数のアンテナの水平方向および垂直方向のアンテナ利得を調整可能な基地局装置であって、

前記端末装置との間で共用された、前記水平方向のアンテナ利得に関連付けられた複数の線形フィルタが記載された第2のコードブックと、前記垂直方向のアンテナ利得に関連付けられた複数の線形フィルタが記載された第3のコードブックと、から構成される第1のコードブックを格納している第1のコードブック記憶部と、

前記端末装置から通知される、前記第2のコードブック記載の複数の線形フィルタおよび前記第3のコードブック記載の複数の線形フィルタの少なくとも1つを示す制御情報を取得する制御情報取得部と、

前記制御情報と、前記第1のコードブックに基づき、前記端末装置宛の信号にプリコーディングを施すプリコーディング部と、

前記プリコーディングが施された信号を送信する無線送信部と、を備えることを特徴とする基地局装置。

[請求項2] 前記プリコーディング部は、前記制御情報と、前記第1のコードブックに基づいて、複数の前記端末装置宛の信号にプリコーディングを施し、

前記無線送信部は、前記プリコーディングが施された信号を空間多重して、複数の前記端末装置に向けて送信することを特徴とする請求項1記載の基地局装置。

[請求項3] 前記制御情報は、前記端末装置の受信品質を最大化する前記第2のコードブック記載の第1の線形フィルタ、前記端末装置の受信品質を最大化する前記第3のコードブック記載の第2の線形フィルタ、前記端末装置の受信品質を最小化する前記第2のコードブック記載の第5の線形フィルタおよび前記端末装置の受信品質を最小化する前記第3

のコードブック記載の第6の線形フィルタの少なくとも1つを示す制御情報を含み、

前記プリコーディング部は、前記制御情報が示す前記第2のコードブックおよび前記第3のコードブック記載の線形フィルタのうち、少なくとも1つに基づいて、複数の前記端末装置宛の信号にプリコーディングを施し、

前記受信品質は、受信信号対雑音電力比、受信信号対干渉プラス雑音電力比またはチャネル容量のいずれかであることを特徴とする請求項2記載の基地局装置。

[請求項4] 前記端末装置宛の信号に、前記端末装置との間で既知の参照信号を多重するマッピング部を更に備え、

前記既知の参照信号には、前記水平方向のアンテナ利得に関連付けられた第1の参照信号と、前記垂直方向のアンテナ利得に関連付けられた第2の参照信号が含まれており、

前記第1の参照信号と、前記第2の参照信号は、互いに直交する無線リソースを用いて送信され、

前記第1の参照信号と、前記第2の参照信号の送信周期は、同一であることを特徴とする請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の基地局装置。

[請求項5] 前記端末装置宛の信号に、前記端末装置との間で既知の参照信号を多重するマッピング部を更に備え、

前記既知の参照信号には、前記水平方向のアンテナ利得に関連付けられた第1の参照信号と、前記垂直方向のアンテナ利得に関連付けられた第2の参照信号が含まれており、

前記第1の参照信号と、前記第2の参照信号は、互いに直交する無線リソースを用いて送信され、

前記第1の参照信号と、前記第2の参照信号の送信周期は、互いに異なっていることを特徴とする請求項1から請求項3のいずれか1項

に記載の基地局装置。

[請求項6] 複数の前記端末装置には、第1の端末装置と、第2の端末装置が含まれており、

前記制御情報取得部は、前記第1の端末装置から通知された、前記第2のコードブック記載の線形フィルタのうち、少なくとも1つを示す第1の制御情報と、

前記第2の端末装置から通知された、前記水平方向のアンテナ利得に関連付けられ、少なくとも一部が前記第2のコードブック記載の線形フィルタと共通である第4のコードブック記載の線形フィルタのうち、少なくとも1つを示す第2の制御情報とを取得し、

前記プリコーディング部は、前記第1の制御情報が示す前記第2のコードブック記載の線形フィルタと、前記第2の制御情報が示す前記第4のコードブック記載の線形フィルタの少なくとも1つに基づいて、前記第1の端末装置宛の信号と、前記第2の端末装置宛の信号にプリコーディングを施し、

前記無線送信部は、前記プリコーディングが施された信号を空間多重して、複数の前記端末装置に向けて送信することを特徴とする請求項2記載の基地局装置。

[請求項7] 前記制御情報取得部は、

前記第1の端末装置より通知された、前記第1の端末装置の受信品質を最大化する前記第2のコードブック記載の第1の線形フィルタ、前記第1の端末装置の前記受信品質を最大化する前記第3のコードブック記載の第2の線形フィルタ、前記第1の端末装置の前記受信品質を最小化する前記第2のコードブック記載の第5の線形フィルタおよび前記第1の端末装置の前記受信品質を最小化する前記第3のコードブック記載の第6の線形フィルタの少なくとも1つを示す第1の制御情報と、

前記第2の端末装置より通知された、前記第2の端末装置の前記受

信品質を最大化する前記第4のコードブック記載の第6の線形フィルタと、前記第2の端末装置の前記受信品質を最小化する前記第4のコードブック記載の線形フィルタとの少なくとも1つを示す第2の制御情報と、を取得し、

前記プリコーディング部は、前記第1の制御情報が示す前記第2のコードブックおよび前記第3のコードブックに記載の線形フィルタと、前記第2の制御情報が示す前記第4のコードブックに記載の線形フィルタの少なくとも1つに基づいて、複数の前記端末装置宛の信号にプリコーディングを施すことを特徴とする請求項6記載の基地局装置。

[請求項8] 複数の前記端末装置より、前記無線送信部が空間多重して送信する信号の宛先端末装置を決定するマッピング部を更に備え、

前記制御情報取得部は、前記第1の端末装置より通知された、前記第1の端末装置の受信品質を最大化する前記第2のコードブック記載の第1の線形フィルタと、前記第1の端末装置の前記受信品質を最小化する前記第3のコードブック記載の第6の線形フィルタをそれぞれ示す第1の制御情報と、

前記第2の端末装置より通知された、前記第2の端末装置の前記受信品質を最大化する前記第4のコードブック記載の第3の線形フィルタを示す第2の制御情報と、を取得し、

前記マッピング部は、前記第6の線形フィルタと、前記第3の線形フィルタに基づいて、前記宛先端末装置を決定し、

前記プリコーディング部は、前記第1の線形フィルタと、前記第3の線形フィルタに基づいて、前記宛先端末装置宛の信号にプリコーディングを施すことを特徴とする、請求項6記載の基地局装置。

[請求項9] 複数のアンテナを備え、前記複数のアンテナから、端末装置宛に送信される信号の位相および振幅を調整することで、前記複数のアンテナの水平方向および垂直方向のアンテナ利得を調整可能な基地局装置

と通信を行なう第1の端末装置であって、

前記基地局装置と共用された、前記水平方向のアンテナ利得に関連付けられた複数の線形フィルタが記載された第2のコードブックと、前記垂直方向のアンテナ利得に関連付けられた複数の線形フィルタが記載された第3のコードブックと、から構成される第1のコードブックを格納している第1のコードブック記憶部と、

前記第2のコードブック記載の複数の線形フィルタおよび前記第3のコードブック記載の複数の線形フィルタの少なくとも1つを示す制御情報を生成するフィードバック情報生成部と、

前記制御情報を前記基地局装置に通知する無線送信部と、を備えることを特徴とする端末装置。

[請求項10]

前記フィードバック情報生成部は、自装置の受信品質を最大化する前記第2のコードブック記載の第1の線形フィルタと、自装置の受信品質を最大化する前記第3のコードブック記載の第2の線形フィルタとの少なくとも1つを示す第1の制御情報と、自装置の受信品質を最小化する前記第2のコードブック記載の第5の線形フィルタと、自装置の受信品質を最小化する前記第3のコードブック記載の第6の線形フィルタとの少なくとも1つを示す第2の制御情報と、を生成し、

前記受信品質は受信信号対雑音電力比、受信信号対干渉プラス雑音電力比またはチャネル容量のいずれかであることを特徴とする請求項9に記載の端末装置。

[請求項11]

前記基地局装置が通信を行なう端末装置には、前記第1の端末装置と、第2の端末装置が含まれており、

前記第2のコードブック記載の複数の線形フィルタの少なくとも一部は、前記第2の端末装置が記憶する第4のコードブックに記載された、前記水平方向のアンテナ利得に関連付けられた複数の線形フィルタと共通であることを特徴とする、請求項10に記載の端末装置。

[請求項12] 前記複数の線形フィルタのうち第1の線形フィルタと第2の線形フィルタに関連付けられた制御情報を、前記基地局装置に通知する周期は、同一であることを特徴とする請求項9から11のいずれか1項に記載の端末装置。

[請求項13] 前記複数の線形フィルタのうち第1の線形フィルタと第2の線形フィルタに関連付けられた制御情報を、前記基地局装置に通知する周期は、互いに異なることを特徴とする請求項9から11のいずれか1項に記載の端末装置。

[請求項14] 複数のアンテナを備え、前記複数のアンテナから、端末装置宛に送信される信号の位相および振幅を調整することで、前記複数のアンテナの水平方向および垂直方向のアンテナ利得を調整可能な基地局装置に実装され、前記基地局装置に複数の機能を発揮させる集積回路であって、

前記端末装置との間で共用された、前記水平方向のアンテナ利得に関連付けられた複数の線形フィルタが記載された第2のコードブックと、前記垂直方向のアンテナ利得に関連付けられた複数の線形フィルタが記載された第3のコードブックと、から構成される第1のコードブックを格納する機能と、

前記端末装置から通知される、前記第2のコードブック記載の複数の線形フィルタおよび前記第3のコードブック記載の複数の線形フィルタの少なくとも1つを示す制御情報を取得する機能と、

前記制御情報と、前記第1のコードブックに基づき、前記端末装置宛の信号にプリコーディングを施す機能と、

前記プリコーディングが施された信号を送信する機能と、の一連の機能を前記基地局装置に発揮させることを特徴とする集積回路。

[請求項15] 複数のアンテナを備え、前記複数のアンテナから、端末装置宛に送信される信号の位相および振幅を調整することで、前記複数のアンテナの水平方向および垂直方向のアンテナ利得を調整可能な基地局装置

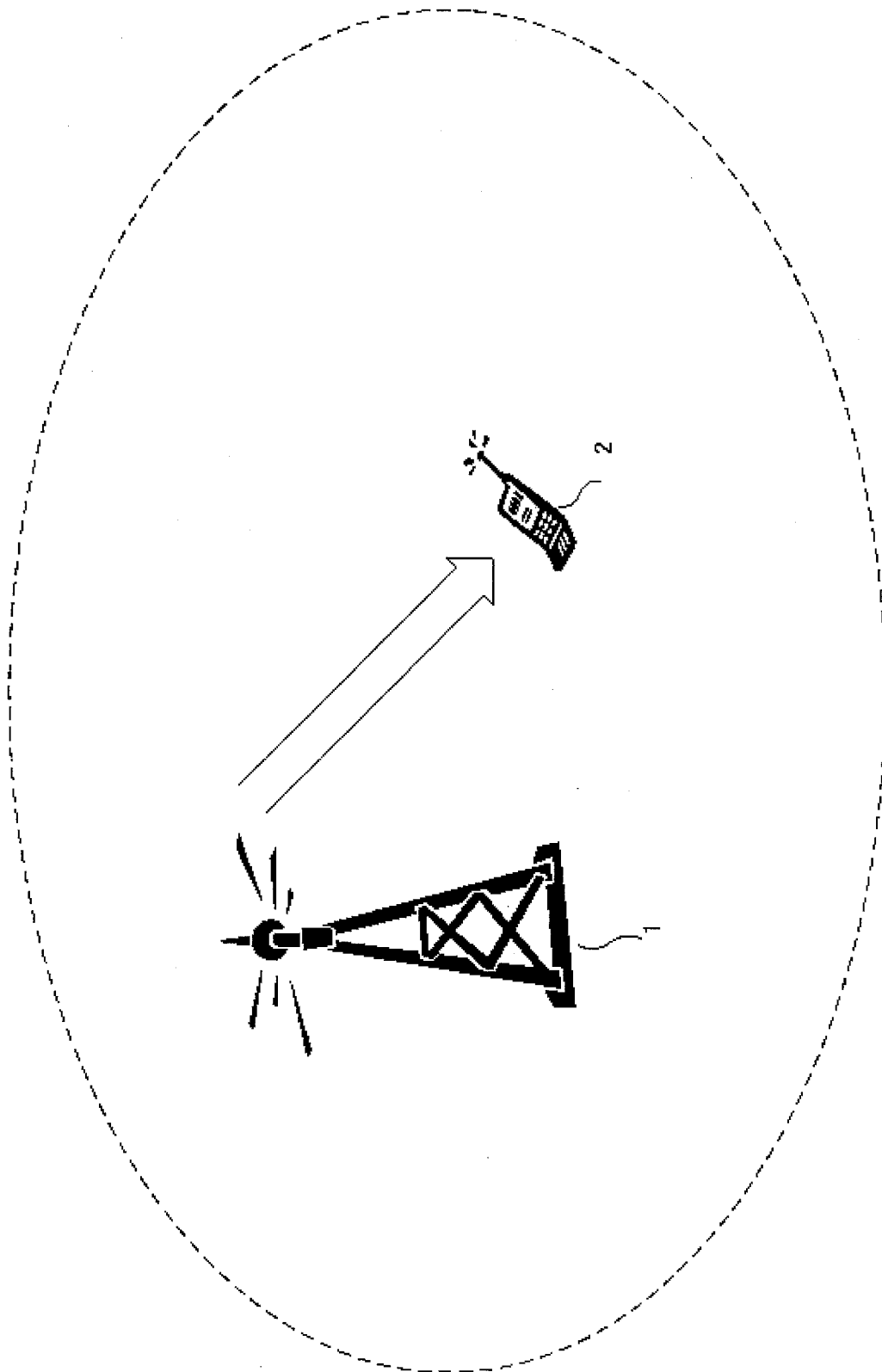
と通信を行なう端末装置に実装され、前記端末装置に複数の機能を発揮させる集積回路であって、

前記基地局装置との間で共用された、前記水平方向のアンテナ利得に関連付けられた複数の線形フィルタが記載された第2のコードブックと、前記垂直方向のアンテナ利得に関連付けられた複数の線形フィルタが記載された第3のコードブックと、から構成される第1のコードブックを格納する機能と、

前記第2のコードブック記載の複数の線形フィルタおよび前記第3のコードブック記載の複数の線形フィルタの少なくとも1つを示す制御情報を生成する機能と、

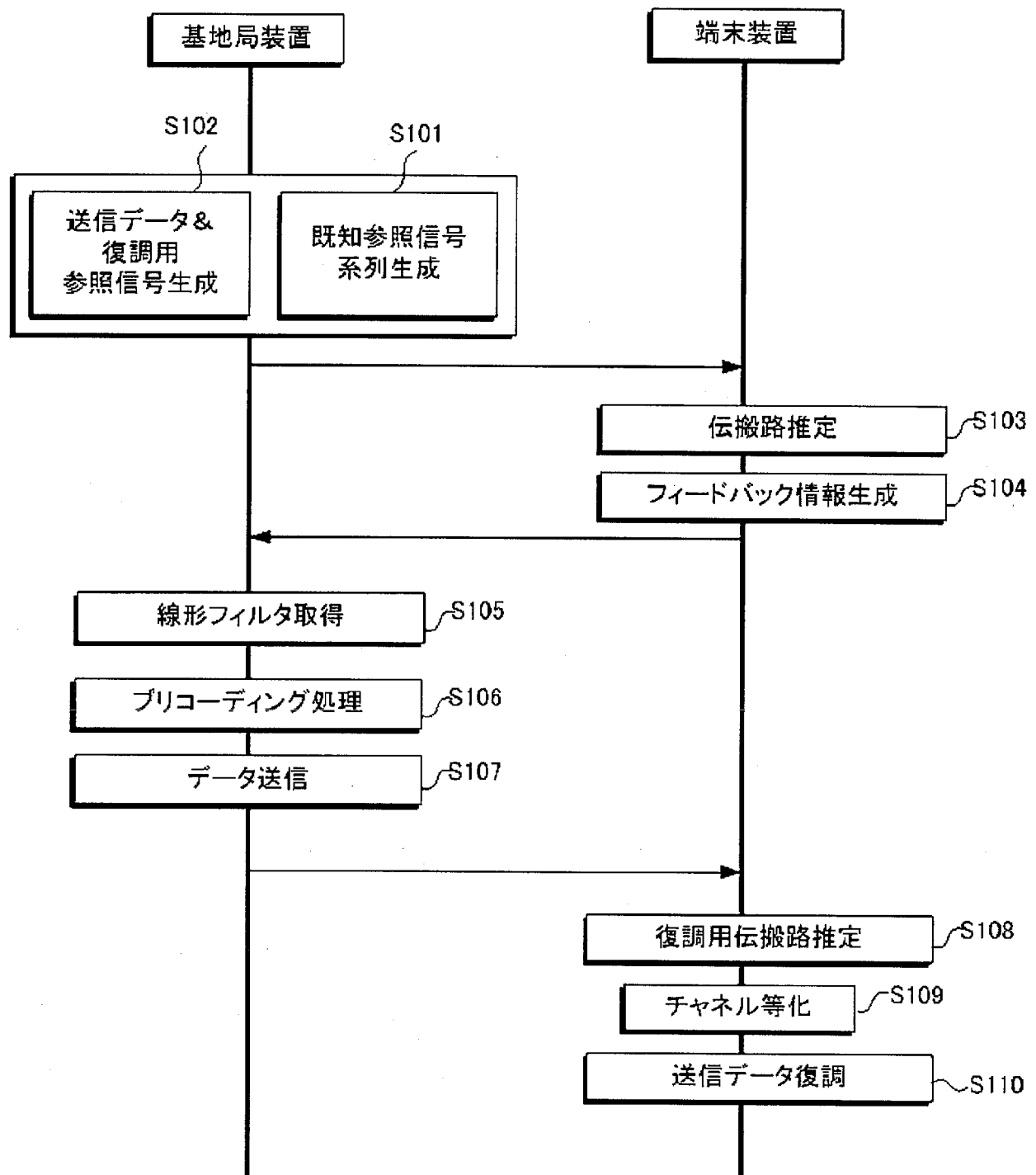
前記制御情報を前記基地局装置に通知する機能と、の一連の機能を前記端末装置に発揮させることを特徴とする集積回路。

[図1]

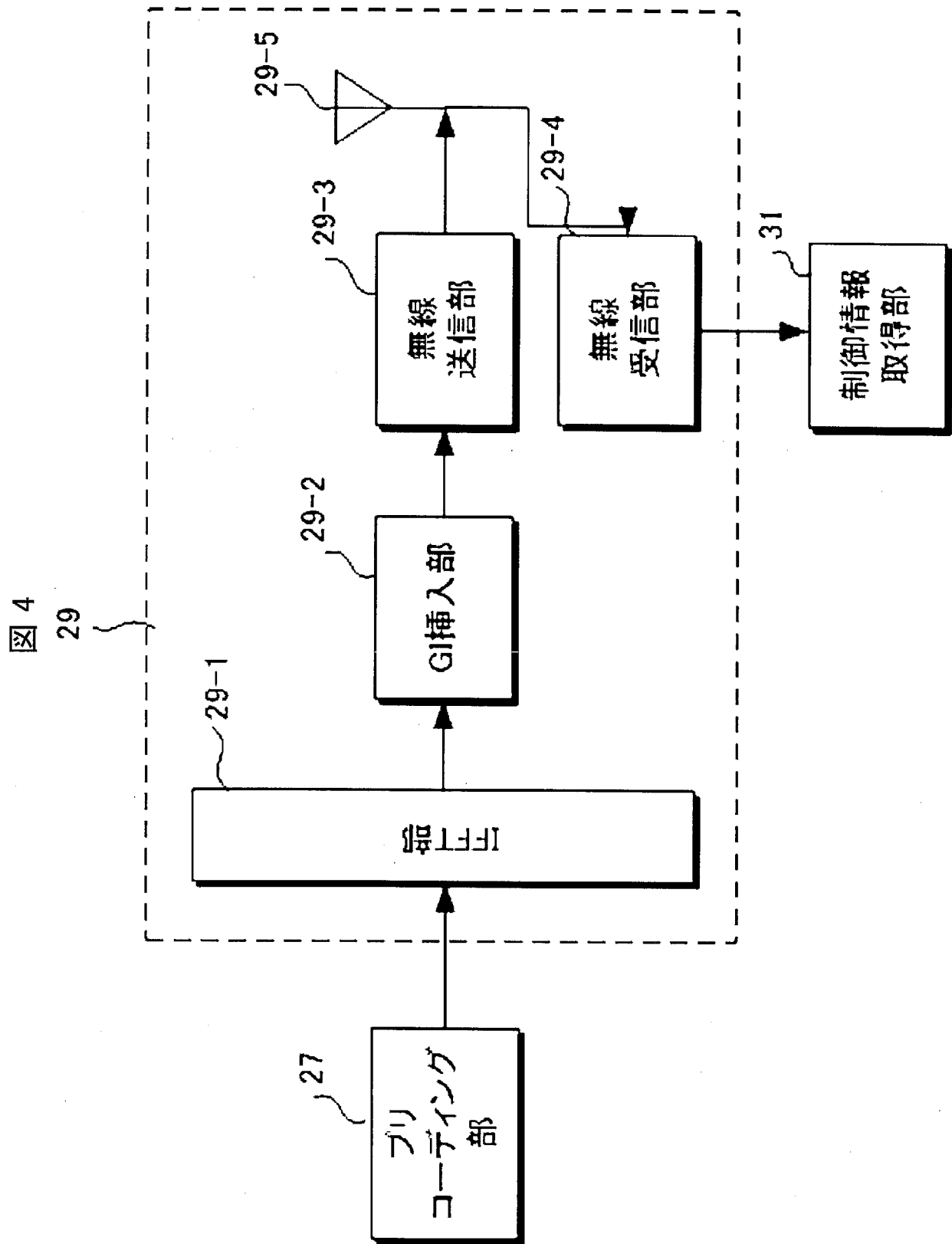
1
[図]

[図2]

図 2

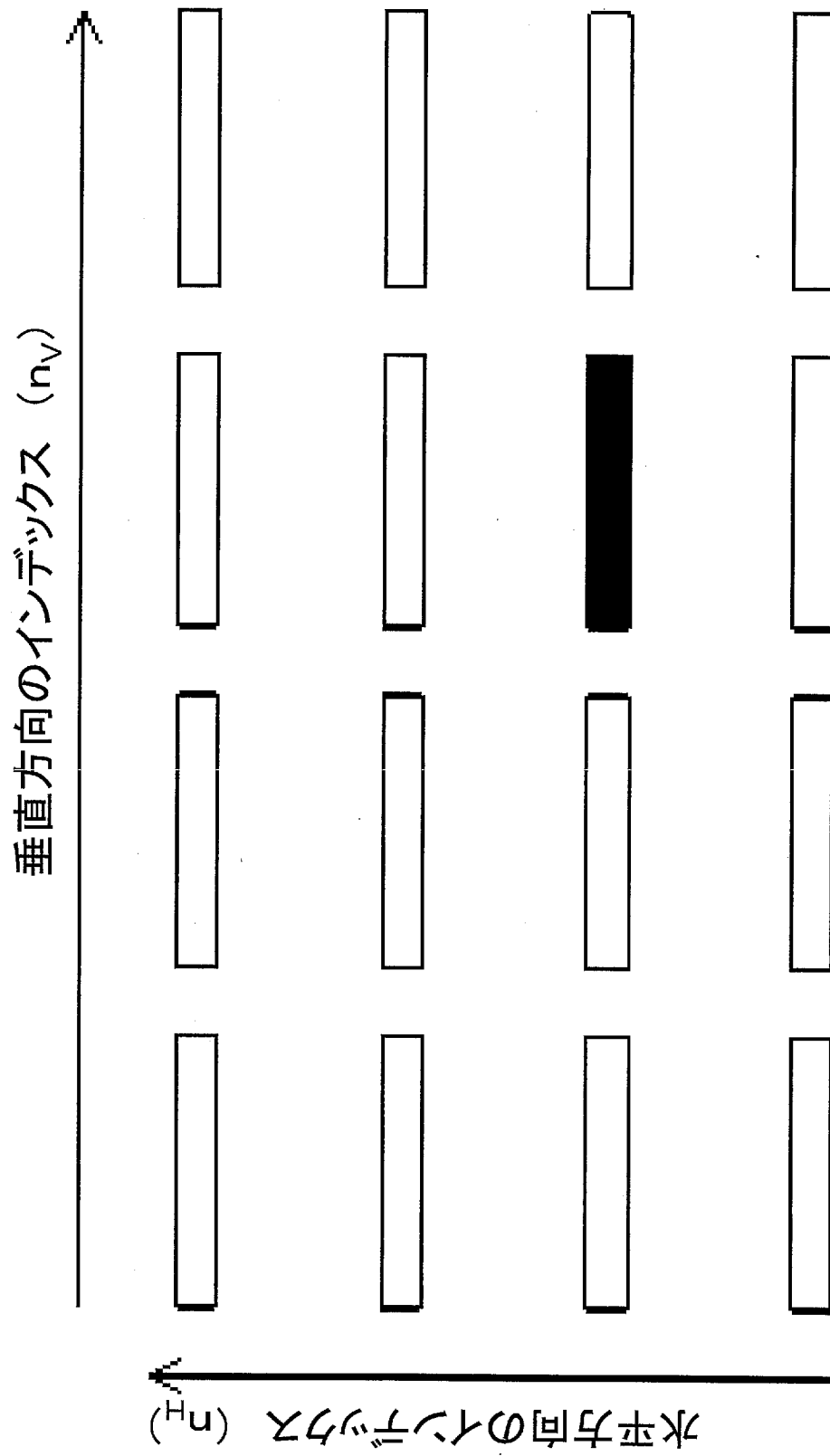


[図4]

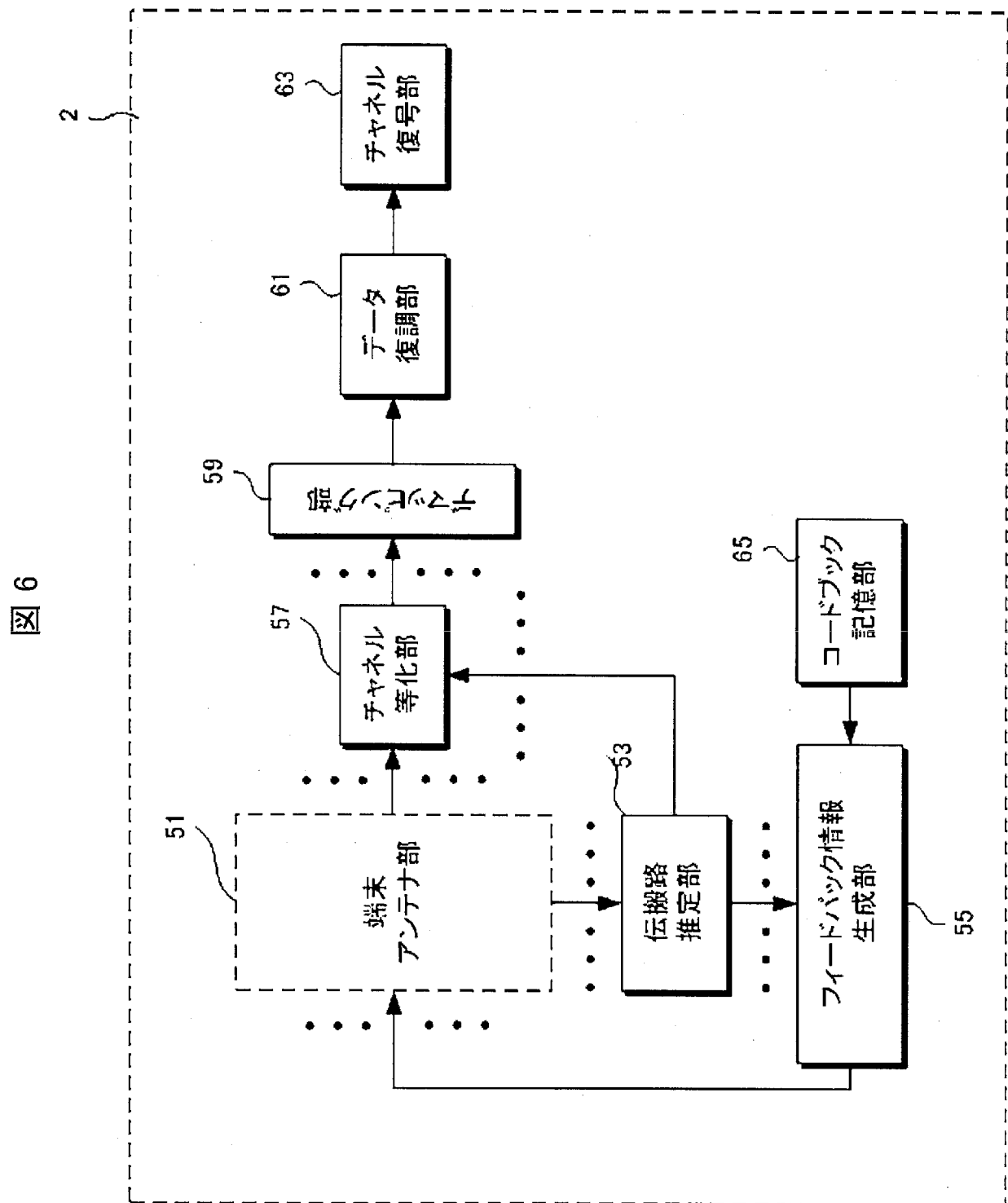


[図5]

図 5

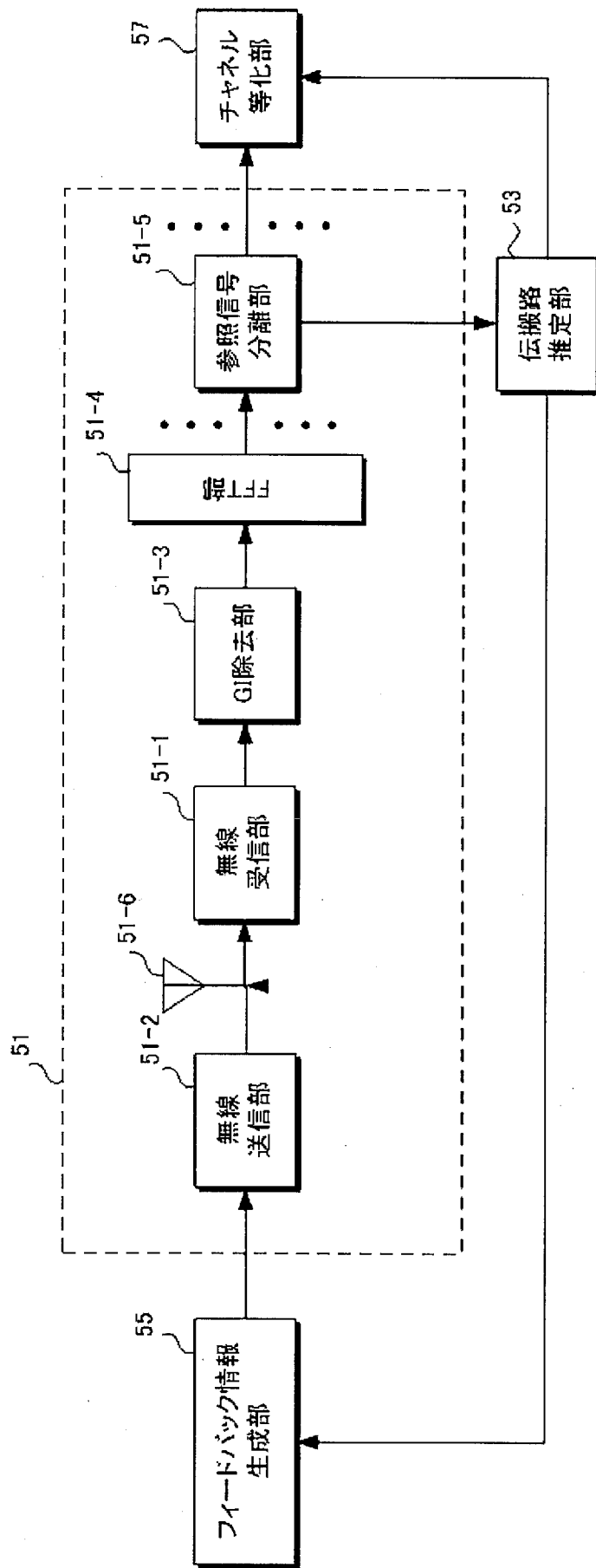


[図6]



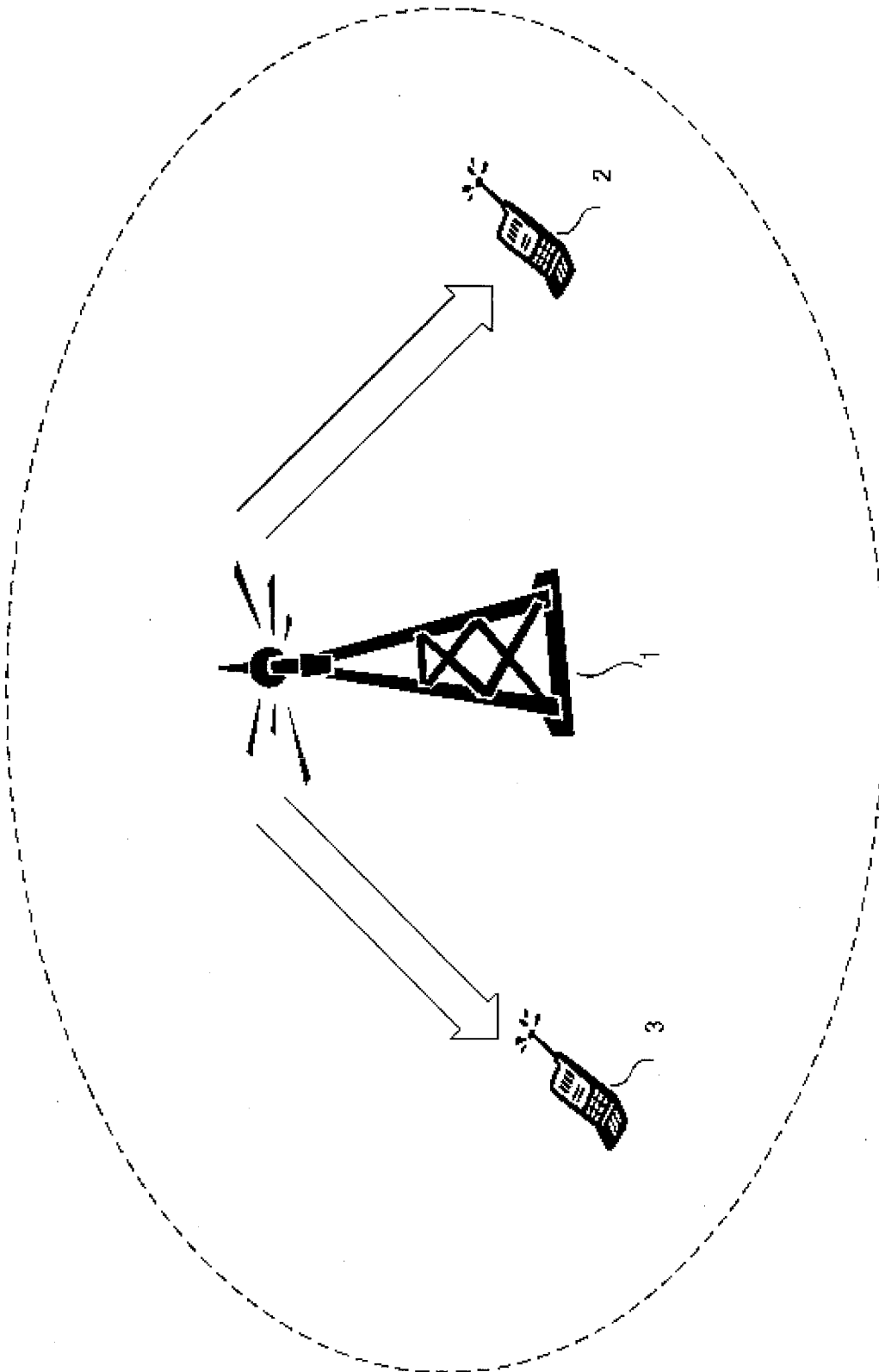
[図7]

図 7

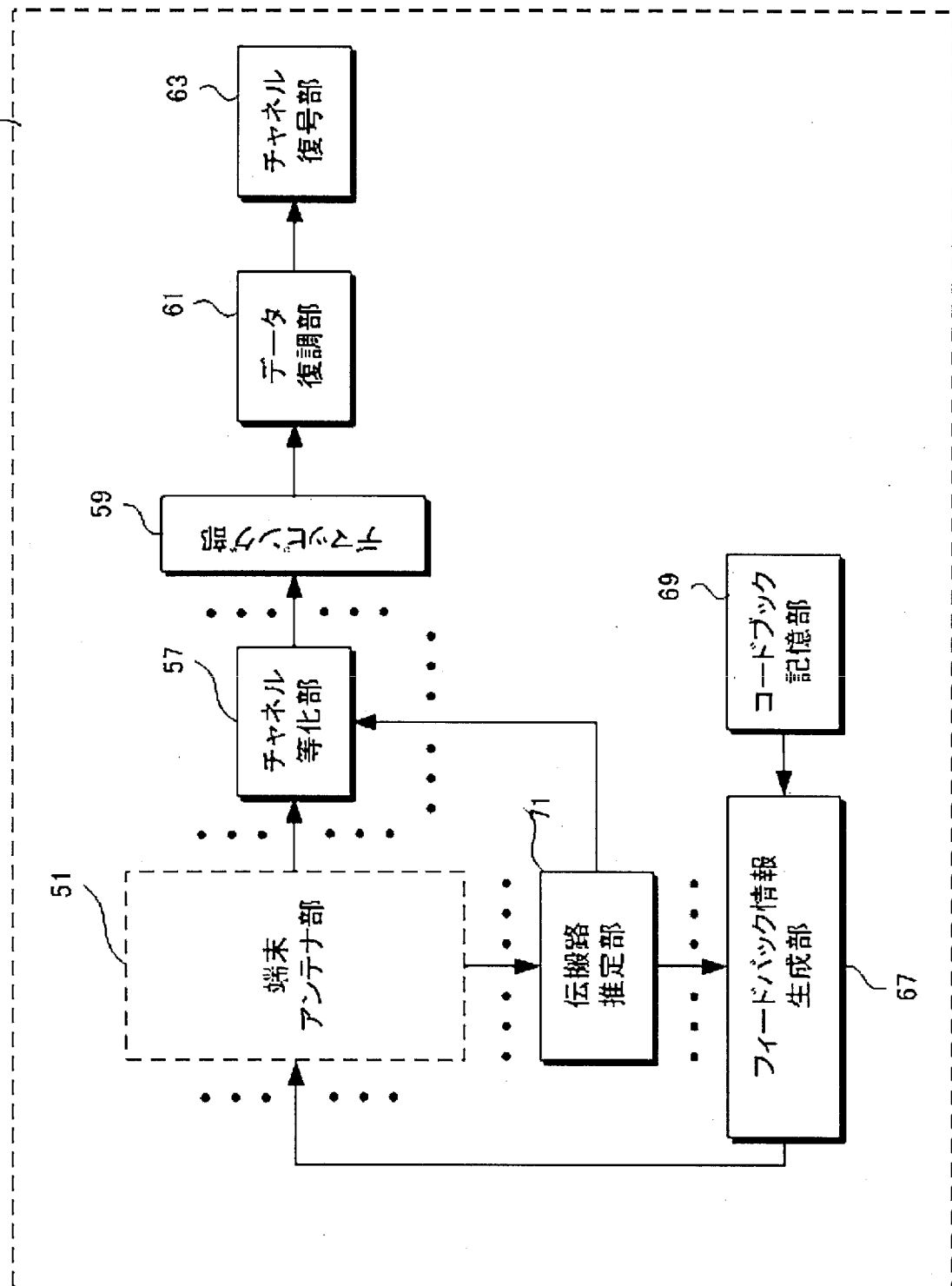


[図8]

図8

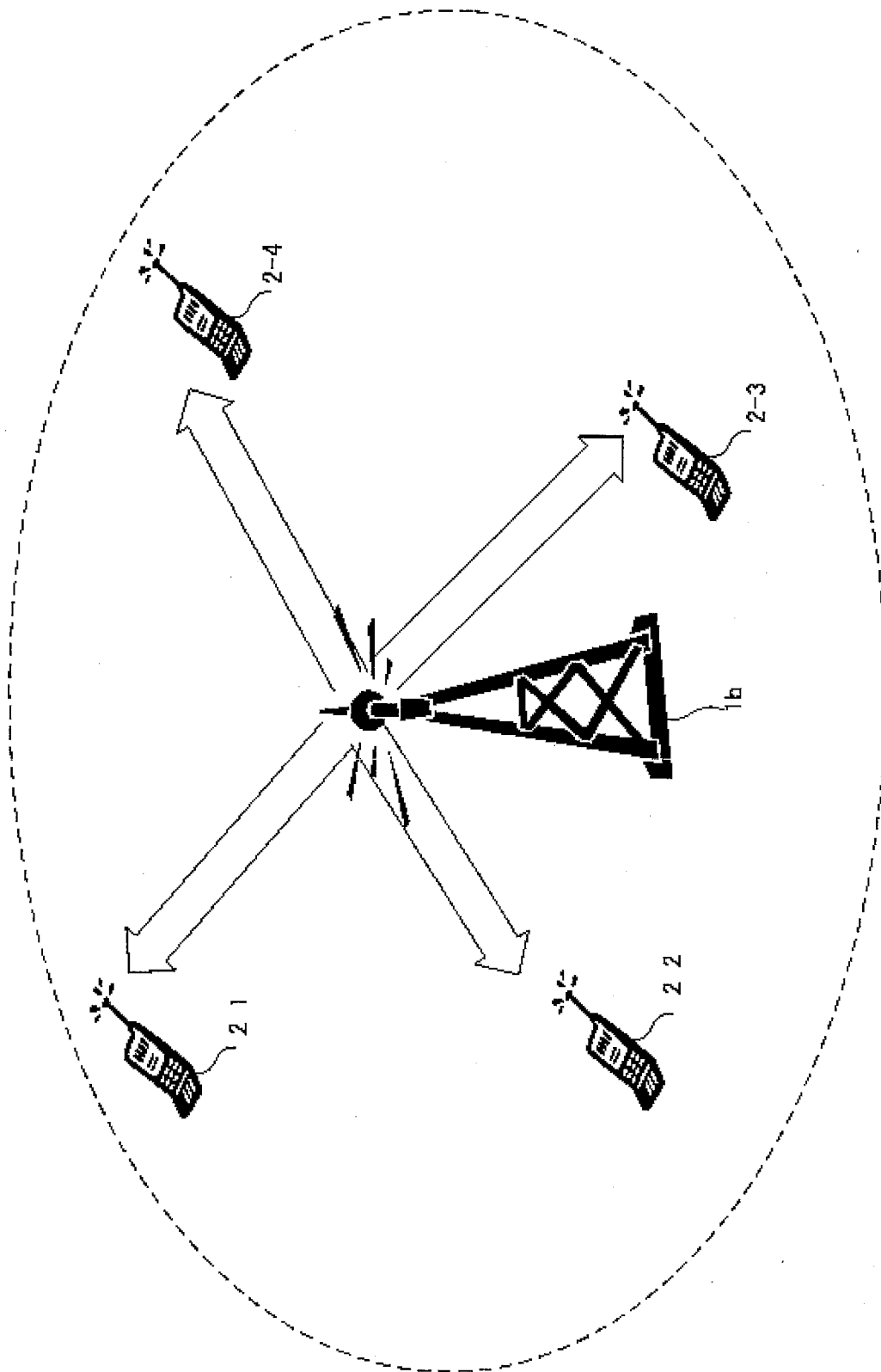


9
[X]



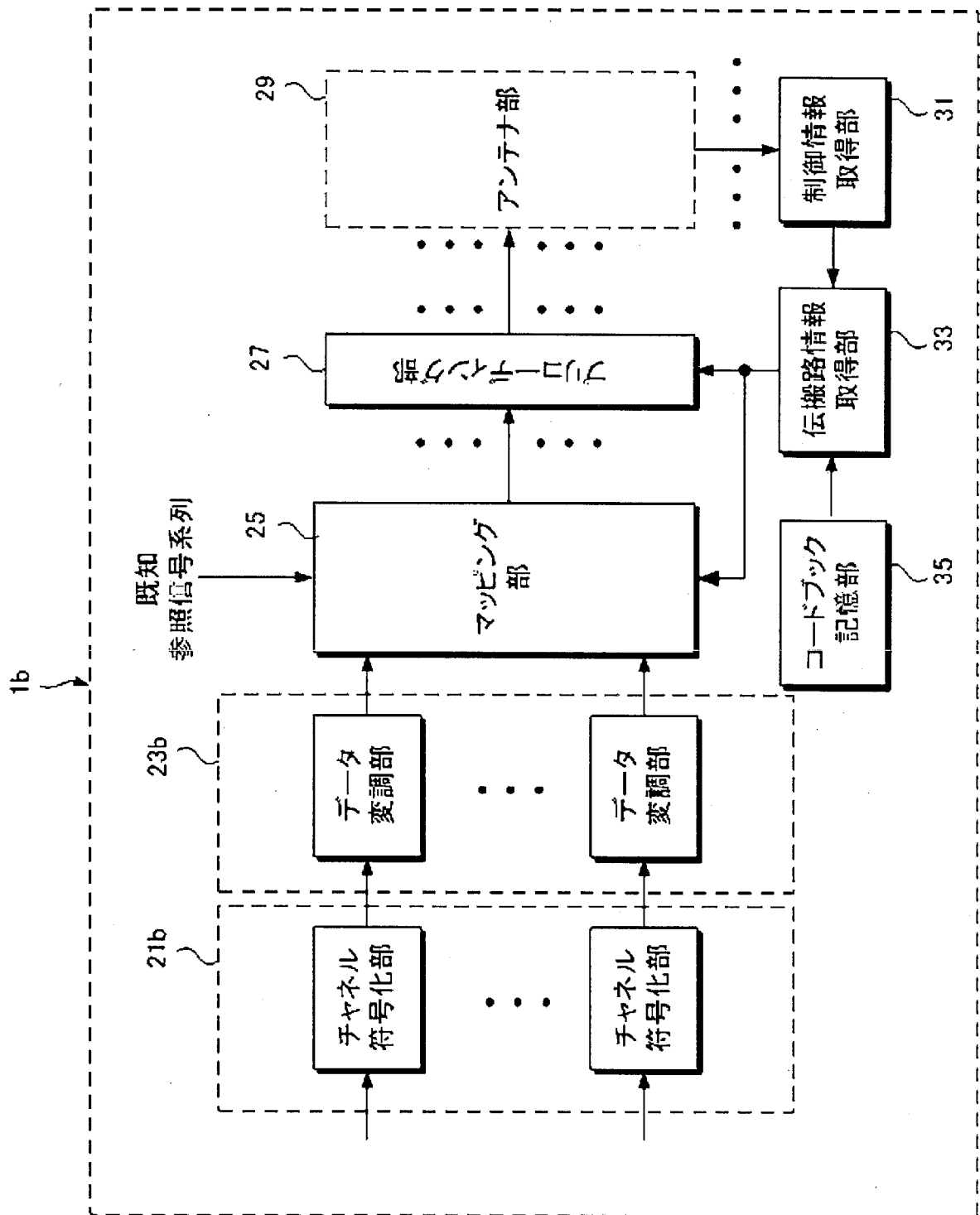
[図10]

図 10

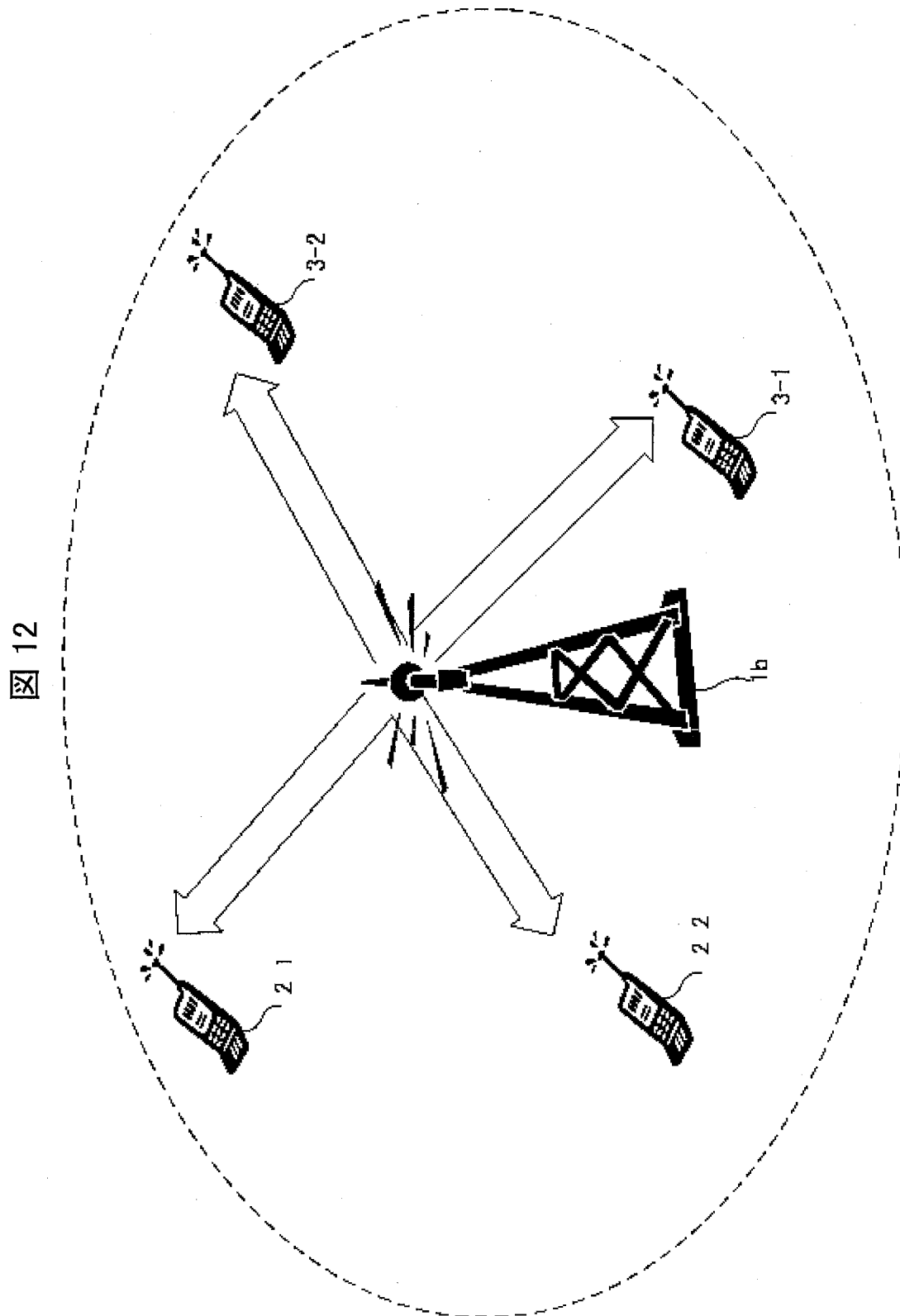


[図11]

図 11



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/082482

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04J99/00(2009.01)i, H04B7/04(2006.01)i, H04M1/725(2006.01)i, H04W16/28(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, H04M1/725, H04W16/28

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	Alcatel-Lucent Shanghai Bell, Alcatel-Lucent, Considerations on CSI feedback enhancements for high-priority antenna configurations[online], 3GPP TSG-RAN WG1#66 R1-112420, Internet <URL: http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG1_RL1/TSGR1_66/Docs/R1-112420.zip>, 2011.08.18, chapter 5	1, 2, 4, 5, 9, 12-15
Y		3, 6-8, 10, 11
Y	JP 2012-525739 A (Fujitsu Ltd.), 22 October 2012 (22.10.2012), paragraphs [0042] to [0050]; fig. 4 & US 2012/0045018 A1 & EP 2437405 A1 & WO 2010/135924 A1 & CN 101902305 A & CN 102415004 A	3, 6-8, 10, 11

☒ 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
19 February, 2014 (19.02.14)

Date of mailing of the international search report
04 March, 2014 (04.03.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/082482

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2012-222429 A (Sharp Corp.), 12 November 2012 (12.11.2012), paragraph [0046] & WO 2012/137709 A1	6-8, 11
A	JP 2012-54885 A (Sharp Corp.), 15 March 2012 (15.03.2012), paragraph [0044] & US 2013/0142125 A1 & EP 2613465 A1 & WO 2012/029845 A1 & TW 201225562 A & AU 2011296989 A & CN 103081388 A & KR 10-2013-0069783 A	1-15
A	WO 2010/079748 A1 (Panasonic Corp.), 15 July 2010 (15.07.2010), fig. 3 & US 2011/0261894 A1 & EP 2375604 A1 & CN 102273115 A	1-15

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, H04M1/725(2006.01)i, H04W16/28(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, H04M1/725, H04W16/28

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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）

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
X	Alcatel-Lucent Shanghai Bell, Alcatel-Lucent, Considerations on CSI feedback enhancements for high-priority antenna configurations[online], 3GPP TSG-RAN WG1#66 R1-112420,	1, 2, 4, 5, 9, 12-15
Y	インターネット< URL:http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG1_RL1/TSGR1_66/Docs/R1-112420.zip>, 2011.08.18, 第5章	3, 6-8, 10, 11

☒ 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

の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

1 9 . 0 2 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

0 4 . 0 3 . 2 0 1 4

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）

佐々木 洋

5 K

3 3 6 2

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 5 6

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
Y	JP 2012-525739 A (富士通株式会社) 2012. 10. 22 ，段落[0042]-[0050]，第4図 & US 2012/0045018 A1 & EP 2437405 A1 & WO 2010/135924 A1 & CN 101902305 A & CN 102415004 A	3, 6-8, 10, 11
Y	JP 2012-222429 A (シャープ株式会社) 2012. 11. 12 ，段落[0046] & WO 2012/137709 A1	6-8, 11
A	JP 2012-54885 A (シャープ株式会社) 2012. 03. 15 ，段落[0044] & US 2013/0142125 A1 & EP 2613465 A1 & WO 2012/029845 A1 & TW 201225562 A & AU 2011296989 A & CN 103081388 A & KR 10-2013-0069783 A	1-15
A	WO 2010/079748 A1 (パナソニック株式会社) 2010. 07. 15 ，第3図 & US 2011/0261894 A1 & EP 2375604 A1 & CN 102273115 A	1-15