

(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
2011 年 12 月 8 日(08.12.2011)

(10) 国際公開番号
WO 2011/152222 A1

PCT

- (51) 国際特許分類:
H04J 99/00 (2009.01) H04B 7/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/061535
- (22) 国際出願日: 2011 年 5 月 19 日(19.05.2011)
- (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 2010-125229 2010 年 5 月 31 日(31.05.2010) 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): 平田 梢
(HIRATA Kozue) [JP/—]. 藤 晋平 (TOH Shimpei)
[JP/—]. 小野寺 毅 (ONODERA Takashi) [JP/—]. 中
野 博史 (NAKANO Hiroshi) [JP/—]. 留場 宏道
- (74) 代理人: 船山 武, 外 (FUNAYAMA Takeshi et al.);
〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目 9 番 2
号 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, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア
(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ユーロッパ

[続葉有]

(54) Title: COMMUNICATION SYSTEM, TRANSMITTER APPARATUS, TRANSMISSION CONTROL METHOD, TRANSMISSION CONTROL PROGRAM, AND PROCESSOR

(54) 発明の名称: 通信システム、送信装置、送信制御方法、送信制御プログラム、及びプロセッサ

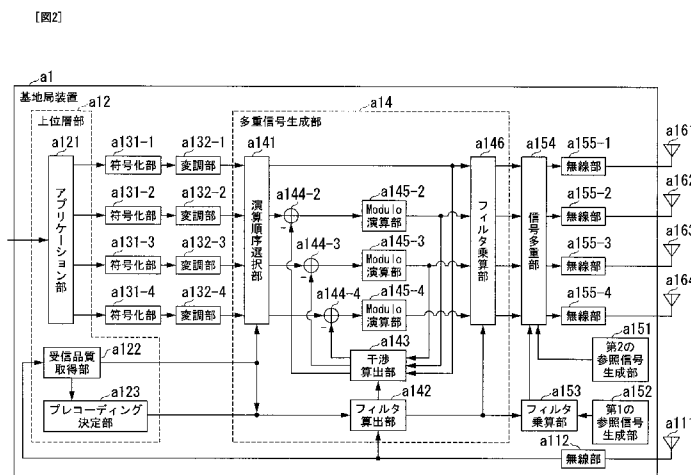


FIG. 2:
a1 BASE STATION APPARATUS
a12 UPPER LAYER UNIT
a121 APPLICATION UNIT
a122 RECEPTION QUALITY ACQUIRING UNIT
a123 PRECODING DECISION UNIT
a131-1, a131-2, a131-3, a131-4 ENCODING UNITS
a132-1, a132-2, a132-3, a132-4 MODULATING UNITS
a14 MULTIPLEXED SIGNAL GENERATING UNIT
a141 CALCULATION ORDER SELECTING UNIT
a146-2, a145-3, a145-4 MODULO CALCULATION UNITS
a143 INTERFERENCE CALCULATION UNIT
a142 FILTER CALCULATION UNIT
a146 FILTER MULTIPLICATION UNIT
a154 SIGNAL MULTIPLEXING UNIT
a155-1, a155-2, a155-3, a155-4 RADIO UNITS
a151 SECOND REFERENCE SIGNAL GENERATING UNIT
a152 FIRST REFERENCE SIGNAL GENERATING UNIT
a153 FILTER MULTIPLICATION UNIT
a112 RADIO UNIT

(57) Abstract: A precoding decision unit selects, from a plurality of precodings, a precoding that is to be used for spatially multiplexing the signals addressed to a plurality of receiver apparatuses. A filter multiplication unit multiplies the signals by a filter factor that is to be used in the precoding selected by the precoding decision unit.

(57) 要約: プレコーディング決定部は、複数の受信装置宛の信号を空間多重するためのプレコーディングを、複数のプレコーディングから選択する。フィルタ乗算部は、プレコーディング決定部が選択したプレコーディングに用いるフィルタ係数を信号に乗算する。



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

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

通信システム、送信装置、送信制御方法、送信制御プログラム、及びプロセッサ

技術分野

[0001] 本発明は、通信システム、送信装置、送信制御方法、送信制御プログラム、及びプロセッサに関する。

本願は、2010年5月31日に、日本に出願された特願2010-125229号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 近年、第4世代の移動通信の標準化が進められており、下り回線（基地局装置から端末装置への通信）の伝送速度の向上を実現する目的で、様々な検討がなされている。その解決策の1つとして、システムの帯域を広帯域化することが考えられるが、システムの帯域を広帯域化することは周波数資源が有限であるので、この解決策には限界がある。そこで、周波数帯域を広げることなく同一時刻、同一周波数を用いて複数の信号を空間多重できるMIMO（Multiple-Input Multiple-Output）技術が有用な技術として検討されている。MIMO技術は、送受信双方に複数のアンテナを装備し、異なる信号系列を同時に複数の送信アンテナから伝送する空間多重伝送技術である。

[0003] この下り回線のMIMO伝送において、複数のアンテナを持つ基地局装置と複数の端末装置が同時に通信を行うMU-MIMO（Multi-User-MIMO）は、スループットを向上させる技術として注目を集めている。MU-MIMOでは、基地局装置から複数の端末装置へ同時に信号を送信するので、端末装置間の信号で干渉が生じてしまう。そこで、基地局装置側で、他の端末装置宛の信号による干渉を除去するように、予めプレコーディングを施して伝送する技術が知られている。

[0004] プレコーディングとして、例えば、QR分解を用いたZF（Zero Forcing）-THP（Tomlinson-Harashima Precoding）を用いる技術が提案されている。このプレコーディングでは、QR分解を用いて伝搬路行列を三角化するユニタリ行列Qを算出し、そのユニタリ行列Qと三角化された行列Rの対角成分の逆行列を乗算した結果を送信フィルタとして用いる。また、この技術では、行列Rの非対角成分で表されるユーザ間干渉を、THPを用いて減算する。ここで、THPでは所望信号から干渉信号を減算し、非線形処理であるModulo演算（剰余演算）を施し、Modulo演算により送信信号を一定の振幅内に収めるので、干渉減算処理による送信信号電力の増加を抑圧することができる。

また、プレコーディングについては、ZF-THP法以外にも様々な提案されている（例えば、非特許文献1）。

先行技術文献

非特許文献

[0005] 非特許文献1：M. Joham, J. Brehmer, and W. Utschick, "MMSE Approaches to Multiuser Spatio-Temporal Tomlinson-Harashima Precoding," in Proc. 5th Int. ITG Conf. on Source and Channel Coding, Erlangen, Germany, Jan. 2004

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ところで、引用文献1に記載のプレコーディングでは、基地局装置から等距離の地点に位置するような各端末装置における受信品質が等しくなるようにプレコーディングが行われる。したがって、複数の受信装置では、送信装置から受信装置までの距離等によって受信品質に差がでてしまう。このように、従来のプレコーディングでは、複数の受信装置における受信品質を柔軟

に制御できない、という欠点があった。

[0007] 本発明は上記の点に鑑みてなされたものであり、複数の受信装置における受信品質を柔軟に制御できる通信システム、送信装置、送信制御方法、送信制御プログラム、及びプロセッサを提供する。

課題を解決するための手段

[0008] (1) 本発明は上記の課題を解決するためになされたものであり、本発明は、複数の受信装置と、前記複数の受信装置宛の信号を空間多重して送信する送信装置と、を具備する通信システムにおいて、前記送信装置は、前記複数の受信装置宛の信号を空間多重するためのプレコーディングを、複数のプレコーディングから選択し、選択したプレコーディングを行った信号を送信することを特徴とする通信システムである。

[0009] (2) また、本発明は、上記の通信システムにおいて、前記複数のプレコーディングのうち少なくとも1つは、非線形演算に基づくプレコーディングであることを特徴とする。

[0010] (3) また、本発明は、上記の通信システムにおいて、前記送信装置は、選択したプレコーディングを示すプレコーディング情報を前記受信装置に送信し、前記受信装置は、前記送信装置が送信したプレコーディング情報に基づいて、前記送信装置が送信した信号を復調することを特徴とする。

[0011] (4) また、本発明は、上記の通信システムにおいて、前記送信装置は、前記複数の受信装置に関する情報に基づいて、複数のプレコーディングから選択することを特徴とする。

[0012] (5) また、本発明は、上記の通信システムにおいて、前記送信装置は、前記複数の受信装置での受信品質に関する情報に基づいて、複数のプレコーディングから選択することを特徴とする。

[0013] (6) また、本発明は、上記の通信システムにおいて、前記送信装置は、前記複数の受信装置での受信品質の差に基づいて、複数のプレコーディングから選択することを特徴とする。

[0014] (7) また、本発明は、上記の通信システムにおいて、前記複数のプレコ

ーディングのうち第１のプレコーディングは、前記複数の受信装置宛の信号各々に同じ値が乗算される又は値が乗算されないものであり、前記送信装置は、前記複数の受信装置での受信品質の差が予め定めた値より小さい場合には、前記第１の符号化を選択することを特徴とする。

[0015] （８）また、本発明は、上記の通信システムにおいて、前記複数のプレコーディングのうち第２のプレコーディングは、前記複数の受信装置宛の信号各々に異なる値が乗算されるものであり、前記送信装置は、前記複数の受信装置での受信品質の差が予め定めた値より大きい場合には、前記第２の符号化を選択することを特徴とする。

[0016] （９）また、本発明は、上記の通信システムにおいて、前記送信装置は、受信品質が低い受信装置の信号に対して、大きな値が乗算されるように、前記第２の符号化を行うことを特徴とする。

[0017] （１０）また、本発明は、複数の受信装置宛の信号を空間多重して送信する送信装置において、前記複数の受信装置宛の信号を空間多重するためのプレコーディングを、複数のプレコーディングから選択し、選択したプレコーディングを行った信号を送信することを特徴とする送信装置である。

[0018] （１１）また、本発明は、複数の受信装置宛の信号を空間多重して送信する送信装置における送信制御方法において、前記送信装置が、前記複数の受信装置宛の信号を空間多重するためのプレコーディングを、複数のプレコーディングから選択し、選択したプレコーディングを行った信号を送信する過程を有することを特徴とする送信制御方法である。

[0019] （１２）また、本発明は、複数の受信装置宛の信号を空間多重して送信する送信装置のコンピュータに、前記複数の受信装置宛の信号を空間多重するためのプレコーディングを、複数のプレコーディングから選択し、選択したプレコーディングを行った信号を送信する手順を実行させるための送信制御プログラムである。

[0020] （１３）また、本発明は、複数の受信装置宛の信号を空間多重するためのプレコーディングを、複数のプレコーディングから選択するプロセッサ。

発明の効果

[0021] 本発明によれば、送信装置は、複数の受信装置における受信品質を柔軟に制御できる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]本発明の第1の実施形態に係る通信システムの一例を示す概略図である。

[図2]本実施形態に係る基地局装置の構成を示す概略ブロック図である。

[図3]本実施形態に係る端末装置の構成を示す概略ブロック図である。

[図4]本発明の第2の実施形態に係る通信システムの一例を示す概略図である。

[図5]本実施形態に係る基地局装置の構成を示す概略ブロック図である。

[図6]本実施形態に係る第1のプレコーディング部の構成を示す概略ブロック図である。

[図7]本実施形態に係る第2のプレコーディング部の構成を示す概略ブロック図である。

[図8]本実施形態に係る端末装置の構成を示す概略ブロック図である。

発明を実施するための形態

[0023] (第1の実施形態)

以下、図面を参照しながら本発明の第1の実施形態について詳しく説明する。

図1は、本発明の第1の実施形態に係る通信システムの一例を示す概略図である。この図において、通信システムは、基地局装置a1と複数の端末装置B1～BNを具備する。なお、図1では $N=4$ であり、本実施形態では $N=4$ とするが、本発明はこれに限らず、 $1 < N < 4$ であっても $N > 4$ であってもよい。

基地局装置a1は、K本の送信アンテナa161～a16Kを備える。なお、図1では $K=4$ であり、本実施形態では $K=4$ とするが、本発明はこれに限らず、 $K < 4$ であっても $K > 4$ であってもよい。基地局装置a1は、同

一時刻で同一周波数を用いて4個の端末装置B1～B4宛の信号を空間多重して送信する。端末装置B_n（ $n=1\sim N$ ；端末装置B_n各々を端末装置b1ともいう）は、1本の受信アンテナB_{n1}を備え、基地局装置a1から送信された信号を受信する。つまり、図1の通信システムでは、MU-MIMO伝送を行う。ここで、端末装置B1～BNは、それぞれ、基地局装置a1との距離が異なるため、基地局装置a1から送信された信号の受信品質が異なる。

[0024] MU-MIMO伝送では、端末装置B1～BNへの信号間で干渉が生じる。基地局装置a1は、ある端末装置宛の信号に対して、他の端末装置宛の信号による干渉を除去するように、予めプレコーディングを施して伝送する。ここで、基地局装置a1は、複数のプレコーディングのうち1つを選択して、そのプレコーディングを用いる。なお、ここでプレコーディングとは、本来送信すべき信号に何らかの処理を加えて、複数の送信信号を空間多重可能な信号に変換することである。

[0025] <基地局装置a1について>

図2は、本実施形態に係る基地局装置a1の構成を示す概略ブロック図である。この図において、基地局装置a1は、受信アンテナa111、無線部a112、上位層部a12、符号化部a131-1～a131-N、変調部a132-1～a132-N、多重信号生成部a14、第2の参照信号生成部a151、第1の参照信号生成部a152、フィルタ乗算部a153、信号多重部a154、無線部a155-1～a155-K、送信アンテナa161～a16Kを含んで構成される。上位層部a12は、アプリケーション部a121、受信品質取得部a122、プレコーディング決定部a123を含んで構成される。多重信号生成部a14は、演算順序選択部a141、フィルタ算出部a142、干渉算出部a143、減算部a144-2～a144-N、Modulo演算部a145-2～a145-N、フィルタ乗算部a146を含んで構成される。

[0026] 基地局装置a1は、受信アンテナa111を用いて端末装置B1～BNが

送信した信号を受信する。受信アンテナ a 1 1 1 で受信された信号は、無線部 a 1 1 2 に入力される。

無線部 a 1 1 2 は、入力された信号をダウンコンバートしてベースバンド信号を生成し、A/D (Analog to Digital) 変換する。無線部 a 1 1 2 は、A/D 変換した信号を復調し、復調後の情報を上位層部 a 1 2 に出力する。ここで、無線部 a 1 1 2 は、復調後の情報のうち、各端末装置 B_n の受信品質情報 (CQI; Channel Quality Information) を受信品質取得部 a 1 2 2 に出力し、伝搬路情報 (CSI; Channel State Information) をフィルタ算出部 a 1 4 2 に出力する。この各端末装置 B_n の受信品質情報は、基地局装置 a 1 からの信号の各端末装置での受信品質を示す情報であり、例えば、基地局装置 a 1 から各端末装置 B_n への距離や基地局と端末の間の障害物の有無、端末が屋内、屋外のいずれに位置するか等に依存する。具体的には、受信品質情報が各端末装置 B_n における受信 SNR (Signal-to-Noise Ratio; 信号対雑音比) を表すものである場合には、基地局装置 a 1 近傍に位置する端末装置 B_n では高い SNR で信号が受信されるため、受信品質情報が示す受信品質も高い値となる。逆に、基地局装置 a 1 から離れた場所に位置する端末装置 B_n では、受信品質情報が示す受信品質が低い値となる。

[0027] なお、基地局装置 a 1 は、各端末装置 B_n での受信品質情報及び伝搬路情報に基づいて、各端末装置 B_n 宛 (受信アンテナ B_n 1 宛でもある) の情報の符号化率、及び、変調方式を決定する。また、基地局装置 a 1 は、決定した各端末装置 B_n 宛の情報の符号化率、及び、変調方式を示す制御情報を、各端末装置 B_n に送信する。

[0028] 上位層部 a 1 2 のアプリケーション部 a 1 2 1 には、例えば、ネットワークを介して、各端末装置 B_n 宛の情報が入力される。アプリケーション部 a 1 2 1 は、端末装置 B₁ ~ B_N 宛の情報各々を、それぞれ、符号化部 a 1 3 1-1 ~ a 1 3 1-N に出力する。

受信品質取得部 a 1 2 2 は、無線部 a 1 1 2 から入力された受信品質情報を、プレコーディング決定部 a 1 2 3、演算順序選択部 a 1 4 1、及びフィルタ算出部 a 1 4 2 に出力する。

[0029] プレコーディング決定部 a 1 2 3 は、受信品質取得部 a 1 2 2 から入力された受信品質情報に基づいて、複数のプレコーディングから 1 つのプレコーディングを決定する。具体的には、プレコーディング決定部 a 1 2 3 は、信号を多重する端末装置 B n（つまり、端末装置 B 1 ~ B 4）各々の受信品質の差が予め定めた閾値（例えば、受信 S N R が 3 d B）より小さいか否かを判定する。

プレコーディング決定部 a 1 2 3 は、受信品質の差が閾値より小さいと判定した場合には、プレコーディングを Z F - T H P に決定する。つまり、プレコーディング決定部 a 1 2 3 は、端末装置 B n 間の受信品質に大きな差がなく、受信品質が同程度である場合には、プレコーディングを Z F - T H P に決定することとなる。

一方、プレコーディング決定部 a 1 2 3 は、受信品質の差が閾値以上であると判定した場合には、プレコーディングを Q R - T H P に決定する。つまり、プレコーディング決定部 a 1 2 3 は、端末装置 B n 間の受信品質に大きな差があり、受信品質に偏りがある場合には、プレコーディングを Q R - T H P に決定することとなる。

プレコーディング決定部 a 1 2 3 は、決定したプレコーディングを示すプレコーディング情報を、フィルタ算出部 a 1 4 2 に出力する。

[0030] 符号化部 a 1 3 1 - n は、アプリケーション部 a 1 2 1 から入力された端末装置 B n 宛の情報を、基地局装置 a 1 が決定した符号化率であって端末装置 B n 宛の情報の符号化率で符号化する。符号化部 a 1 3 1 - n は、それぞれ、符号化した情報 d n を変調部 a 1 3 2 - n に出力する。

変調部 a 1 3 2 - n は、符号化部 a 1 3 1 - n から入力された情報 d n を、基地局装置 a 1 が決定した端末装置 B n 宛の情報の変調方式で変調する。変調方式には、例えば、Q P S K（Q u a d r a t u r e P h a s e S h

if t Keying) や 16QAM (Quadrature Amplitude Modulation) がある。変調部 a 1 3 2 - n は、変調後の信号 S_n を、多重信号生成部 a 1 4 の演算順序選択部 a 1 4 1 に出力する。

[0031] 演算順序選択部 a 1 4 1 は、受信品質取得部 a 1 2 2 から入力された受信品質情報に基づいて、変調部 a 1 3 2 - n から入力された信号 S_n の出力先を選択する。具体的には、演算順序選択部 a 1 4 1 は、受信品質情報が示す受信品質が m 番目 ($m = 1 \sim N - 1$) に低い端末装置 B_n 宛の信号 S_n を信号 s_m とする。演算順序選択部 a 1 4 1 は、信号 s_1 をフィルタ乗算部 a 1 4 6 と干渉算出部 a 1 4 3 に出力し、信号 s_m ($m \geq 2$) をそれぞれ減算部 a 1 4 4 - m に出力する。

なお、演算順序選択部 a 1 4 1 は、プレコーディング決定部 a 1 2 3 からプレコーディング情報を入力されてもよく、入力されたプレコーディング情報が QR-THP を示す場合にのみ、受信品質情報に基づいて出力先を選択してもよい。

[0032] フィルタ算出部 a 1 4 2 は、無線部 a 1 1 2 から入力された伝搬路情報から伝搬行列 H を生成する。ここで、伝搬行列 H の m 行 k 列要素 H_{mk} ($k = 1 \sim N$) は、基地局装置 a 1 の送信アンテナ a 1 6 k と、端末装置 B_m の受信アンテナ B_{m1} との間の伝搬路推定値である。なお、フィルタ算出部 a 1 4 2 は、受信品質取得部 a 1 2 2 から入力された受信品質情報に基づいて、要素 H_{mk} を m の順序に整列する。

フィルタ算出部 a 1 4 2 は、生成した伝搬行列 H の複素共役転置 (エルミート共役) 行列 H^H を QR 分解して、行列 R 及び行列 Q を算出する。QR 分解とは、行列をユニタリ行列 Q と上三角行列 R に分解することである。フィルタ算出部 a 1 4 2 は、算出した行列 R を示す情報を干渉算出部 a 1 4 3 に出力する。

プレコーディング決定部 a 1 2 3 から入力されたプレコーディング情報が QR-THP を示す場合、フィルタ算出部 a 1 4 2 は、算出した行列 Q をフィルタ係数としてフィルタ乗算部 a 1 4 6 及びフィルタ乗算部 a 1 5 3 に出

力する。一方、プレコーディング決定部 a 1 2 3 から入力されたプレコーディング情報が Z F - T H P を示す場合、フィルタ算出部 a 1 4 2 は、算出した行列 Q に $\{ \text{diag} (R^H) \}^{-1}$ を乗算した行列を、フィルタ係数としてフィルタ乗算部 a 1 4 6 及びフィルタ乗算部 a 1 5 3 に出力する。ここで、 $\text{diag} (X)$ は、行列 X の非対角成分を 0 とした行列を表す。

[0033] 干渉算出部 a 1 4 3 は、フィルタ算出部 a 1 4 2 から入力された情報が示す行列 R を用いて、演算順序選択部 a 1 4 1 から入力された端末装置 B_m 宛の信号 s_m に対する他の端末装置からの干渉信号 f_m を逐次生成する。具体的には、干渉算出部 a 1 4 3 は、行列 R を用いて、干渉係数行列 $C = \{ \text{diag} (R^H) \}^{-1} R^H - I$ を算出する。

干渉算出部 a 1 4 3 は、演算順序選択部 a 1 4 1 から入力された信号 s_1 、及び M o d u l o 演算部 a 1 4 5 - 2 ~ a 1 4 5 - (m - 1) から入力された信号 $s_2' \sim s_{m-1}'$ を成分とするベクトル s_m' を逐次生成する。干渉算出部 a 1 4 3 は、干渉係数行列 C にベクトル s_m' を乗算することで、干渉信号 f_m を生成する。つまり、干渉算出部 a 1 4 3 は、干渉信号 f_2 は干渉係数行列 C に $(s_1, 0, 0, 0)^T$ を乗算した行列のうち第 2 成分、 f_3 は C に $(s_1, s_2', 0, 0)^T$ を乗算した行列のうち第 3 成分、 f_4 は干渉係数行列 C に $(s_1, s_2', s_3', 0)^T$ を乗算した行列のうち第 4 成分を生成する。

なお、本実施形態では $N = 4$ の場合について説明したが、 $N = 4$ 以外の場合でもよい。

干渉算出部 a 1 4 3 は、生成した干渉信号 f_m を、それぞれ、減算部 a 1 4 4 - m に出力する。

[0034] 減算部 a 1 4 4 - m は、演算順序選択部 a 1 4 1 から信号 s_m を入力され、干渉算出部 a 1 4 3 から干渉信号 f_m を入力される。減算部 a 1 4 4 - m は、信号 s_m から干渉信号 f_m を減算する。減算部 a 1 4 4 - m は、減算後の信号 $s_m - f_m$ を M o d u l o 演算部 a 1 4 5 - m に出力する。

M o d u l o 演算部 a 1 4 5 - m は、減算部 a 1 4 4 - m から入力された信号 $s_m - f_m$ に対して、基地局装置 a 1 が決定した各端末装置 B_m の変調方

式に基づくModulo演算（非線形演算）を行う。Modulo演算部 a 1 4 5-mは、Modulo演算後の信号 s_m' を干渉算出部 a 1 4 3 及びフィルタ乗算部 a 1 4 6 に出力する。

[0035] フィルタ乗算部 a 1 4 6 は、演算順序選択部 a 1 4 1 から入力された信号 s_1 、及びModulo演算部 a 1 4 5-mから入力された信号 s_m' を成分とするベクトル $s_N' = (s_1, s_2', \dots, s_N')^T$ を生成する。フィルタ乗算部 a 1 4 6 は、フィルタ算出部 a 1 4 2 から入力された情報が示すフィルタ係数に、生成したベクトル s_N' を乗算する。フィルタ乗算部 a 1 4 6 は、乗算後のベクトルの成分の信号を、信号多重部 a 1 5 4 に出力する。

[0036] 第2の参照信号生成部 a 1 5 1 は、送信アンテナ a 1 6 k 各々から送信するパイロット信号（参照信号）を生成する。パイロット信号とは、基地局装置 a 1 及び端末装置 b 1 間で既知の（予めその波形を記憶する）信号であり、複数の送信アンテナから送信されたパイロット信号が干渉し合わないよう送信アンテナ a 1 6 1 ~ a 1 6 4 間で直交化される。なお、第2の参照信号生成部 a 1 5 1 が生成したパイロット信号は、各端末装置 b 1 において、基地局装置 a 1 に通知する伝搬路情報を推定するために用いられる。第2の参照信号生成部 a 1 5 1 は、生成したパイロット信号を信号多重部 a 1 5 4 に出力する。

[0037] 第1の参照信号生成部 a 1 5 2 は、パイロット信号を生成する。パイロット信号とは、基地局装置 a 1 及び端末装置 b 1 間で既知の（予めその波形を記憶する）信号であり、複数の送信アンテナから送信されたパイロット信号が干渉し合わないよう送信アンテナ a 1 6 1 ~ a 1 6 4 間で直交化される。なお、第1の参照信号生成部 a 1 5 2 が生成したパイロット信号は、各端末装置 b 1 において、空間多重された信号のうち所望の信号を復調するために用いられる。第1の参照信号生成部 a 1 5 2 は、生成したパイロット信号をフィルタ乗算部 a 1 5 3 に出力する。

フィルタ乗算部 a 1 5 3 は、フィルタ算出部 a 1 4 2 から入力された情報が示すフィルタ係数に、第1の参照信号生成部 a 1 5 2 から入力されたパイ

ロット信号を乗算する。フィルタ乗算部 a 1 5 3 は、乗算後の信号を信号多重部 a 1 5 4 に出力する。

[0038] 信号多重部 a 1 5 4 は、フィルタ乗算部 a 1 4 6、第 2 の参照信号生成部 a 1 5 1、フィルタ乗算部 a 1 5 3 から入力された信号を多重する。ここで、第 2 の参照信号生成部 a 1 5 1 から入力されたパイロット信号と、フィルタ乗算部 a 1 5 3 から入力された信号とは、例えば、時間領域等で直交化され、多重される。また、信号多重部 a 1 5 4 は、端末装置 B_m (m ≥ 2) に割り当てた帯域に M o d u l o 演算を行ったことを示す剰余演算情報の信号を制御情報の信号に含ませて配置する。

このような信号多重を行った後、信号多重部 a 1 5 4 は、送信アンテナ a 1 6 k で送信する信号を、無線部 a 1 5 5 - k に出力する。

無線部 a 1 5 5 - k は、信号多重部 a 1 5 4 から入力された信号を D / A (D i g i t a l t o A n a l o g) 変換する。無線部 a 1 5 5 - k は、変換後の信号を、無線周波数にアップコンバートし、送信アンテナ a 1 6 k を介して、端末装置 B_n に送信する。

[0039] <多重信号生成部 a 1 4 での処理について>

上記の構成により、多重信号生成部 a 1 4 での処理は、以下の処理となる。

フィルタ算出部 a 1 4 2 は、次式 (1) の伝搬行列 H を生成する。

[0040] [数1]

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} H_{11} & H_{12} & H_{13} & H_{14} \\ H_{21} & H_{22} & H_{23} & H_{24} \\ H_{31} & H_{32} & H_{33} & H_{34} \\ H_{41} & H_{42} & H_{43} & H_{44} \end{bmatrix} \cdots (1)$$

[0041] フィルタ算出部 a 1 4 2 は、伝搬路行列 H を三角化するためのフィルタ係数 Q を算出する。具体的には、フィルタ算出部 a 1 4 2 は、次式 (2) に示すように、伝搬行列 H の複素共役転置行列 H^H を Q R 分解して、行列 R 及びフィルタ係数 (行列 Q) を算出する。

[0042] [数2]

$$\mathbf{H}^H = \mathbf{Q}\mathbf{R} = \mathbf{Q} \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} & R_{14} \\ 0 & R_{22} & R_{23} & R_{24} \\ 0 & 0 & R_{33} & R_{34} \\ 0 & 0 & 0 & R_{44} \end{bmatrix} \cdots (2)$$

[0043] 前述のように、干渉算出部 a 1 4 3 は、この行列 R を用いて干渉係数行列 $\mathbf{C} = \{\text{diag}(\mathbf{R}^H)\}^{-1} \mathbf{R}^H - \mathbf{I}$ を算出する。減算部 a 1 4 4 - m が出力する減算後の信号 $s_m - f_m$ は次式 (3) で表される。

[0044] [数3]

$$\begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 - f_2 \\ s_3 - f_3 \\ s_4 - f_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{11}^* & 0 & 0 & 0 \\ R_{12}^* & R_{22}^* & 0 & 0 \\ R_{13}^* & R_{23}^* & R_{33}^* & 0 \\ R_{14}^* & R_{24}^* & R_{34}^* & R_{44}^* \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} R_{11}^* & 0 & 0 & 0 \\ 0 & R_{22}^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & R_{33}^* & 0 \\ 0 & 0 & 0 & R_{44}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \\ s_4 \end{bmatrix} \cdots (3)$$

[0045] Modulo 演算部 a 1 4 5 - m は、次式 (4) で表される Modulo 演算を行う。

[0046] [数4]

$$v = \text{mod}_\tau(u) = u - \left\lfloor \frac{\text{Re}[u]}{\tau} + \frac{1}{2} \right\rfloor \tau - j \left\lfloor \frac{\text{Im}[u]}{\tau} + \frac{1}{2} \right\rfloor \tau \cdots (4)$$

$\lfloor w \rfloor$ は床関数演算

[0047] ここで、 $\text{Re}[u]$ 、および $\text{Im}[u]$ はそれぞれ複素数 u の実部、虚部を表している。床関数演算は、 w 以上の最小の整数を表している。 j は $j^2 = -1$ となる虚数単位である。なお、式 (4) の第 2 項目、第 3 項目は、 u の実部と虚部の大きさが τ の整数倍であることを示している。なお、 τ は信号 s_m に施された変調の変調方式によって決まる定数である。例えば、QPSK (Quadrature Phase-Shift Keying; 四位相偏移変調) では $\tau = 2\sqrt{2}$ 、16QAM (Quadrature Amplitude Modulation; 16 位振幅変調) では $\tau = 4$ である。

itude modulation; 直交振幅変調) では、 $\tau = 8/\sqrt{10}$ 、64QAMでは $\tau = 16/\sqrt{42}$ である。

基地局装置 a 1 は、Modulo 演算を行うことにより、干渉減算後の信号の振幅を所定の幅に収めるように送信信号の振幅を制限することができ、送信電力の増大を抑えることができる。

Modulo 演算部 a 1 4 5 - m が出力する信号は、例えば、信号 s_2' が次式 (5) で表される。

[0048] [数5]

$$s_2' = \text{mod}_\tau(s_2 - R_{22}^{*-1} R_{12}^* s_1) \quad \dots (5)$$

[0049] 伝搬路行列 H にフィルタ係数を乗算すると、次式 (6) となる。

[0050] [数6]

$$HQ = (QR)^H Q = R^H Q^H Q = R^H = \begin{bmatrix} R_{11}^* & 0 & 0 & 0 \\ R_{12}^* & R_{22}^* & 0 & 0 \\ R_{13}^* & R_{23}^* & R_{33}^* & 0 \\ R_{14}^* & R_{24}^* & R_{34}^* & R_{44}^* \end{bmatrix} \quad \dots (6)$$

[0051] 式 (6) は、基地局装置 a 1 と端末装置 b 1 の間の、フィルタ係数も含めた等価的な伝搬路を表す。なお、フィルタ算出部 a 1 4 2 のフィルタ係数の算出処理は、QR 分解でなくてもよい。つまり、フィルタ算出部 a 1 4 2 は、伝搬路行列 H に乗じた場合に三角行列になる行列をフィルタ係数として算出すればよい。

[0052] 各端末装置 B m での受信信号 y_m は、プレコーディング決定部 a 1 2 3 が決定したプレコーディングに応じて、以下ようになる。

受信品質の差が閾値より大きいと判定され、プレコーディングを QR-THP に決定した場合、受信信号 y_m を成分とする受信信号ベクトル $y = (y_1, y_2, y_3, y_4)$ は次式 (7) で表される。

[0053] [数7]

$$y = HQs_N' = \begin{bmatrix} R_{11}^* & 0 & 0 & 0 \\ R_{12}^* & R_{22}^* & 0 & 0 \\ R_{13}^* & R_{23}^* & R_{33}^* & 0 \\ R_{14}^* & R_{24}^* & R_{34}^* & R_{44}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \\ s_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{11}^* & 0 & 0 & 0 \\ 0 & R_{22}^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & R_{33}^* & 0 \\ 0 & 0 & 0 & R_{44}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \\ s_4 \end{bmatrix} \quad \dots (7)$$

[0054] ここで、QR分解の性質から $R_{44} < R_{33} < R_{22} < R_{11}$ である。前述のように、演算順序選択部 a 1 4 1 は、受信品質が低い順序に信号 s_n を並び替えている。これにより、基地局装置 a 1 は、 m の値が小さく受信品質が低い端末装置 B m 宛の信号 s_m の振幅を大きくし、 m の値が大きく受信品質が高い端末装置 B m 宛の信号 s_m の振幅を小さくすることができる。また、式 (7) は、受信信号 y_m では、他の端末装置宛の信号からの干渉が除去されることを示す。

[0055] 一方、受信品質の差が閾値より小さいと判定され、プレコーディングを ZF-THP に決定した場合、受信信号ベクトル y は次式 (8) で表される。

[0056] [数8]

$$y = H \text{diag}[R]^{-1} Qs_N' = \text{diag}[R]^{-1} \begin{bmatrix} R_{11}^* & 0 & 0 & 0 \\ 0 & R_{22}^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & R_{33}^* & 0 \\ 0 & 0 & 0 & R_{44}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \\ s_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \\ s_4 \end{bmatrix} \quad \dots (8)$$

[0057] 式 (8) と式 (7) とを比較すると、式 (7) では信号 s_m に R_{mm} が乗算されているのに対し、式 (8) では信号 s_m に R_{mm} が乗算されていない。これにより、基地局装置 a 1 は、端末装置 B m 宛の信号 s_m の振幅を同程度の大きさにすることができる。

以上により、基地局装置 a 1 は、基地局からの距離が同程度の複数の端末宛の信号を空間多重する場合には ZF-THP を、基地局からの距離が大きく異なる複数の端末宛の信号を空間多重する場合には QR-THP を用いる

ことにより、端末装置 B_m での受信品質の差に関わらず、端末装置 B_m が受信する信号 y_m の振幅を同程度の大きさにすることができ、全ての端末装置で受信品質を同程度に保つことができる。つまり、基地局装置 a_1 は、複数の端末装置における受信品質を柔軟に制御できる。

[0058] <端末装置 b_1 について>

図 3 は、本実施形態に係る端末装置 b_1 の構成を示す概略ブロック図である。この図において、端末装置 b_1 は、受信アンテナ b_{111} (B_{n1})、無線部 b_{112} 、信号分離部 b_{113} 、制御信号処理部 b_{114} 、伝搬路推定部 b_{115} 、伝搬路補償部 b_{116} 、剰余判定部 b_{117} 、Modulo 演算部 b_{118} 、復調部 b_{119} 、復号部 b_{120} 、上位層部 b_{121} 、無線部 b_{122} 、及び、送信アンテナ b_{123} を含んで構成される。

[0059] 無線部 b_{112} は、受信アンテナ b_{111} を介して信号を受信する（端末装置 B_m が受信する信号が受信信号 y_m ）。この信号には、パイロット信号、端末装置 B_m 宛の情報の信号、及び、制御情報の信号が含まれている。無線部 b_{112} は、受信した信号をダウンコンバートしてベースバンド信号を生成し、A/D (Analog to Digital) 変換する。無線部 b_{112} は、変換後の信号を信号分離部 b_{113} に出力する。

[0060] 信号分離部 b_{113} は、無線部 b_{112} から入力された信号を分離し、制御情報の信号を制御情報受信部 b_{113} に出力し、パイロット信号を伝搬路推定部 b_{115} に出力する。信号分離部 b_{113} は、分離した信号のうち、自装置宛の情報の信号を伝搬路補償部 b_{116} に出力する。

制御信号処理部 b_{114} は、信号分離部 b_{113} から入力された制御情報の信号を復調及び復号する。制御信号処理部 b_{114} は、復号した制御情報のうち、剰余演算情報及び変調方式を、それぞれ、剰余判定部 b_{117} 及び Modulo 演算部 b_{118} に出力する。なお、制御信号処理部 b_{114} は、復号した制御情報のうち、符号化率及び変調方式の情報を、それぞれ復調部 b_{119} 及び復号部 b_{120} に出力する（図示せず）。

[0061] 伝搬路推定部 b_{115} は、信号分離部 b_{113} から入力されたパイロット

信号のうち、第2の参照信号生成部 a 1 5 1 が生成したパイロット信号に基づいて、アンテナ毎の伝搬路推定値を推定する。また、伝搬路推定部 b 1 1 5 は、このパイロット信号を用いて受信品質の測定を行う。なお、この測定は、データ信号とは異なるフレームで送信されたパイロット信号を用いてもよい。伝搬路推定部 b 1 1 5 は、推定した伝搬路推定値を示す伝搬路情報、及び測定した受信品質を示す受信品質情報を上位層部 b 1 2 1 に出力する。

- [0062] 伝搬路推定部 b 1 1 5 は、信号分離部 b 1 1 3 から入力されたパイロット信号のうち、第1の参照信号生成部 a 1 5 2 が生成したパイロット信号に基づいて、自装置宛の信号が経由した等価伝搬路（基地局装置 a 1 で乗算されたフィルタ係数も含めた伝搬路）の伝搬路推定値を推定する。伝搬路推定部 b 1 1 5 は、推定した等価伝搬路の伝搬路推定値を示す等価伝搬路推定情報を、伝搬路補償部 b 1 1 6 に出力する。

伝搬路補償部 b 1 1 6 は、伝搬路推定部 b 1 1 5 から入力された等価伝搬路推定情報が示す伝搬路推定値に応じて信号を除算することによって、伝搬路補償する。伝搬路補償部 b 1 1 6 は、伝搬路補償した信号を剰余判定部 b 1 1 7 に出力する。

- [0063] 剰余判定部 b 1 1 7 は、制御信号処理部 b 1 1 4 から剰余演算情報が入力された場合、伝搬路補償部 b 1 1 6 から入力された信号を *Modulo* 演算部 b 1 1 8 に出力する。一方、剰余判定部 b 1 1 7 は、制御信号処理部 b 1 1 4 から剰余演算情報が入力されなかった場合、伝搬路補償部 b 1 1 6 から入力された信号を復調部 b 1 1 9 に出力する。この構成により、端末装置 B 1 の剰余判定部 b 1 1 7 は入力された信号を復調部 b 1 1 9 に出力し、端末装置 B 2、B 3、B 4 の剰余判定部 b 1 1 7 は入力された信号を *Modulo* 演算部 b 1 1 8 に出力することとなる。

Modulo 演算部 b 1 1 8 は、基地局装置 a 1 と同じ *Modulo* 演算（式（4）で表される *Modulo* 演算）を行う。ここで、*Modulo* 演算部 b 1 1 8 は、制御信号処理部 b 1 1 4 から入力された情報が示す変調方

式に対応する τ を選択し、その τ を用いてModulo演算を行う。Modulo演算部b118は、演算後の信号を復調部b119に出力する。

[0064] 復調部b119は、剰余判定部b117又はModulo演算部b118から入力された信号を、制御信号処理部b114から入力された情報が示す変調方式を用いて復調する。復調部b119は、信号を復調した情報を復号部b120に出力する。

復号部b120は、復調部b119から入力された情報を、制御信号処理部b114から入力された情報が示す符号化率に基づいて、復号する。復調部b119は、復号した情報を上位層部b121に出力する。

[0065] 上位層部b121は、復号部b120から入力された情報を出力部（図示せず）に出力し、又は情報に基づいて端末装置b1を制御する。上位層部b121は、伝搬路推定部b115から入力された受信品質情報及び伝搬路情報を、基地局装置a1宛の信号として無線部b122に出力する。

無線部b122は、上位層部b121から入力された情報を変調し、変調した信号をD/A変換する。無線部b122は、変換後の信号を、無線周波数にアップコンバートし、送信アンテナb123を介して、基地局装置a1に送信する。

[0066] このように、本実施形態では、基地局装置a1は、複数の端末装置Bm宛の信号を空間多重するためのプレコーディングを、複数のプレコーディング（ZF-THP、QR-THP）から選択し、選択したプレコーディングを行った信号を送信する。これにより、通信システムは、受信品質が異なることとなる複数のプレコーディングからプレコーディングを選択でき、複数の端末装置Bmにおける受信品質を柔軟に制御できる。

[0067] また、本実施形態では、ZF-THPは、複数の端末装置Bm宛の信号各々に同じ値「1」が乗算される（又は値が乗算されないもの）である（式（8）参照）。基地局装置a1は、複数の端末装置Bm宛での受信品質の差が予め定めた値より小さい場合には、ZF-THPを選択する。これにより、端末装置Bmは、複数の端末装置Bmでの受信品質が同程度である場合には

、そのまま受信品質が同程度になるように、信号を受信することができる。

一方、QR-THPは、複数の端末装置 B_m 宛の信号各々に異なる値が乗算されるものである（式（3）参照）。基地局装置 a_1 は、複数の端末装置 B_m 宛での受信品質の差が予め定めた値より大きい場合には、QR-THPを選択する。これにより、端末装置 B_m は、複数の端末装置 B_m での受信品質に大きな差がある場合には、各端末装置 B_m での受信品質が同程度になるように、信号を受信することができる。

[0068] なお、本実施形態では、各端末装置 B_n の受信品質情報に基づいてプレコーディングを選択する場合について説明をした。しかし、基地局装置 a_1 は、受信品質情報及び各端末装置宛の情報のデータ量に基づいてプレコーディングを選択してもよい。例えば、基地局装置 a_1 は、受信品質の差が閾値より小さいと判定した場合でも、各端末装置宛の情報のデータ量の差が予め定めた閾値以上となる場合には、QR-THPを選択してもよい。

この場合、基地局装置 a_1 （演算順序選択部 a_{141} ）は、データ量が m 番目に多い端末装置 B_n 宛の信号 S_n を信号 s_m とする。これにより、基地局装置 a_1 は、データ量の多い端末装置 B_m 宛の信号の受信品質を高くして、確実に信号を送信することができる。換言すれば、基地局装置 a_1 は、データ量が多い方に誤りが発生することで再送が頻発し、伝送効率の悪化や処理負荷の増加を防止することができる。

また、この場合、データ量が多い端末装置宛の情報を変調多値数の高い変調方式（例えば、16QAM）で変調し、データ量が少ない端末装置宛の情報を変調多値数の小さい変調方式（例えば、QPSK）で変調してもよい。

また、本実施形態において、基地局装置 a_1 は、QR分解を用いてプレコーディングを行う場合について説明をした。しかし、本発明はこれに限らず、伝搬路行列の逆行列に基づいてフィルタ係数を生成するプレコーディングを用いてもよいし、送信信号と各端末装置における受信信号の平均二乗誤差が最小となるようにMMSE規範によりフィルタ係数を算出するプレコーディングを用いてもよい。

[0069] (第2の実施形態)

以下、図面を参照しながら本発明の第2の実施形態について詳しく説明する。

本実施形態では、端末装置が複数の受信アンテナを備え、基地局装置が端末装置に対して複数のストリームの信号を送信する場合について説明をする。

[0070] 図4は、本発明の第2の実施形態に係る通信システムの一例を示す概略図である。この図において、通信システムは、基地局装置a2と複数の端末装置B1～BNを具備する。なお、図4では $N=2$ であり、本実施形態では $N=2$ とするが、本発明はこれに限らず、 $N>2$ であってもよい。基地局装置a2は、4本の送信アンテナa161～a164を備える。

基地局装置a2は、同一時刻で同一周波数を用いて2個の端末装置B1、B2宛の信号を空間多重して送信する。端末装置Bn ($n=1\sim N$; 端末装置Bn各々を端末装置b2ともいう)は、 J_n 本の受信アンテナBn1～Bn J_n を備え、基地局装置a2から送信された信号を受信する。なお、図4では J_1 、 $J_2=2$ であり、本実施形態では J_1 、 $J_2=2$ とするが、本発明はこれに限らず、 $J_1<2$ 、 $J_1>2$ であっても $J_2<2$ 、 $J_2>2$ であってもよい。また、 $J_1=J_2$ でなくてもよい。

ここで、端末装置B1～BNは、それぞれ、基地局装置a2との距離が異なるため、基地局装置a2から送信された信号の受信品質が異なる。

[0071] MU-MIMO伝送では、端末装置B1～BNへの信号間で干渉が生じる。基地局装置a2は、ある端末装置宛の信号に対して、他の端末装置宛の信号による干渉を除去するように、予めプレコーディングを施して伝送する。ここで、基地局装置a2は、複数のプレコーディングのうち1つを選択して、そのプレコーディングを用いる。

なお、本実施形態では、端末装置Bnが同じ本数(2本)の受信アンテナを備える場合について説明するが、本発明はこれに限らず、端末装置Bnの受信アンテナ数は異なってもよい。

[0072] 図5は、本実施形態に係る基地局装置a2の構成を示す概略ブロック図である。本実施形態に係る基地局装置a2（図5）と第1の実施形態に係る基地局装置a1（図2）とを比較すると、上位層部a22のプレコーディング決定部a223、及び多重信号生成部a24が異なる。しかし、他の構成要素（受信アンテナa111、無線部a112、アプリケーション部a121、受信品質取得部a122、符号化部a131-1～a131-I（ $I = \sum J_n$ 。 $\sum J_n$ は端末装置の受信アンテナの総数であり、本実施形態では「4」）、変調部a132-1～a132-I、第2の参照信号生成部a151、第1の参照信号生成部a152、フィルタ乗算部a153、信号多重部a154、無線部a155-1～a155-4、送信アンテナa161～a164）が持つ機能は第1の実施形態と同じである。第1の実施形態と同じ機能の説明は省略する。

多重信号生成部a24は、プレコーディング選択部a240、第1のプレコーディング部a24-1、及び第2のプレコーディング部a24-2を含んで構成される。

[0073] プレコーディング決定部a223は、受信品質の差が閾値より小さいと判定した場合には、プレコーディングをBD（Block Diagonalization）に決定する。つまり、プレコーディング決定部a223は、端末装置Bn間の受信品質に大きな差がなく、受信品質が同程度である場合には、プレコーディングをBDに決定することとなる。一方、プレコーディング決定部a223は、受信品質の差が閾値以上であると判定した場合には、プレコーディングをBT（Block Trianglization）-THPに決定する。つまり、プレコーディング決定部a223は、端末装置Bn間の受信品質に大きな差（例えば、受信SNRが5dB）があり、受信品質に偏りがある場合には、プレコーディングをBT-THPに決定することとなる。

プレコーディング決定部a223は、決定したプレコーディングを示すプレコーディング情報を、プレコーディング選択部a240に出力する。また

、プレコーディング決定部 a 2 2 3 は、プレコーディング情報を符号化及び変調して信号多重部 a 1 5 4 に出力する。出力されたプレコーディング情報の信号は、信号多重部 a 1 5 4 で多重され、各端末装置 b 2 に送信される。

[0074] プレコーディング選択部 a 2 4 0 は、変調部 a 1 3 2 - i ($i = 1 \sim I$) 各々から変調後の信号 S_i であって、端末装置 B_n の受信アンテナ B_{nj} ($j = 1 \sim J_n$) 宛の信号 S_i を入力される。ここで、 i は $i = j + \sum_{s \leq n-1} J_s$ であり、第 2 項は端末装置 B_s (s は $n-1$ 以下) の受信アンテナの総数 J_s について和をとることを示す。

プレコーディング選択部 a 2 4 0 は、プレコーディング決定部 a 2 2 3 から入力されたプレコーディング情報が BD を示す場合には、入力された信号 S_i 及び、受信品質情報を第 1 のプレコーディング部 a 2 4 - 1 に出力する。

一方、プレコーディング選択部 a 2 4 0 は、プレコーディング決定部 a 2 2 3 から入力されたプレコーディング情報が B T - T H P を示す場合には、入力された信号 S_i 及び受信品質情報を第 2 のプレコーディング部 a 2 4 - 2 に出力する。

[0075] 図 6 は、本実施形態に係る第 1 のプレコーディング部 a 2 4 - 1 の構成を示す概略ブロック図である。この図において、第 1 のプレコーディング部 a 2 4 - 1 は、フィルタ算出部 a 2 4 - 1 2、及びフィルタ乗算部 a 2 4 6 を含んで構成される。

[0076] フィルタ算出部 a 2 4 - 1 2 は、無線部 a 1 1 2 から入力された伝搬路情報から伝搬行列 H を生成する。ここで、伝搬行列 H の n 行 k 列要素 H_{ik} ($k = 1 \sim N$) は、基地局装置 a 2 の送信アンテナ a 1 6 k と、端末装置 B_n の受信アンテナ B_{nj} との間の伝搬路推定値である。フィルタ算出部 a 2 4 - 1 2 は、生成した伝搬行列 H に乗算した場合に、その行列がブロック対角化される行列 M を算出する。ここで、ブロック対角化とは、行列成分を端末装置 b 2 毎の要素（ブロックという）とした場合に、ブロックでの対角成分（対角ブロックという）以外の成分（非対角ブロックという）が 0 であることという（式 (13) 参照）。フィルタ算出部 a 2 4 - 1 2 は、算出した行列

Mをフィルタ係数としてフィルタ乗算部 a 2 4 6 及びフィルタ乗算部 a 1 5 3 に出力する。

[0077] フィルタ乗算部 a 2 4 6 は、プレコーディング選択部 a 2 4 0 から入力された信号 S_i （以下、信号 s_i' と称する）を成分とするベクトル $s_i' = (s_1', s_2', \dots, s_1')^T$ を生成する。フィルタ乗算部 a 2 4 6 は、フィルタ算出部 a 1 4 2 から入力された情報が示すフィルタ係数に、生成したベクトル s_i' を乗算する。フィルタ乗算部 a 2 4 6 は、乗算後のベクトルの成分の信号を、信号多重部 a 1 5 4 に出力する。なお、信号多重部 a 1 5 4 は、信号 s_i' から生成されて出力された信号を、送信アンテナ a 1 6 i で送信する帯域に配置する。

[0078] 図 7 は、本実施形態に係る第 2 のプレコーディング部 a 2 4 - 2 の構成を示す概略ブロック図である。この図において、第 2 のプレコーディング部 a 2 4 - 2 は、演算順序選択部 a 2 4 - 2 1、フィルタ算出部 a 2 4 - 2 2、干渉算出部 a 2 4 - 2 3、減算部 a 1 4 4 - 3 ($= J + 1$) $\sim$ a 1 4 4 - 4 ($= I$)、Modulo 演算部 a 1 4 5 - 3 $\sim$ a 1 4 5 - 4、及びフィルタ乗算部 a 2 4 6 を含んで構成される。

ここで、減算部 a 1 4 4 - 3 $\sim$ a 1 4 4 - 4、Modulo 演算部 a 1 4 5 - 3 $\sim$ a 1 4 5 - 4 が持つ機能は、第 1 の実施形態のものと同一であるので、説明は省略する。また、フィルタ乗算部 a 2 4 6 が持つ機能は、第 1 のプレコーディング部（図 6）とはフィルタ係数が異なるが同様な機能であるので、説明は省略する。

[0079] 演算順序選択部 a 2 4 - 2 1 は、受信品質取得部 a 1 2 2 から入力された受信品質情報に基づいて、変調部 a 1 3 2 - i から入力された信号 S_i の出力先を選択する。具体的には、演算順序選択部 a 2 4 - 2 1 は、受信品質情報が示す受信品質が m 番目 ($m = 1 \sim N - 1$) に低い端末装置 B n の j 番目の受信アンテナ宛の信号 S_i を信号 s_i とする。演算順序選択部 a 1 4 1 は、信号 s_1 、 s_2 をフィルタ乗算部 a 2 4 6 と干渉算出部 a 2 4 - 2 3 に出力し、信号 s_i ($i \geq 3$) をそれぞれ減算部 a 1 4 4 - i に出力する。

[0080] フィルタ算出部 a 2 4 - 2 2 は、無線部 a 1 1 2 から入力された伝搬路情報から伝搬行列 H を生成する。フィルタ算出部 a 2 4 - 2 2 は、生成した伝搬行列 H に乗算した場合に、その行列が下方にブロック三角化される行列 M を算出する。ここで、ブロック三角化とは、行列成分を端末装置 b 2 毎の要素（ブロック）とした場合に、ブロックでの非対角成分（非対角ブロックという）の一方の行列が 0 であることをいう（式（23）参照）。フィルタ算出部 a 2 4 - 2 2 は、算出した行列 M をフィルタ係数としてフィルタ乗算部 a 2 4 6 及びフィルタ乗算部 a 1 5 3 に出力する。

フィルタ算出部 a 2 4 - 2 2 は、伝搬行列 H に行列 M を乗算した結果の行列 A を示す情報を、干渉算出部 a 2 4 - 2 3 に出力する。

[0081] 干渉算出部 a 2 4 - 2 3 は、フィルタ算出部 a 2 4 - 2 2 から入力された情報が示す行列 A を用いて、プレコーディング選択部 a 2 4 0 から入力された信号 S_i （以下、信号 s_i と称する）に対する他の端末装置からの干渉信号 f_i を逐次生成する。具体的には、干渉算出部 a 2 4 - 2 3 は、行列 A を用いて、干渉係数行列 $C = \{D i a g (A)\}^{-1} A - I$ を算出する。ここで、 $D i a g (X)$ は、行列 X の非対角ブロックを 0 とした行列を表す。

[0082] 干渉算出部 a 2 4 - 2 3 は、プレコーディング選択部 a 2 4 0 から入力された信号 s_i を成分とするベクトル s_i' を逐次生成する。

干渉算出部 a 2 4 - 2 3 は、干渉係数行列 C にベクトル s_i' を乗算することで、干渉信号 f_i を生成する。つまり、干渉算出部 a 1 4 2 は、干渉信号 f_3 は、干渉係数行列 C に $(s_1, s_2, 0, 0)^T$ を乗算した行列のうち第 3 成分、干渉信号 f_4 は、干渉係数行列 C に $(s_1, s_2, 0, 0)^T$ を乗算した行列のうち第 4 成分を生成する。

なお、図 7 の一例では、干渉算出部 a 2 4 - 2 3 は、信号 s_i を成分とするベクトル s_i' のみ生成することとなるが、端末装置が N 個以上ある場合には、Modulo 演算部 a 1 4 5 - $(J_1 + 1) \sim a 1 4 5 - (I - J_N)$ から信号 $s_{J_1+1} \sim s_{I-J_N}$ を入力されてもよい。ここで J_1 は端末装置 B 1 の受信アンテナの本数であり、 J_N は端末装置 B N の受信アンテナの本数である。

この場合、干渉算出部 a 2 4 - 2 3 は、信号 s_i 及び信号 $s_{J+1} \sim s_{I-JN}$ を成分とするベクトル s_i' を逐次生成する。

干渉算出部 a 2 4 - 2 3 は、生成した干渉信号 f_i を、それぞれ、減算部 a 1 4 4 - i に出力する。

[0083] <多重信号生成部 a 2 4 での処理について>

上記の構成により、多重信号生成部 a 2 4 での処理は、以下の処理となる。

フィルタ算出部 a 2 4 - 1 2、a 2 4 - 2 2 は、式 (1) の伝搬行列 H を生成する。なお、伝搬行列 H の行成分 i は $i = j + \sum_{s \leq n-1} J_s$ である。

フィルタ算出部 a 2 4 - 1 2、a 2 4 - 2 2 は、伝搬行列 H を端末装置 n 毎に抽出する（伝搬行列 H_n という）。具体的には、フィルタ算出部 a 2 4 - 1 2、a 2 4 - 2 2 は、次式 (9)、(10) を抽出する。

[0084] [数9]

$$H_2' = H_1 = \begin{bmatrix} H_{11} & H_{12} & H_{13} & H_{14} \\ H_{21} & H_{22} & H_{23} & H_{24} \end{bmatrix} \dots (9)$$

$$H_1' = H_2 = \begin{bmatrix} H_{31} & H_{32} & H_{33} & H_{34} \\ H_{41} & H_{42} & H_{43} & H_{44} \end{bmatrix} \dots (10)$$

[0085] BD の場合、フィルタ算出部 a 2 4 - 1 2 は、伝搬行列 H_n を特異値分解 (SVD: Singular Value Decomposition) する。具体的には、フィルタ算出部 a 2 4 - 1 2 は、次式 (11) で表される各行列 U_n' 、 D_n' 、 $V_n'^H$ を算出する。

[0086] [数10]

$$H_n' = U_n' D_n' V_n'^H \dots (11)$$

[0087] ここで、行列 U_n' は J_n 行 J_n 列のユニタリ行列であり、行列 D_n' は J_n 行 K 列で対角成分以外は 0、対角成分は非負の行列である。行列 $V_n'^H$ は K 行 K 列のユニタリ行列である。このように、行列を分解することを特異値分解という。この行列 $V_n'^H$ を用いることにより、通信システムでは、端末装置

B_n宛の信号を、他の端末装置に届かないようにすることができる。

フィルタ算出部 a 2 4 - 1 2 は、行列 $V_n'^H$ の右半分（3、4 列）である 4 行 2 列の行列（ $V_{n,2}$ とする）を抽出する。フィルタ算出部 a 2 4 - 1 2 は、この行列 $V_{n,2}$ を用いて、次式（12）の行列 M' を算出する。

[0088] [数11]

$$M' = [V_{1,2} \ V_{2,2}] \cdots (12)$$

[0089] 基地局装置において送信信号に式（12）のプレコーディングを行って送信し、伝搬路を通ると、端末装置側から見ると行列 M' に伝搬路行列 H を乗算された伝搬路と等価な伝搬路となり、次式（13）となる。

[0090] [数12]

$$HM' = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & 0 & 0 \\ A_{21} & A_{22} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & A_{33} & A_{34} \\ 0 & 0 & A_{43} & A_{44} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_{1,1} & 0 \\ 0 & H_{2,2} \end{bmatrix} \cdots (13)$$

$$\text{ここで、} H_{1,1} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} \cdots (14)$$

$$H_{2,2} = \begin{bmatrix} A_{33} & A_{34} \\ A_{43} & A_{44} \end{bmatrix} \cdots (15)$$

[0091] 式（13）は、行列 M を乗算した信号が伝搬路を介して受信された場合に、他の端末装置宛の信号から干渉を受けないことを示す。つまり、式（13）が示す伝搬路は、2つの SU-MIMO（Single User-MIMO）伝搬路となる。フィルタ算出部 a 2 4 - 1 2 は、 $H_{1,1}$ 及び $H_{2,2}$ を、それぞれ、次式（16）、（17）のように、特異値分解する。

[0092] [数13]

$$H_{1,1} = U_{1,1} D_1 V_1^H \cdots (16)$$

$$H_{2,2} = U_{2,2} D_2 V_2^H \cdots (17)$$

[0093] ここで、行列 $U_{n,n}$ は 2 行 2 列のユニタリ行列であり、行列 D_n は 2 行 2 列

で対角成分以外は0、対角成分は非負の行列である。行列 V_n は2行2列のユニタリ行列である。である。フィルタ算出部 a 2 4 - 1 2 は、行列Mを、次式 (1 8) によって算出する。

[0094] [数14]

$$M = [V_{1,2} V_1 \quad V_{2,2} V_2] \quad \dots \quad (18)$$

[0095] フィルタ乗算部 a 2 4 6 は、B D の場合、式 (1 8) の行列Mをフィルタ係数として、信号に乗算する。

[0096] B T - T H P の場合、フィルタ算出部 a 2 4 - 2 2 は、式 (1 9) のように、伝搬行列 H_1 を特異値分解する。

なお、本実施形態では、フィルタ係数として式 (1 8) を用いる場合について説明をしたが、本発明はこれに限らず、フィルタ算出部 a 2 4 - 1 2 が算出するフィルタ係数は、伝搬路行列Hを乗算したときに、乗算後の行列をブロック対角化するフィルタ係数であればよい。

[0097] [数15]

$$H_1 = U_1 D_1 V_1^H \quad \dots \quad (19)$$

[0098] ここで、行列 V_1 は4行4列のユニタリ行列である。フィルタ算出部 a 2 4 - 2 2 は、行列 V_1 は行列 V_1 の左半分 (1、2 列) である4行2列の行列と、左半分 (3、4 列) である4行2列の行列をそれぞれ行列 $V_{1,1}$ と行列 $V_{1,2}$ として抽出する。フィルタ算出部 a 2 4 - 2 2 は、行列 $V_{1,2}$ に行列 H_2 を乗算した行列を特異値分解することで、行列 V_2' を算出する。具体的には、フィルタ算出部 a 2 4 - 2 2 は、次式 (2 0)、(2 1) を満たす V_2' を算出する。

[0099] [数16]

$$H_2' = H_2 V_{1,2} \quad \dots \quad (20)$$

$$H_2' = U_2' D_2' V_2'^H \quad \dots \quad (21)$$

[0100] フィルタ算出部 a 2 4 - 2 2 は、行列Mを、次式 (2 2) によって算出する。

[0101] [数17]

$$\mathbf{M} = [\mathbf{V}_{1,1} \ \mathbf{V}_{1,2} \ \mathbf{V}_2'] \quad \dots \quad (22)$$

[0102] フィルタ乗算部 a 2 4 6 は、B T-T H P の場合、式 (22) の行列 M をフィルタ係数として、信号に乗算する。

基地局装置において送信信号に式 (22) のプレコーディングを行って送信され、伝搬路を介して受信された信号は、端末装置側では、式 (22) の行列 M に伝搬路行列 H を乗算された伝搬路と等価な伝搬路を介したものと同一になる。この等価な伝搬路は、次式 (23) となる。

[0103] [数18]

$$\mathbf{HM} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & 0 & 0 \\ A_{21} & A_{22} & 0 & 0 \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} & A_{34} \\ A_{41} & A_{42} & A_{43} & A_{44} \end{bmatrix} \quad \dots \quad (23)$$

[0104] 式 (23) は、基地局装置 a 2 と端末装置 b 2 の間の、フィルタ係数も含めた等価的な伝搬路を表す。また、式 (23) は、ブロック三角化されていることを示す。なお、本実施形態では、フィルタ係数として式 (23) を用いる場合について説明をしたが、本発明はこれに限らず、フィルタ算出部 a 2 4-22 が算出するフィルタ係数は、伝搬路行列 H を乗算したときに、乗算後の行列をブロック三角化するフィルタ係数であればよい。

[0105] 式 (23) の非対角成分は、端末装置 B 1 宛の信号が端末装置 B 2 に届き、干渉信号となることを示す。干渉算出部 a 2 4-23 は、この干渉信号を算出する。具体的には、干渉算出部 a 2 4-23 は、次式 (24) を用いて干渉信号 f_3 、 f_4 を算出する。

[0106] [数19]

$$\begin{bmatrix} f_3 \\ f_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{33} & A_{34} \\ A_{43} & A_{44} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} A_{31} & A_{32} \\ A_{41} & A_{42} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \end{bmatrix} \quad \dots \quad (24)$$

[0107] なお、この場合、次式 (25) の関係が満たされる。

[0108] [数20]

$$HM \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ s_3 - f_3 \\ s_4 - f_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & 0 & 0 \\ A_{21} & A_{22} & 0 & 0 \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} & A_{34} \\ A_{41} & A_{42} & A_{43} & A_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ s_3 - f_3 \\ s_4 - f_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & 0 & 0 \\ A_{21} & A_{22} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & A_{33} & A_{34} \\ 0 & 0 & A_{43} & A_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \\ s_4 \end{bmatrix}$$

・・・ (25)

[0109] Modulo演算部 a 1 4 5-3 ~ a 1 4 5-4 は、それぞれ、干渉算出部 a 2 4-2 3 が算出した干渉信号 f_3 、 f_4 を信号 s_3 、 s_4 から減算する。これにより、式 (25) の右辺に示すように、ベクトル s_i に対して、ブロック対角化された行列を乗じることとなる。つまり、複数の端末装置宛の信号が互いに干渉し合わないよう、空間多重を実現することができる。

[0110] <端末装置 b 2 について>

図 8 は、本実施形態に係る端末装置 b 2 の構成を示す概略ブロック図である。この図において、端末装置 b 2 は、受信アンテナ b 1 1 1-1 (B n 1)、b 1 1 1-2 (B n 2)、無線部 b 1 1 2-1、b 1 1 2-2、信号分離部 b 2 1 3-1、b 2 1 3-2、制御信号処理部 b 1 1 4-1、b 1 1 4-2、伝搬路推定部 b 1 1 5、係数推定部 b 2 2 4、MIMO 多重分離部 b 2 1 6、剰余判定部 b 1 1 7-1、b 1 1 7-2、Modulo 演算部 b 1 1 8-1、b 1 1 8-2、復調部 b 1 1 9-1、b 1 1 9-2、復号部 b 1 2 0-1、b 1 2 0-2、上位層部 b 1 2 1、無線部 b 1 2 2、及び、送信アンテナ b 1 2 3 を含んで構成される。

[0111] なお、受信アンテナ b 1 1 1-1、b 1 1 1-2 が持つ機能は受信アンテナ b 1 1 1 と同じであり、無線部 b 1 1 2-1、b 1 1 2-2 が持つ機能は無線部 b 1 1 2 と同じであり、信号分離部 b 2 1 3-1、b 2 1 3-2 が持つ機能は信号分離部 b 1 1 3 と同じである。制御信号処理部 b 1 1 4-1、b 1 1 4-2 が持つ機能は制御信号処理部 b 1 1 4 と同じであり、剰余判定部 b 1 1 7-1、b 1 1 7-2 が持つ機能は剰余判定部 b 1 1 7 と同じである。Modulo 演算部 b 1 1 8-1、b 1 1 8-2 が持つ機能は Modulo

10 演算部 b 1 1 8 と同じであり、復調部 b 1 1 9-1、b 1 1 9-2 が持つ機能は復調部 b 1 1 9 と同じであり、復号部 b 1 2 0-1、b 1 2 0-2 が持つ機能は復号部 b 1 2 0 と同じである。また、伝搬路推定部 b 1 1 5、上位層部 b 1 2 1 及び無線部 b 1 2 2 が持つ機能は、第 1 の実施形態のものと同じである。これらの機能については、説明を省略する。

[0112] 係数推定部 b 2 2 4 には、信号分離部 b 2 1 3-1 及び b 2 1 3-2 から、プレコーディング情報の信号及びパイロット信号が入力される。係数推定部 b 2 2 4 は、プレコーディング情報の信号を復調及び復号する。

復号したプレコーディング情報が BD を示す場合、係数推定部 b 2 2 4 は、式 (18) のフィルタ係数を算出して MIMO 多重分離部 b 2 1 6 に出力する。一方、復号したプレコーディング情報が B-T-THP を示す場合、係数推定部 b 2 2 4 は、式 (22) のフィルタ係数を算出して MIMO 多重分離部 b 2 1 6 に出力する。また、係数推定部 b 2 2 4 には、プレコーディング情報を MIMO 多重分離部 b 2 1 6 に出力する。

[0113] 端末装置 B_n の MIMO 多重分離部 b 2 1 6 は、伝搬路推定部 b 1 1 5 から入力された伝搬路情報に基づいて、伝搬行列 H_n を生成する。MIMO 多重分離部 b 2 1 6 は、生成した伝搬行列 H_n 及び係数推定部 b 2 2 4 から入力されたフィルタ係数に基づいて、信号を抽出する。

具体的には、係数推定部 b 2 2 4 から入力されたプレコーディング情報が BD を示す場合、MIMO 多重分離部 b 2 1 6 は、式 (16)、(17) の行列 U_{n, n} を算出する。一方、係数推定部 b 2 2 4 から入力されたプレコーディング情報が B-T-THP を示す場合、MIMO 多重分離部 b 2 1 6 は、式 (19) の行列 U₁ (端末装置 B 1 の場合)、又は、式 (21) の行列 U₂' (端末装置 B 2 の場合) を算出する。なお、基地局装置 b 2 は、各端末装置が端末装置 B 1 であるか又は B 2 であるかを示す情報を、各端末装置に対して予め送信し、MIMO 多重分離部 b 2 1 6 は、この情報に基づいて行列 U₁ 又は U₂' を算出してもよい。

MIMO 多重分離部 b 2 1 6 は、算出した行列 U_{n, n}、行列 U₁ 又は行列 U₂

’を信号分離部 b_{213-1} 、 b_{213-2} から入力された信号に乗算する。例えば、プレコーディング情報が $BT-THP$ を示す場合の端末装置 B_2 では、式 (24) の行列の積 HM に U_2' を乗算した行列は、 D_2' (対角行列) となるので、 $MIMO$ 多重分離部 b_{216} は、 D_2' を除算することで信号を抽出する。以上のように、 $MIMO$ 多重分離部 b_{216} は、各ストリームの信号を抽出する。 $MIMO$ 多重分離部 b_{216} は、抽出した信号を、受信アンテナ b_{111-1} 、 b_{111-2} 毎にそれぞれ剰余判定部 b_{117-1} 、 b_{117-2} に出力する。

[0114] このように、本実施形態では、基地局装置 a_1 は、複数の端末装置 B_n 宛の信号を空間多重するためのプレコーディングを、複数のプレコーディング (BD 、 $BT-THP$) から選択し、選択したプレコーディングを行った信号を送信する。これにより、通信システムは、受信品質が異なることとなる複数のプレコーディングからプレコーディングを選択でき、複数の端末装置 B_n における受信品質を柔軟に制御できる。

本実施形態のように、 $MU-MIMO$ システムにおいて、複数のプレコーディング手段を備え、それらの中からプレコーディング手段を選択して用いることにより、各種プレコーディング手段の特徴を生かした $MU-MIMO$ 伝送が実現でき、伝送特性を向上させることが可能である。特に、空間多重の対象となる端末の組み合わせに応じてプレコーディング手段を選択することにより、状況に応じた適切なプレコーディング手段を選択することができる。

[0115] なお、本実施形態では、 $MIMO$ 多重分離部 b_{216} が行列 $U_{n,n}$ 、行列 U_1 又は行列 U_2' を算出する場合について説明したが、本発明はこれに限られない。例えば、基地局装置 a_2 がこれらの行列を算出し、算出した行列の情報を端末装置 b_2 に送信してもよい。この場合、端末装置 b_2 の $MIMO$ 多重分離部 b_{216} は、受信した行列の情報をを用いて信号を抽出する。また、 $MIMO$ 多重分離部 b_{216} は他の処理で信号を抽出してもよい。例えば、他の各端末装置における2つの受信信号を $MMSE$ (Minimum Me

an Square Error) やMLD (Maximum Likelihood Detection) で分離してもよい。

また、本実施形態では、剰余判定部 b 1 1 7-1、b 1 1 7-2 は、剰余演算情報に応じて出力先を選択するが、プレコーディング情報、及び端末装置 B 1 であるか又は B 2 であるかを示す情報に応じて出力先を選択してもよい。例えば、プレコーディング情報が B T-T H P であり、かつ、端末装置 B 2 である場合には、剰余判定部 b 1 1 7-1、b 1 1 7-2 は、それぞれ、Modulo 演算部 b 1 1 8-1、b 1 1 8-2 に出力し、この場合以外は、復調部 b 1 1 9-1、b 1 1 9-2 に出力する。

[0116] なお、本実施形態では、2つの端末装置の場合のフィルタ算出部の処理を説明した。しかし、本発明はこれに限らず、2つ以上の端末装置であってもよい。以下ではこの場合のフィルタ算出部の処理の一例について説明する。フィルタ算出部 a 2 4-1 2 は、以下の処理を行う。

n 番目の端末装置 B n 以外の伝搬路行列を $H_n \sim$ (チルダ) とすると、次式で表すことができる。

[0117] [数21]

$$\tilde{H}_n = \left[H_1^T, H_2^T, \dots, H_{n-1}^T H_{n+1}^T, \dots, H_N^T \right]^T \quad \dots (26)$$

[0118] 式 (26) を特異値分解すると、次式のようになる。

[0119] [数22]

$$\begin{aligned} \tilde{H}_n &= \tilde{U}_n \tilde{D}_n \tilde{V}_n^H \\ &= \tilde{U}_n \tilde{D}_n \left[\tilde{V}_n', \hat{V}_n \right]^H \quad \dots (27) \end{aligned}$$

[0120] 式 (27) において、左特異ベクトル $U_n \sim$ は端末装置側のユニタリ行列、 $D_n \sim$ は対角行列 (特異値)、右特異ベクトル $V_n \sim^H$ は基地局装置側のユニタリ行列を表している。また、 $V_n \sim^H$ は K 行 K 列の行列である。このとき、n 番目の端末装置に対して他の端末装置からの信号が届かないようにするためのフィルタ係数を $V_n^{\wedge}$ (ハット) と定義すると、 $V_n^{\wedge}$ は、 $V_n^{\wedge^H}$ のうち右側の J_n (n 番目の端末装置の受信アンテナ数) 列を抽出した行列となる。

したがって、BDにおけるブロック対角化のためのフィルタ係数を M' とすると、次式(28)のように表すことができる。

[0121] [数23]

$$M' = [\hat{V}_1, \hat{V}_2, \dots, \hat{V}_n, \dots, \hat{V}_N] \quad \dots (28)$$

[0122] ここで、基地局装置において送信信号に式(28)のプレコーディングを行って送信し、伝搬路を通ると、端末装置側から見ると伝搬路行列Hに行列 M' を乗算された伝搬路と等価な伝搬路となる。このとき各端末装置におけるS U - M I M O伝搬路をそれぞれ HM_n' とおき、それぞれについて次式のように、特異値分解する。

[0123] [数24]

$$HM_n' = U_n D_n V_n^H \quad \dots (29)$$

[0124] フィルタ算出部a24-12は、フィルタ係数Mを、次式(30)によって算出する。

[0125] [数25]

$$M = [\hat{V}_1 V_1, \hat{V}_2 V_2, \dots, \hat{V}_n V_n, \dots, \hat{V}_N V_N] \quad \dots (30)$$

[0126] 一方、フィルタ算出部a24-22は、以下の処理を行う。BT-THPにおけるブロック三角化のためのフィルタ係数を M' とすると、次式(31)のように表すことができる。

[0127] [数26]

$$M' = V_{N-1}' \dots V_2' V_1' \quad \dots (31)$$

[0128] このとき、 V_n' は次式(32)のように算出する。

[0129]

[数27]

$$\left. \begin{aligned}
 & n = N \text{ のとき} \\
 & \mathbf{H}_N = \mathbf{H} \\
 & = \begin{bmatrix} \underbrace{\mathbf{B}_{N-1}^T}_{\sum_{k=1}^{N-1} J_k} , & \underbrace{\tilde{\mathbf{B}}_{N-1}^T}_{K - \sum_{k=1}^{N-1} J_k} \end{bmatrix}^T \\
 & \mathbf{B}_{N-1} = \mathbf{U}_{N-1}' \mathbf{D}_{N-1}' \mathbf{V}_{N-1}'^H \\
 \\
 & n \neq N \text{ のとき} \\
 & \mathbf{H}_n = \mathbf{H}_{n+1} \mathbf{V}_n' \\
 & = \begin{bmatrix} \underbrace{\mathbf{B}_{n-1}^T}_{\sum_{k=1}^{n-1} J_k} , & \underbrace{\tilde{\mathbf{B}}_{n-1}^T}_{K - \sum_{k=1}^{n-1} J_k} \end{bmatrix}^T \\
 & \mathbf{B}_{n-1} = \mathbf{U}_{n-1}' \mathbf{D}_{n-1}' \mathbf{V}_{n-1}'^H
 \end{aligned} \right\} \dots (32)$$

[0130] 式(32)において、 n は N 、 $N-1$ 、 $\dots$ 、 2 の順にそれぞれの $\mathbf{V}_n'$ を算出する。ここで、 $\mathbf{H}_n$ のうちブロック三角化するために抽出する伝搬路行列を $\mathbf{B}_n^T$ 、残りの伝搬路行列を $\mathbf{B}_n \sim$ （チルダ） T と定義する。この $\mathbf{B}_n$ を特異値分解することによって式(31)の $\mathbf{V}_n'$ を得る。

ここで、基地局装置a2において送信信号に式(31)のプレコーディングを行って送信し、伝搬路を通ると、端末装置 B_n 側から見ると伝搬路行列 $\mathbf{H}$ に右から行列 $\mathbf{M}'$ を乗算された伝搬路と等価な伝搬路となる。このとき $\mathbf{H}\mathbf{M}'$ はブロック三角化された伝搬路行列となる。ここで、各送信アンテナと

各端末装置 B_n で構成される伝搬路行列を抽出する。この抽出された伝搬路行列は、対角成分に配置された基地局装置 a_2 と各端末装置 B_n のシングルユーザ MIMO 伝搬路行列、例えば、式 (25) の例では、 A_{11} 、 A_{12} 、 A_{21} 、 A_{22} 、 A_{33} 、 A_{34} 、 A_{43} 、 A_{44} の成分以外をゼロに置き換えた行列を表している。この行列を A とし、各端末装置 B_n における S U-MIMO 伝搬路をそれぞれ A_n' とおくと、次式 (33) のようになる。

[0131] [数28]

$$A = \begin{bmatrix} A_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & A_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & A_N \end{bmatrix} \quad \dots (33)$$

[0132] ここで、 A_n' について次式のように特異値分解すると、 n 番目の端末装置 B_n の伝搬路に乗算されるプレコーディング行列 V_n は、次式で (34) で表される。

[0133] [数29]

$$A_n = U_n D_n V_n^H \quad \dots (34)$$

[0134] フィルタ算出部 a_{24-22} は、フィルタ係数 M を、次式 (35) によって算出する。

[0135] [数30]

$$M = \begin{bmatrix} V_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & V_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & V_N \end{bmatrix} \quad \dots (35)$$

[0136] なお、上記各実施形態において、基地局装置 a_1 、 a_2 は、フレーム単位の受信品質情報を端末装置 B_n から受信してもよい。ただし、この場合、基地局装置 a_1 は、プレコーディングの選択を、フレーム毎に行ってもよいし、より短い又は長い時間間隔で行ってもよい。この場合、例えば、基地局装

置 a 1、a 2 は、端末装置 B n の識別情報の組合せと、受信品質情報に基づいて予め選択したプレコーディングを示す情報と、を記憶する。基地局装置 a 1、a 2 は、記憶する情報に基づいて、プレコーディングを選択する。基地局装置 a 1、a 2 は、予め定めた期間の経過後、受信品質情報に基づいてプレコーディングを選択し、端末装置 B n の識別情報の組合せと、選択したプレコーディングを示す情報と、を記憶することを繰り返す。また、プレコーディングを選択に用いる期間は、予め定めた期間でなくともよく、例えば、端末装置 B n の移動速度に応じて期間を決定してもよい。具体的には、端末装置 B n の移動速度が大きいほど期間は短く、端末装置 B n の移動速度が小さいほど期間は長くしてもよい。

[0137] また、上記各実施形態において、通信システムは、通信を中継するリレー局装置を備えてもよい。例えば、基地局装置 a 1、a 2 とリレー局装置との距離が同程度であり、リレー局装置各々での受信品質の差が閾値より小さいと予め判定できるときは、基地局装置 a 1、a 2 は、リレー局装置を中継する場合にはプレコーディングを Z F - T H P に決定してもよい。

[0138] なお、上記実施形態において、基地局装置 a 1、a 2 は、受信品質の差に代えて受信品質の比を用いてもよく、受信品質の比が「1」±閾値の範囲内にあるか否かで判定してもよい。

また、上記実施形態において、基地局装置 a 1、a 2 は、受信品質の差に受信品質の最大値と最小値の差を用いるが、本発明はこれに限らず、s 番目（例えば、2 番目）に大きい閾値と t 番目（例えば 3 番目）に小さい閾値との差を用いてもよい。

[0139] また、上記実施形態の通信システムは、シングルキャリア伝送を行う通信システムであってもよいし、マルチキャリア伝送を行う通信システムであってもよい。マルチキャリア伝送システムへの適用は、サブキャリア毎または幾つかのサブキャリアをグループ化した単位でフィルタ等を算出することにより、実現できる。このような場合には、パイロット信号を周波数領域で直交化することも可能となる。

さらに、本発明は、ある周波数帯域を幾つかのサブチャネルに分割し、各サブチャネルを複数の端末に割り当てて通信を行うようなシステムにも適用可能である。これは、例えば、端末 1～4 まではサブチャネル 1 を、端末 5、6 はサブチャネル 2 を用いるといったシステムであり、このような場合に、サブチャネル毎に本発明による空間多重を施した伝送を行うことにより、複数サブチャネルを有するシステムにおいても複数の端末宛の伝送を効率良く行うことが可能となる。但し、このように複数のサブチャネルを用いる場合には、各端末へ割り当てるサブチャネルを特定する情報を基地局装置から各端末装置へ通知する必要がある、各端末装置は基地局装置から通知されるその情報を基に、自身宛の信号が多重されているサブチャネルを把握し、自身宛の信号を復調することとなる。

[0140] なお、上述した実施形態における基地局装置 a 1、a 2 及び端末装置 b 1、b 2 の一部、例えば、受信品質取得部 a 1 2 2、プレコーディング決定部 1 2 3、a 2 2 3、演算順序選択部 a 1 4 1、フィルタ算出部 a 1 4 2、a 2 4 - 1 2、a 2 4 - 2 2、干渉算出部 a 1 4 3、減算部 a 1 4 4 - 2 ~ a 1 4 4 - N、Modulo 演算部 a 1 4 5 - 2 ~ a 1 4 5 - N、フィルタ乗算部 a 1 4 6、a 2 4 6、及びプレコーディング選択部 a 2 4 0 をコンピュータで実現するようにしても良い。その場合、この制御機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することによって実現しても良い。なお、ここでいう「コンピュータシステム」とは、基地局装置 a 1、a 2 又は端末装置 b 1、b 2 に内蔵されたコンピュータシステムであって、OS や周辺機器等のハードウェアを含むものとする。また、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、ROM、CD-ROM 等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことをいう。さらに「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、インターネット等のネットワークや電話回線等の通信回線を介してプログラムを送信する場合の通信線

のように、短時間、動的にプログラムを保持するもの、その場合のサーバやクライアントとなるコンピュータシステム内部の揮発性メモリのように、一定時間プログラムを保持しているものも含んでも良い。また上記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであっても良く、さらに前述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるものであっても良い。

また、上述した実施形態における基地局装置 a 1、a 2 及び端末装置 b 1、b 2 の一部、または全部を、LSI (Large Scale Integration) 等の集積回路として実現しても良い。基地局装置 a 1、a 2 及び端末装置 b 1、b 2 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良い。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ても良い。

[0141] 以上、図面を参照してこの発明の一実施形態について詳しく説明してきたが、具体的な構成は上述のものに限られることはなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲内において様々な設計変更等を行うことが可能である。

産業上の利用可能性

[0142] 本発明は、携帯電話を移動局装置とする無線通信システムである移動体通信システムに用いて好適であるが、これに限定されない。

符号の説明

[0143] a 1、a 2・・・基地局装置、B 1～4、b 1、b 2・・・端末装置、a 1 1 1・・・受信アンテナ、a 1 1 2・・・無線部、a 1 2、a 2 2・・・上位層部、a 1 3 1-1～a 1 3 1-N・・・符号化部、a 1 3 2-1～a 1 3 2-N・・・変調部、a 1 4、a 2 4・・・多重信号生成部、a 1 5 1・・・第 2 の参照信号生成部、a 1 5 2・・・第 1 の参照信号生成部、a 1 5 3・・・フィルタ乗算部、a 1 5 4・・・信号多重部、a 1 5 5-1～a 1 5 5-K・・・無線部、a 1 6 1～a 1 6 K・・・送信アンテナ、a 1 2

1・・・アプリケーション部、a 1 2 2・・・受信品質取得部、a 1 2 3、
a 2 2 3・・・プレコーディング決定部、a 1 4 1・・・演算順序選択部、
a 1 4 2・・・フィルタ算出部、a 1 4 3・・・干渉算出部、a 1 4 4-2
～a 1 4 4-N・・・減算部、a 1 4 5-2～a 1 4 5-N・・・Modu
l o演算部、a 1 4 6、a 2 4 6・・・フィルタ乗算部、a 2 4 0・・・プ
レコーディング選択部、a 2 4-1・・・第1のプレコーディング部、a 2
4-2・・・第2のプレコーディング部、B 1 1～B 4 1、b 1 1 1、b 1
1 1-1、b 1 1 1-2・・・受信アンテナ、b 1 1 2、b 1 1 2-1、b
1 1 2-2・・・無線部、b 1 1 3、b 2 1 3-1、b 2 1 3-2・・・信
号分離部、b 1 1 4、b 1 1 4-1、b 1 1 4-2・・・制御信号処理部、
b 1 1 5・・・伝搬路推定部、b 1 1 6・・・伝搬路補償部、b 1 1 7、b
1 1 7-1、b 1 1 7-2・・・剰余判定部、b 1 1 8、b 1 1 8-1、b
1 1 8-2・・・Modu l o演算部、b 1 1 9、b 1 1 9-1、b 1 1 9
-2・・・復調部、b 1 2 0、b 1 2 0-1、b 1 2 0-2・・・復号部、
b 1 2 1・・・上位層部、b 1 2 2・・・無線部、b 1 2 3・・・送信アン
テナ、b 2 2 4・・・係数推定部、b 2 1 6・・・MIMO多重分離部

請求の範囲

- [請求項1] 複数の受信装置と、前記複数の受信装置宛の信号を空間多重して送信する送信装置と、を具備する通信システムにおいて、
- 前記送信装置は、前記複数の受信装置宛の信号を空間多重するためのプレコーディングを、複数のプレコーディングから選択し、選択したプレコーディングにより空間多重を行った信号を送信することを特徴とする通信システム。
- [請求項2] 前記複数のプレコーディングのうち少なくとも1つは、非線形演算に基づくプレコーディングであることを特徴とする請求項1に記載の通信システム。
- [請求項3] 前記送信装置は、選択したプレコーディングを示すプレコーディング情報を前記受信装置に送信し、
- 前記受信装置は、前記送信装置が送信したプレコーディング情報に基づいて、前記送信装置が送信した信号を復調することを特徴とする請求項1又は2に記載の通信システム。
- [請求項4] 前記送信装置は、前記複数の受信装置に関する情報に基づいて、複数のプレコーディングから選択することを特徴とする請求項1から請求項3のいずれか一項に記載の通信システム。
- [請求項5] 前記送信装置は、前記複数の受信装置での受信品質に関する情報に基づいて、複数のプレコーディングから選択することを特徴とする請求項4に記載の通信システム。
- [請求項6] 前記送信装置は、前記複数の受信装置での受信品質の差に基づいて、複数のプレコーディングから選択することを特徴とする請求項5に記載の通信システム。
- [請求項7] 前記複数のプレコーディングのうち第1のプレコーディングは、前記複数の受信装置宛の信号各々に同じ値が乗算される又は値が乗算されないものであり、
- 前記送信装置は、前記複数の受信装置での受信品質の差が予め定め

た値より小さい場合には、前記第 1 の符号化を選択することを特徴とする請求項 6 に記載の通信システム。

[請求項 8] 前記複数のプレコーディングのうち第 2 のプレコーディングは、前記複数の受信装置宛の信号各々に異なる値が乗算されるものであり、
前記送信装置は、前記複数の受信装置での受信品質の差が予め定めた値より大きい場合には、前記第 2 の符号化を選択することを特徴とする請求項 6 又は 7 に記載の通信システム。

[請求項 9] 前記送信装置は、受信品質が低い受信装置の信号に対して、大きな値が乗算されるように、前記第 2 の符号化を行うことを特徴とする請求項 8 に記載の通信システム。

[請求項 10] 複数の受信装置宛の信号を空間多重して送信する送信装置において、
前記複数の受信装置宛の信号を空間多重するためのプレコーディングを、複数のプレコーディングから選択し、選択したプレコーディングを行った信号を送信することを特徴とする送信装置。

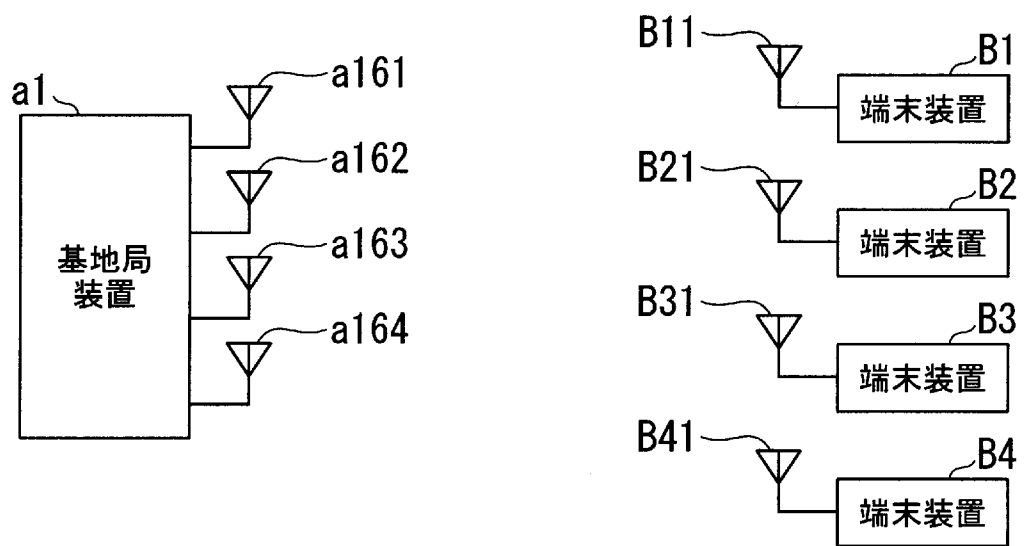
[請求項 11] 複数の受信装置宛の信号を空間多重して送信する送信装置における送信制御方法において、
前記送信装置が、前記複数の受信装置宛の信号を空間多重するためのプレコーディングを、複数のプレコーディングから選択し、選択したプレコーディングを行った信号を送信する過程を有することを特徴とする送信制御方法。

[請求項 12] 複数の受信装置宛の信号を空間多重して送信する送信装置のコンピュータに、
前記複数の受信装置宛の信号を空間多重するためのプレコーディングを、複数のプレコーディングから選択し、選択したプレコーディングを行った信号を送信する手順を実行させるための送信制御プログラム。

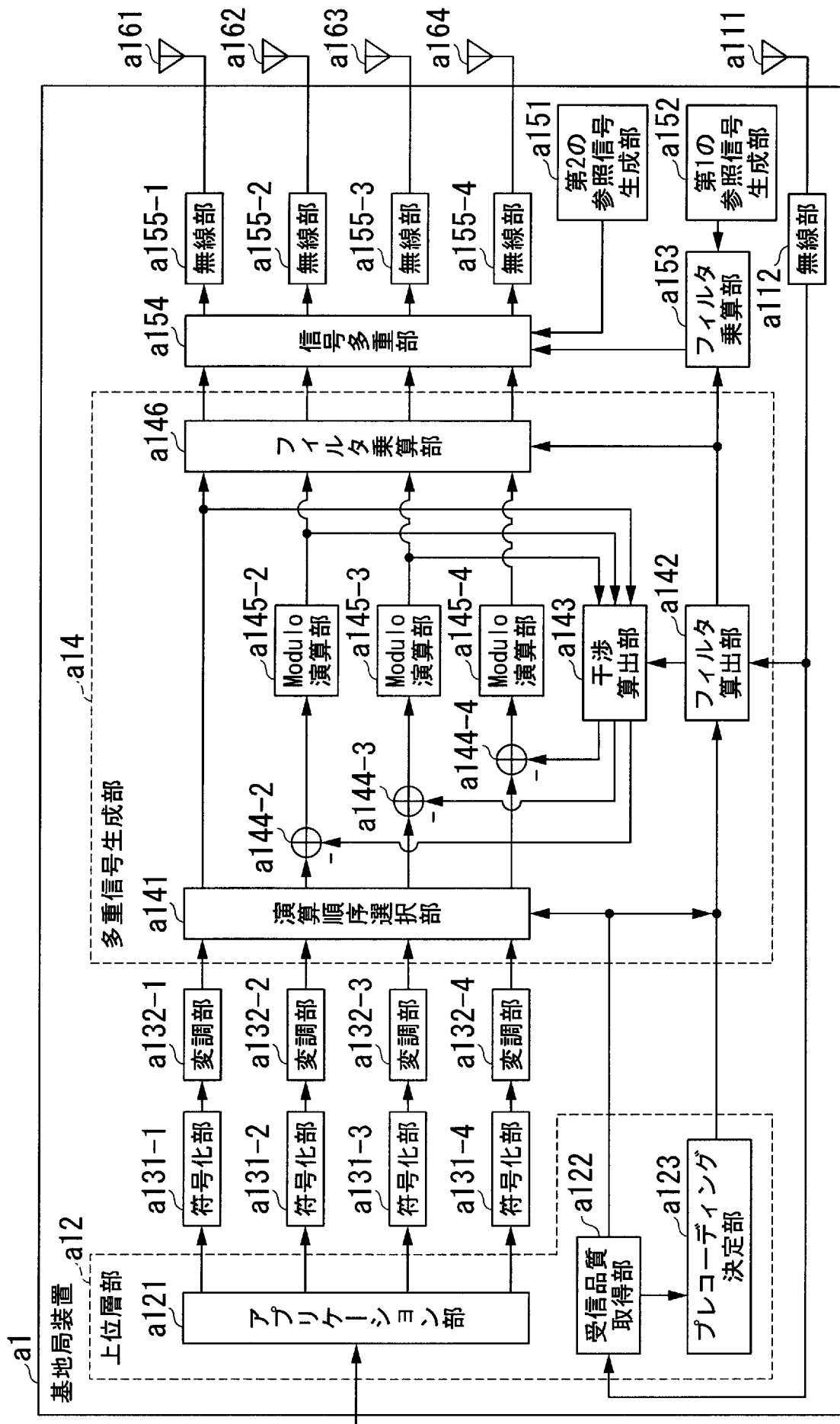
[請求項 13] 複数の受信装置宛の信号を空間多重するためのプレコーディングを

、複数のプレコーディングから選択するプロセッサ。

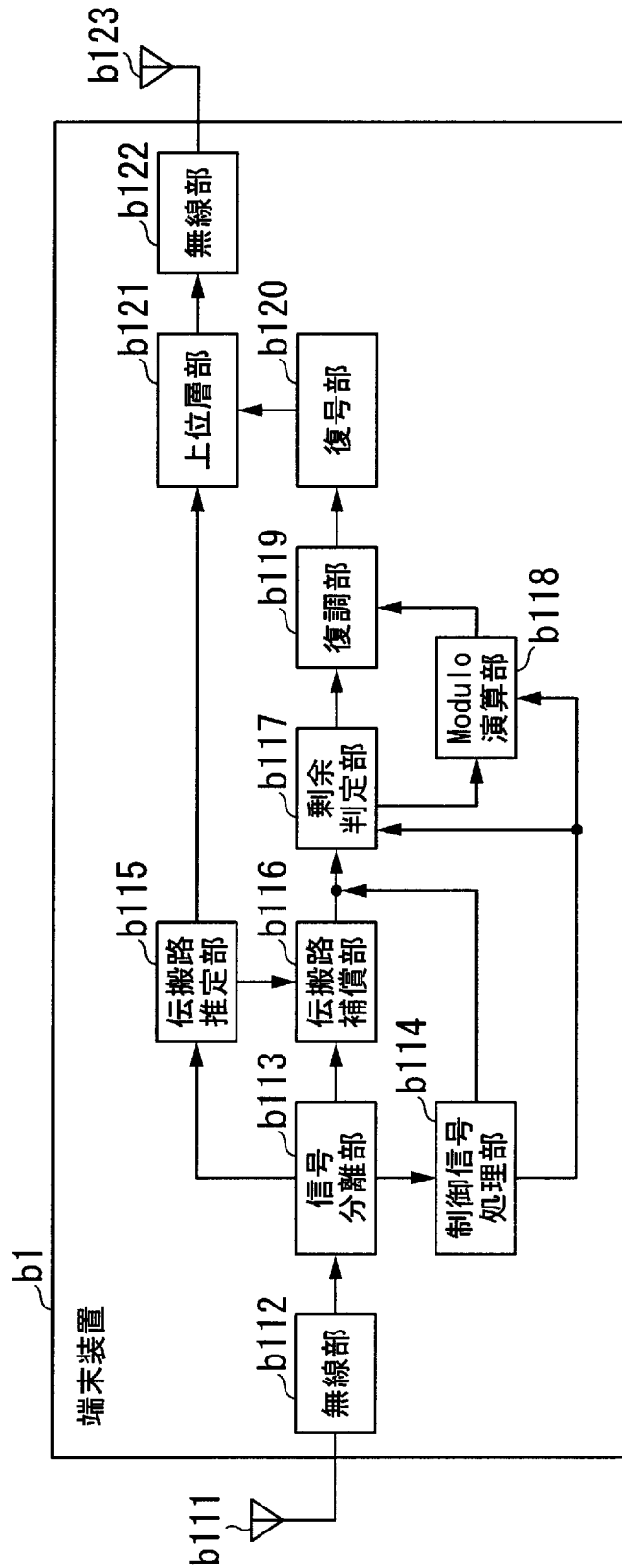
[图1]



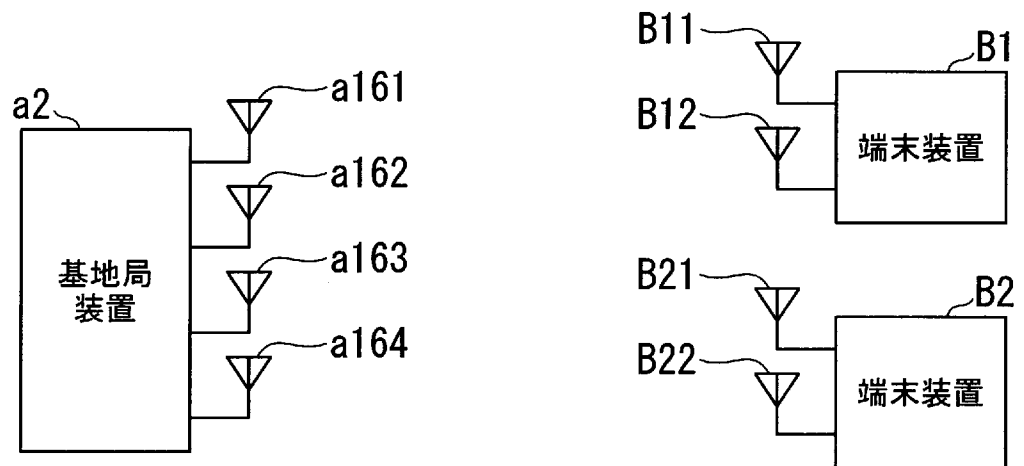
[図2]



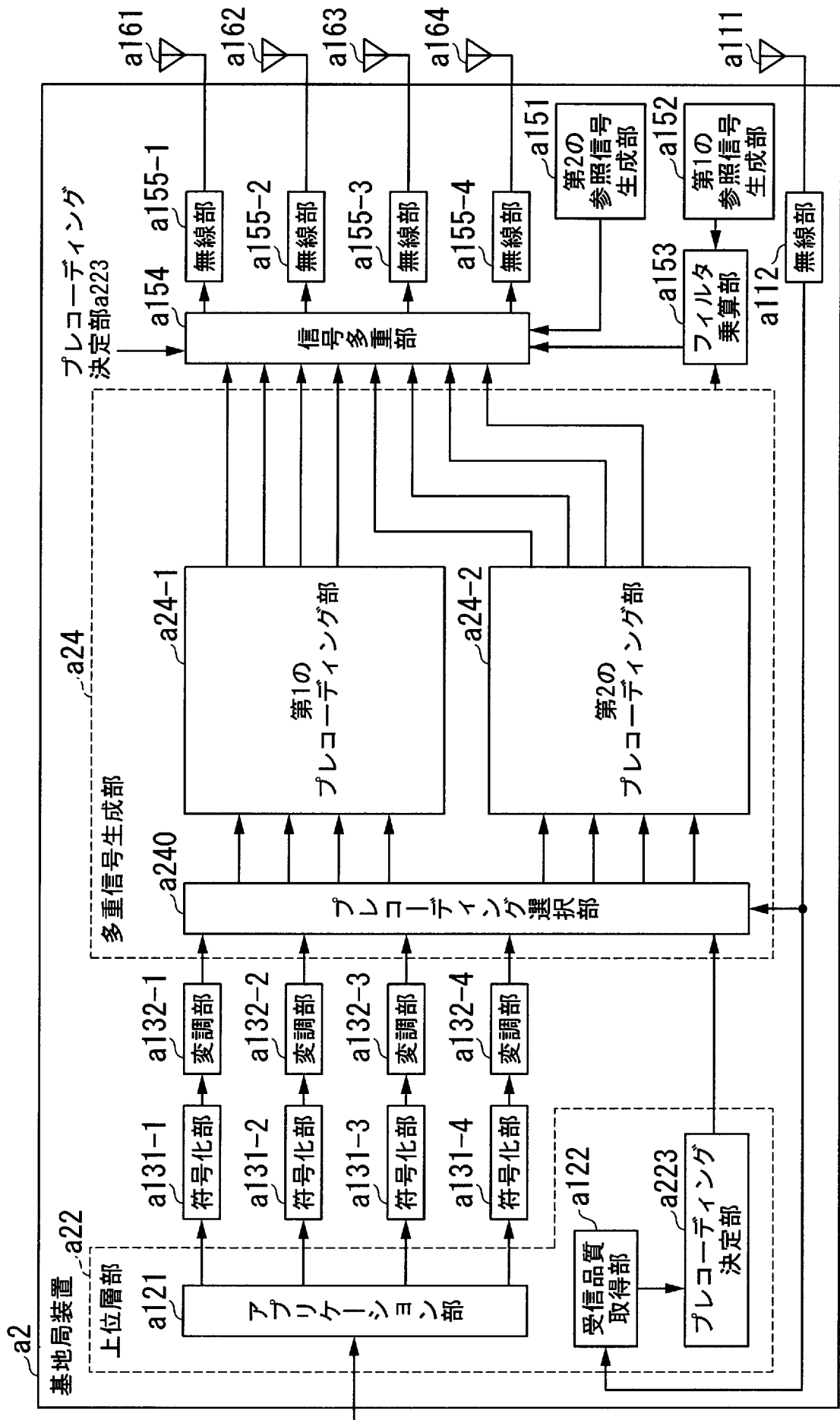
[図3]



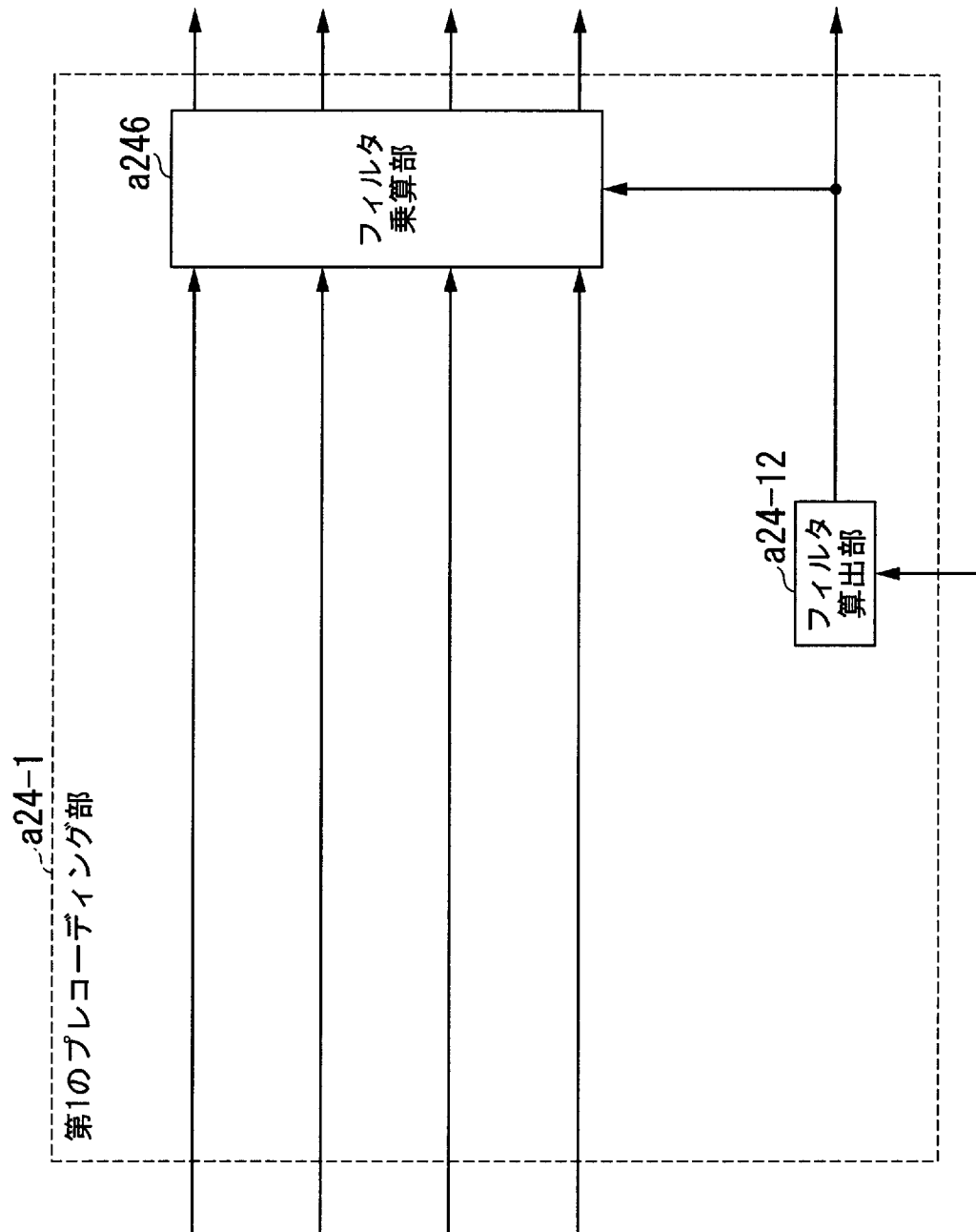
[图4]



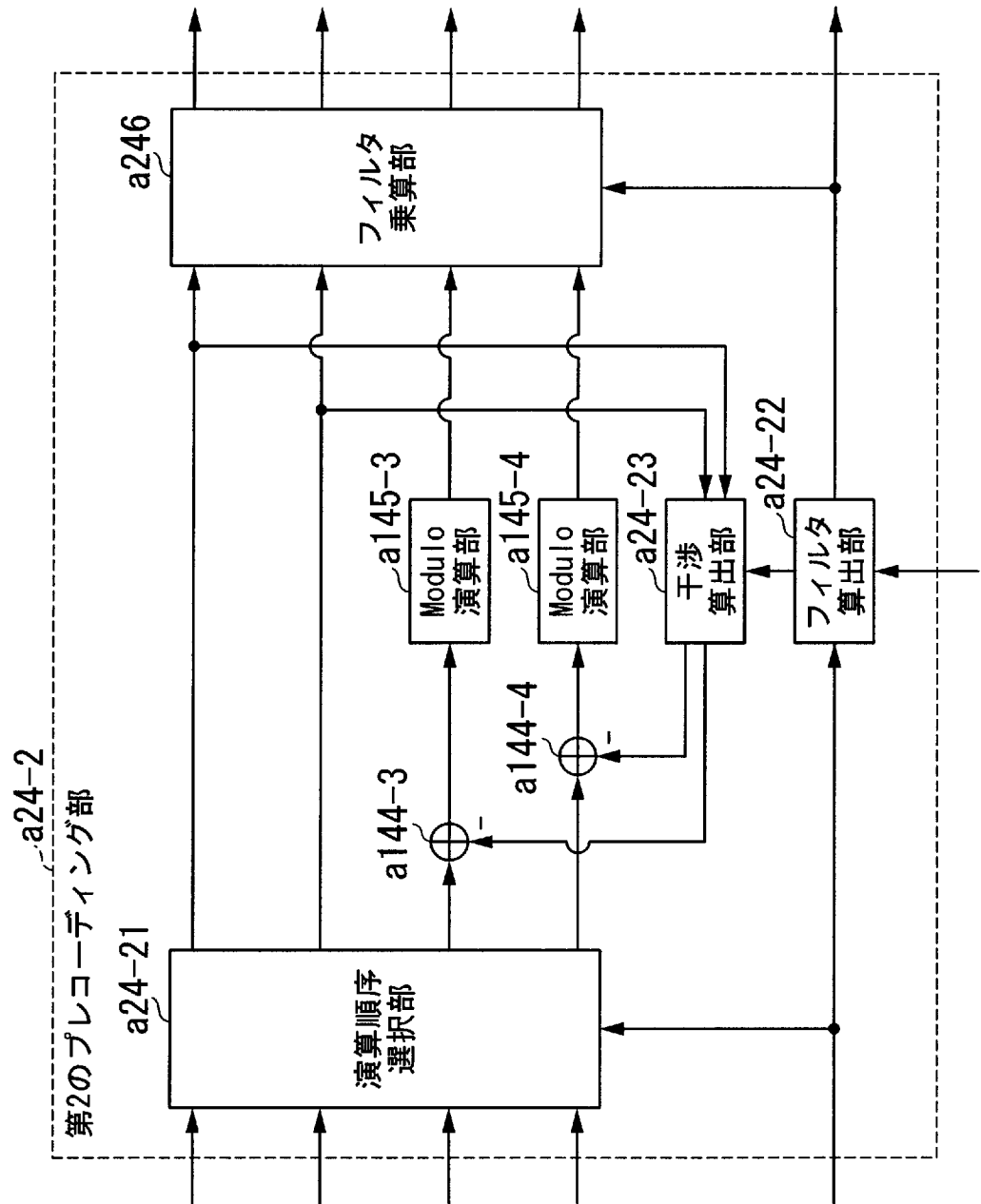
[図5]



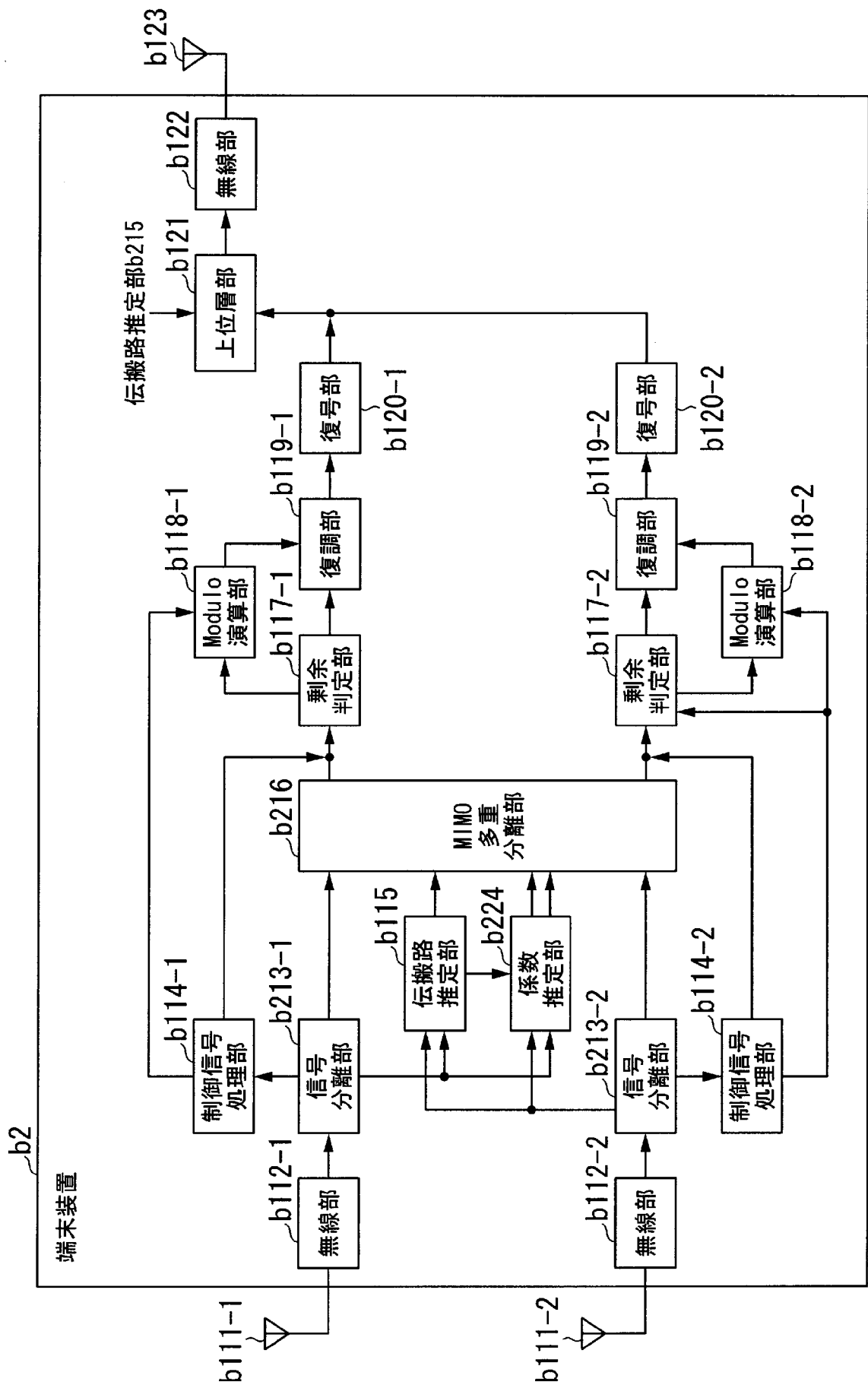
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/061535

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04J99/00 (2009.01) i, H04B7/04 (2006.01) 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

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)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	Hiroshi NAKANO et al., "Adaptive THP Scheme Control for Downlink MU-MIMO Systems", IEICE Technical Report, vol.109, no.440, 24 February 2010 (24.02.2010), RCS2009-293	1-5, 10-13 6-9
A	Hitachi Ltd., Downlink CoMP Transmission using DPC MIMO, 3GPP TSG RAN WG1 #56 R1-090601, 2009.02.09	1-13

☐ 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
21 July, 2011 (21.07.11)

Date of mailing of the international search report
02 August, 2011 (02.08.11)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

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

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

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

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 A	中野 博史 他, 送信方法を適応的に制御するダウンリンク MU-MIMO THP に関する提案, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.109, No.440, 2010.02.24, RCS2009-293	1-5, 10-13 6-9
A	Hitachi Ltd., Downlink CoMP Transmission using DPC MIMO, 3GPP TSG RAN WG1 #56 R1-090601, 2009.02.09	1-13

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

2 1 . 0 7 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

0 2 . 0 8 . 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)

福田 正悟

5 K

3 8 6 1

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