(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)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/152186 A1

(51) 国際特許分類:
H04J 99/00 (2009.01) *H04W 16/28* (2009.01)
H04B 7/04 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2011/061035

(22) 国際出願日: 2011 年 5 月 13 日(13.05.2011)

(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 2010-125305 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２２番２２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): 留場 宏道 (TOMEBA Hiromichi). 窪田 稔 (KUBOTA Minoru). 小野寺 毅 (ONODERA Takashi). 藤 晋平 (TO Shimpei). 平田 梢 (HIRATA Kozue). 中野 博史 (NAKANO Hiroshi).

(74) 代理人: 福地 武雄 (FUKUCHI Takeo); 〒1500031 東京都渋谷区桜丘町３番１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), 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, 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**: TRANSMITTER APPARATUS, RECEIVER APPARATUS, WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM, CONTROL PROGRAM AND INTEGRATED CIRCUIT

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

[図2]

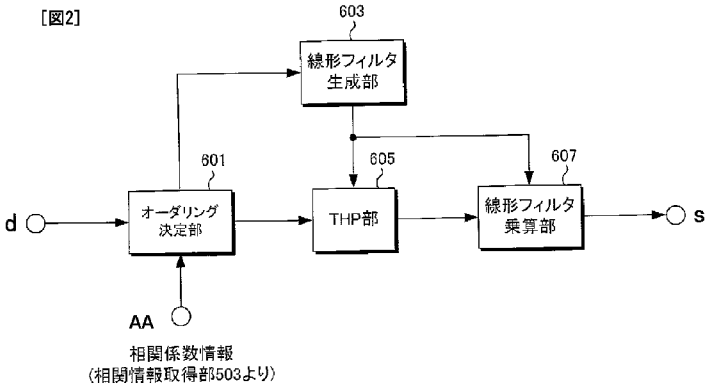


FIG. 2:
601 ORDERING DECIDING UNIT
603 LINEAR FILTER GENERATING UNIT
605 THP UNIT
607 LINEAR FILTER MULTIPLYING UNIT
AA CORRELATION FACTOR INFORMATION (FROM CORRELATION INFORMATION ACQUIRING UNIT 503)

(57) **Abstract**: This invention is directed to achievement of a transmission characteristic that is equivalent to that of MU-MIMO BLAST ZF-THP scheme without increasing the signal processing amount in a base station apparatus in a downlink MU-MIMO transmission system. A plurality of transmission antennas are provided, and transport signals addressed to a plurality of receiver apparatuses are generated on the basis of information indicating a spatial correlation of a propagation path with the receiver apparatuses, then spatially multiplexed in the same radio resource, and then transmitted to the receiver apparatuses. There are included an ordering deciding unit (601) that decides, based on the information indicating the spatial correlation of the propagation path, an order in which the transport signals addressed to the receiver apparatuses are generated; a linear filter generating unit (603) that generates, based on the decided order, a linear filter; a THP unit (605) that uses the decided order and the linear filter to perform a THP process; and a linear filter multiplying unit (607) that multiplies an output of the THP unit (605) by the linear filter.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2011/152186 A1

下りリンクＭＵ－ＭＩＭＯ伝送システムにおいて、基地局装置における信号処理量を増加させることなく、ＭＵ－ＭＩＭＯ　ＢＬＡＳＴ　ＺＦ－ＴＨＰ方式と同等の伝送特性を実現する。複数の送信アンテナを備え、複数の受信装置との間の伝搬路の空間相関を示す情報に基づいて、各受信装置宛ての送信信号を生成し、生成した各送信信号を同一の無線リソースに空間多重して、各受信装置に対して送信する。伝搬路の空間相関を示す情報に基づいて各受信装置宛ての送信信号を生成する順番を決定するオーダリング決定部６０１と、決定された順番に基づいて線形フィルタを生成する線形フィルタ生成部６０３と、決定された順番および線形フィルタを用いて、ＴＨＰ処理を行なうＴＨＰ部６０５と、ＴＨＰ部６０５の出力に線形フィルタを乗算する線形フィルタ乗算部６０７と、を備える。

明　細　書

発明の名称 ：

送信装置、受信装置、無線通信システム、制御プログラムおよび集積回路

技術分野

[0001] 本発明は、移動通信技術に関し、特に、下りリンクＭＵ－ＭＩＭＯ伝送システムにおいて、基地局装置における信号処理量を増加させることなく、高い伝送特性を実現する技術に関する。

背景技術

[0002] 第３．９世代無線伝送方式として３rd Ｇｅｎｅｒａｔｉｏｎ Ｐａｒｔｎｅｒｓｈｉｐ Ｐｒｏｊｅｃｔ（3GPP）において標準化が進められたＬｏｎｇ Ｔｅｒｍ Ｅｖｏｌｕｔｉｏｎ（LTE）では、第３世代無線伝送方式からの大幅な周波数利用効率の改善のために、複数の送受信アンテナを用いて無線伝送を行なうＭｕｉｔｉｐｌｅ Ｉｎｐｕｔ Ｍｕｌｔｉｐｌｅ Ｏｕｔｐｕｔ（MIMO）技術が仕様化された。ＭＩＭＯ技術の一つである空間多重（SDM）技術により、周波数帯域幅を拡大することなく、伝送速度の向上が実現できる。また、現在、第４世代無線伝送方式の有力候補としてＬＴＥ－Ａｄｖａｎｃｅｄ（LTE-A）が提案され、その標準化活動が活発に行なわれている。ＬＴＥ－Ａでは下りリンク（基地局装置→移動局装置）伝送のピーク伝送速度１Ｇｂｐｓ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移動局装置とのＭＩＭＯ伝送である。

[0003] しかし、移動局装置に配置できる受信アンテナ数には限りがある。そこで、同時アクセスする複数移動局装置が仮想的な大規模アンテナアレーを形成し、基地局装置から各移動局装置への送信信号を空間多重させるマルチユーザＭＩＭＯ（MU-MIMO）の採用が周波数利用効率の改善に必須と考えられている。既にＬＴＥにおいてもＭＵ－ＭＩＭＯは仕様化されているが、ＬＴＥで

採用されているＭＵ－ＭＩＭＯは、線形フィルタを基地局装置にて乗算するビームフォーミングと呼ばれる方式である。この場合、空間多重されるユーザ同士の送信信号が直交するようなユーザ同士の空間多重しか行なうことが出来ないため、周波数利用効率の改善には限界がある。

[0004] 最近、非線形処理を基地局装置側で行なうＭＵ－ＭＩＭＯ技術が注目を集めており、特に非特許文献１にあるようなＴｏｍｌｉｎｓｏｎ　Ｈａｒａｓｈｉｍａ　Ｐｒｅｃｏｄｉｎｇ（THP）と呼ばれる非線形干渉抑圧技術を用いるＭＵ－ＭＩＭＯ　ＴＨＰ技術の検討が盛んである。ＭＵ－ＭＩＭＯ　ＴＨＰでは、基地局装置が、各移動局装置宛の所望信号からその移動局装置が受ける干渉を予め減算した後、モジュロ（Modulo）演算を施してから送信する方法である。Ｍｏｄｕｌｏ演算を行なうことで、干渉減算後の信号の発散を防ぐことができ、送信電力の増加を抑制することができる。移動局装置は、それぞれの受信信号に対して再びＭｏｄｕｌｏ演算を行なうことで、干渉が除去された所望信号を検出できる。

[0005] ＭＵ－ＭＩＭＯ　ＴＨＰではＭｏｄｕｌｏ演算により送信電力の発散を抑えつつ、ユーザ間干渉（IUI）を抑圧できるから、優れた伝送特性を実現できる。ところで、ＭＵ－ＭＩＭＯ　ＴＨＰでは各端末宛の送信信号を計算する順番を適切に並び替える（このことをオーダリングと呼ぶ）ことにより、大幅な伝送特性の改善が達成できる。オーダリングを行なうＭＵ－ＭＩＭＯ　ＴＨＰ方式として、非特許文献２ではＢＬＡＳＴ　ＺＦ－ＴＨＰ方式が提案されている。

先行技術文献

非特許文献

[0006] 非特許文献1：H. Harashima and H. Miyakawa, “Matched-transmission technique for channels with intersymbol interference,” IEEE Trans. Commun., Vol. 20, No. 4, pp. 774-780, Aug. 1972.

非特許文献2：M. Joham, J. Brehmer, and W Utschick, “MMSE Approaches to Multiuser Spatio-Temporal Tomlinson- Harashima Precoding,” 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

[0007] しかしながら、ＭＵ－ＭＩＭＯ　ＴＨＰでは、送信シンボルに対してオーダリングを行なうことが、周波数利用効率の改善に有効であるが、従来技術であるＭＵ－ＭＩＭＯ　ＢＬＡＳＴ　ＺＦ－ＴＨＰ方式では、同時アクセスユーザ数の増加に伴い、基地局装置の信号処理量が大幅に増加してしまうという問題が生ずる。

[0008] 本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、下りリンクＭＵ－ＭＩＭＯ伝送システムにおいて、基地局装置における信号処理量を増加させることなく、ＭＵ－ＭＩＭＯ　ＢＬＡＳＴ　ＺＦ－ＴＨＰ方式と同等の伝送特性を実現することができる送信装置、受信装置、無線通信システム、制御プログラムおよび集積回路を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] （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、本発明の送信装置は、複数の送信アンテナを備え、複数の受信装置に対して無線信号を送信する送信装置であって、前記複数の受信装置との間の伝搬路の空間相関を示す情報に基づいて、前記各受信装置宛ての送信信号を生成し、前記生成した各送信信号を同一の無線リソースに空間多重して、前記各受信装置に対して送信することを特徴としている。

[0010] このように、複数の受信装置との間の伝搬路の空間相関を示す情報に基づいて、各受信装置宛ての送信信号を生成し、生成した各送信信号を同一の無線リソースに空間多重して、各受信装置に対して送信するので、ユーザ数が大幅に増加しても、送信装置における演算量の増加を抑えることが可能となる。その結果、ユーザ数に比例して周波数利用効率が向上し、システム全体の伝送速度を飛躍的に向上させることが可能となる。

[0011] （２）また、本発明の送信装置は、前記伝搬路の空間相関を示す情報に基

づいて前記各受信装置宛ての送信信号を生成する順番を決定するオーダリング決定部と、前記決定された順番に基づいて線形フィルタを生成する線形フィルタ生成部と、前記決定された順番および前記線形フィルタを用いて、ＴＨＰ（Tomlinson Harashima Precoding）処理を行なうＴＨＰ部と、前記ＴＨＰ部の出力に前記線形フィルタを乗算する線形フィルタ乗算部と、を備えることを特徴としている。

[0012] この構成により、ユーザ数が大幅に増加しても、送信装置における演算量の増加を抑えることが可能となる。その結果、ユーザ数に比例して周波数利用効率が向上し、システム全体の伝送速度を飛躍的に向上させることが可能となる。

[0013] （３）また、本発明の送信装置において、前記伝搬路の空間相関を示す情報は、前記複数の送信アンテナ間の相関を示す送信相関係数であることを特徴としている。

[0014] このように、送信相関係数を用いるため、従来のように繰り返し処理を必要とせず、演算量を削減することが可能となる。その結果、ユーザ数に比例して周波数利用効率が向上し、システム全体の伝送速度を飛躍的に向上させることが可能となる。

[0015] （４）また、本発明の送信装置において、前記送信相関係数は、前記複数の受信装置から通知された情報、または自装置で推定した情報の少なくとも一方に基づいて取得されることを特徴としている。

[0016] このように、送信相関係数は、前記複数の受信装置から通知された情報、または自装置で推定した情報の少なくとも一方に基づいて取得されるので、従来のように繰り返し処理を必要とせず、演算量を削減することが可能となる。その結果、ユーザ数に比例して周波数利用効率が向上し、システム全体の伝送速度を飛躍的に向上させることが可能となる。

[0017] （５）また、本発明の送信装置は、前記送信相関係数に関連付けて前記各受信装置宛ての送信信号を生成することを特徴としている。

[0018] このように、送信相関係数に関連付けて前記各受信装置宛ての送信信号を

生成するので、ユーザ数が大幅に増加しても、送信装置における演算量の増加を抑えることが可能となる。その結果、ユーザ数に比例して周波数利用効率が向上し、システム全体の伝送速度を飛躍的に向上させることが可能となる。

[0019] （６）また、本発明の送信装置は、前記送信相関係数が大きい受信装置宛ての送信信号から逐次的に前記各受信装置宛ての送信信号を生成することを特徴としている。

[0020] このように、送信相関係数が大きい受信装置宛ての送信信号から逐次的に前記各受信装置宛ての送信信号を生成するので、ユーザ数が大幅に増加しても、送信装置における演算量の増加を抑えることが可能となる。その結果、ユーザ数に比例して周波数利用効率が向上し、システム全体の伝送速度を飛躍的に向上させることが可能となる。

[0021] （７）また、本発明の送信装置は、前記各受信装置に割り当てられる無線リソースには依存せずに前記各受信装置宛ての送信信号を逐次的に生成することを特徴としている。

[0022] このように、各受信装置に割り当てられる無線リソースには依存せずに前記各受信装置宛ての送信信号を逐次的に生成するので、ユーザ数が大幅に増加しても、送信装置における演算量の増加を抑えることが可能となる。その結果、ユーザ数に比例して周波数利用効率が向上し、システム全体の伝送速度を飛躍的に向上させることが可能となる。

[0023] （８）また、本発明の送信装置は、前記伝搬路の空間相関を示す情報に基づいて前記各受信装置宛ての送信信号を生成する順番を決定することによって、利用するアンテナポートを決定することを特徴としている。

[0024] この構成により、空間相関に基づいて、利用するアンテナポートを制御することが可能となる。

[0025] （９）また、本発明の受信装置は、複数の送信アンテナを備えた送信装置から無線信号を受信する受信装置であって、前記送信装置から無線信号を受信する受信部と、前記受信した無線信号から前記送信装置の各送信アンテナ

の送信相関係数を推定する相関情報推定部と、前記送信相関係数または前記送信相関係数を示す情報を、前記送信装置へ送信する送信部と、を備えることを特徴としている。

[0026] この構成により、ユーザ数が大幅に増加しても、送信装置における演算量の増加を抑えることが可能となる。その結果、ユーザ数に比例して周波数利用効率が向上し、システム全体の伝送速度を飛躍的に向上させることが可能となる。

[0027] （１０）また、本発明の無線通信システムは、上記（１）から（８）のいずれかに記載の送信装置と、上記（９）記載の受信装置と、から構成されることを特徴としている。

[0028] この構成により、ユーザ数が大幅に増加しても、送信装置における演算量の増加を抑えることが可能となる。その結果、ユーザ数に比例して周波数利用効率が向上し、システム全体の伝送速度を飛躍的に向上させることが可能となる。

[0029] （１１）また、本発明の制御プログラムは、複数の送信アンテナを備え、複数の受信装置に対して無線信号を送信する送信装置の制御プログラムであって、前記複数の受信装置との間の伝搬路の空間相関を示す情報に基づいて、前記各受信装置宛ての送信信号を生成する順番を決定する処理と、前記決定された順番に基づいて線形フィルタを生成する処理と、前記決定された順番および前記線形フィルタを用いて行なうＴＨＰ（Tomlinson Harashima Precoding）処理と、前記ＴＨＰ処理後の出力に前記線形フィルタを乗算する処理と、前記決定した順番に基づいて、前記各受信装置宛ての送信信号を生成する処理と、前記生成した各送信信号を同一の無線リソースに空間多重する処理と、前記各送信信号を、前記各受信装置に対して送信する処理と、の一連の処理を、コンピュータに読み取り可能および実行可能にコマンド化したことを特徴としている。

[0030] このように、複数の受信装置との間の伝搬路の空間相関を示す情報に基づいて、各受信装置宛ての送信信号を生成し、生成した各送信信号を同一の無

線リソースに空間多重して、各受信装置に対して送信するので、ユーザ数が大幅に増加しても、送信装置における演算量の増加を抑えることが可能となる。その結果、ユーザ数に比例して周波数利用効率が向上し、システム全体の伝送速度を飛躍的に向上させることが可能となる。

[0031] （１２）また、本発明の集積回路は、送信装置に実装されることによって、前記送信装置に複数の機能を発揮させる集積回路であって、複数の送信アンテナを用いて、複数の受信装置に対して無線信号を送信する機能と、前記複数の受信装置との間の伝搬路の空間相関を示す情報に基づいて、前記各受信装置宛ての送信信号を生成する順番を決定する機能と、前記決定された順番に基づいて線形フィルタを生成する機能と、前記決定された順番および前記線形フィルタを用いて、ＴＨＰ（Tomlinson Harashima Precoding）処理を行なう機能と、前記ＴＨＰ処理後の出力に前記線形フィルタを乗算する機能と、前記決定した順番に基づいて、前記各受信装置宛ての送信信号を生成する機能と、前記生成した各送信信号を同一の無線リソースに空間多重する機能と、前記各送信信号を、前記各受信装置に対して送信する機能と、を含む一連の機能を、前記送信装置に発揮させることを特徴としている。

[0032] このように、複数の受信装置との間の伝搬路の空間相関を示す情報に基づいて、各受信装置宛ての送信信号を生成し、生成した各送信信号を同一の無線リソースに空間多重して、各受信装置に対して送信するので、ユーザ数が大幅に増加しても、送信装置における演算量の増加を抑えることが可能となる。その結果、ユーザ数に比例して周波数利用効率が向上し、システム全体の伝送速度を飛躍的に向上させることが可能となる。

発明の効果

[0033] 本発明によれば、非線形下りリンクＭＵ－ＭＩＭＯに要求される信号処理量を大幅に削減できるため、非線形ＭＵ－ＭＩＭＯの実現可能性が飛躍的に向上する。また、同時アクセスユーザ数の増加に伴う信号処理量の増加を大幅に抑えることができるため、同時アクセスユーザ数を容易に増加させることができ、周波数利用効率の大幅な向上に寄与できる。

図面の簡単な説明

[0034] [図1]本発明の第１の実施形態に係る基地局装置構成を示すブロック図である。

[図2]本発明の第１の実施形態に係るＰｒｅｃｏｄｉｎｇ部５０１の構成を示すブロック図である。

[図3]本発明の第１の実施形態に係る移動局装置構成を示すブロック図である。

[図4]本発明の第１の実施形態により達成されるビット誤り率（BER）特性の例を示す図である。

[図5]本発明の第２の実施形態により達成されるＢＥＲ特性の例を示す図である。

[図6]本発明の第３の実施形態により達成されるＢＥＲ特性の例を示す図である。

[図7]本発明の第４の実施形態に係る基地局装置構成を示すブロック図である。

[図8]本発明の第４の実施形態に係る移動局装置の構成を示すブロック図である。

[図9]基地局装置構成を示すブロック図である。

[図10]Ｐｒｅｃｏｄｉｎｇ部１０５の構成を示すブロック図である。

[図11]式（６）の処理をフィードバックフィルタとして表現した図である。

[図12]Ｍｏｄｕｌｏ演算を適用したフィードバックフィルタを示す図である。

[図13]Ｍｏｄｕｌｏ演算$Mod_M(x)$の概念を示す図である。

[図14]移動局装置の構成を示すブロック図である。

[図15]ＢＬＡＳＴ　ＺＦ－ＴＨＰ方式におけるＰｒｅｃｏｄｉｎｇ部１０５の構成を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0035] 本発明の実施形態の説明をする前に、背景技術であるＭＵ－ＭＩＭＯ　Ｔ

ＨＰ方式とＭＵ－ＭＩＭＯ　ＢＬＡＳＴ　ＺＦ－ＴＨＰ方式について説明する。

[0036] １．ＭＵ－ＭＩＭＯ　ＴＨＰ

N_t送信アンテナを有する基地局装置と単一受信アンテナを有するＵ個の移動局装置（ユーザ）とが通信を行なう場合を考える。はじめに基地局装置の第ｎ送信アンテナ（ｎ＝１，…，N_t）と第ｕユーザ間（ｕ＝１，…，Ｕ）の複素チャネル利得を$h_{u,n}$としたとき、伝搬路行列Ｈを

[数1]

$$\mathbf{H}=\begin{pmatrix} h_{1,1} & \cdots & h_{1,N_t} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{U,1} & \cdots & h_{U,N_t} \end{pmatrix} \quad \cdots (1)$$

と定義する。ＭＵ－ＭＩＭＯ　ＴＨＰ方式では、基地局装置は、伝搬路行列Ｈを予め知っている必要がある。ここで、伝搬路情報は、各移動局装置から理想的に通知されており、基地局装置は、伝搬路行列Ｈを理想的に知っているものとしている。

[0037] 図９は、基地局装置構成を示すブロック図である。図９を用いて基地局装置における信号処理について説明する。各ユーザの送信データ系列はチャネル符号化部１０１において、チャネル符号化が行なわれたのち、データ変調部１０３において、ＱＰＳＫ、１６ＱＡＭ等にデータ変調される。その後、各ユーザの送信シンボルはＰｒｅｃｏｄｉｎｇ部１０５に入力される。

[0038] 図１０は、Ｐｒｅｃｏｄｉｎｇ部１０５の構成を示すブロック図である。Ｐｒｅｃｏｄｉｎｇ部１０５では、送信シンボルベクトルｄがＴＨＰ部２０１に入力され、ＴＨＰ部２０１では、伝搬路行列Ｈと、線形フィルタ生成部２０３において算出される線形フィルタＷに基づいた干渉抑圧処理が施される。ＴＨＰ部２０１の出力信号が線形フィルタ乗算部２０５に入力され、線形フィルタＷの乗算および電力の正規化が行なわれ、送信信号ベクトルｓが、Ｐｒｅｃｏｄｉｎｇ部１０５より出力される。

[0039] Ｐｒｅｃｏｄｉｎｇ部１０５における信号処理について説明する。なお、Ｐｒｅｃｏｄｉｎｇ部１０５に入力される第ｕユーザの送信シンボルを｛d_u；ｕ＝１，…，Ｕ）｝とし、送信シンボルベクトルをｄ＝［d_1，…，d_U］^{T}と定義する。ここで、［・］^{T}は転置演算を表す。また、伝搬路情報は各移動局装置より基地局装置に理想的にフィードバックされ、Ｐｒｅｃｏｄｉｎｇ部１０５に入力されているものとする。Ｐｒｅｃｏｄｉｎｇ部１０５では、初めに、線形フィルタ生成部２０３において、線形フィルタＷが計算されるが、線形フィルタＷは伝搬路行列Ｈに対して、ＨＷが下三角行列となるような線形フィルタである。ＷはＨに対するＱＲ分解から求めることができる。Ｈのエルミート転置行列を（Ｈ）^{H}とし、（Ｈ）^{H}に対して、ＱＲ分解を適用すると、

[数2]

$$\mathbf{H}^{\mathrm{H}} = \mathbf{QR}$$
$$\therefore \mathbf{HQ} = \mathbf{R}^{\mathrm{H}} \quad \cdots (2)$$

を得る。ここで、Ｑはユニタリ行列、Ｒは上三角行列であるから、ＨＷを下三角行列とする線形フィルタＷはＷ＝Ｑとなる。

[0040] 送信シンボルベクトルｄにＷを乗算することにより、送信信号ベクトルｓ＝［s_1，…，s_{Nt}］^{T}が計算できる。

[0041] [数3]

$$\mathbf{s} = \mathbf{Wd} \quad \cdots (3)$$

仮に式（３）の送信信号ベクトルを基地局装置から送信したとする。第ｕユーザの移動局装置で受信される受信信号を｛r_u；ｕ＝１，…，Ｕ｝としたとき、各ユーザの受信信号を要素とする受信信号ベクトルｒ＝［r_1，…，r_U］^{T}は次式で与えられる。

[数4]

$$\mathbf{r} = \mathbf{Hs} + \boldsymbol{\eta} \quad \cdots (4)$$

ここで、$\eta = [\eta_1, \cdots, \eta_U]^T$は各移動局装置で加わる雑音を表す。以下では、簡単のため、雑音項は無視して説明する。式（４）は

[数5]

$$\mathbf{r} = \mathbf{Hs} = \mathbf{HQd} = \mathbf{R}^H\mathbf{d} = \begin{pmatrix} a_{1,1} & 0 & \cdots & 0 \\ a_{2,1} & a_{2,2} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{U,1} & a_{U,2} & \cdots & a_{U,U} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d_1 \\ d_2 \\ \vdots \\ d_U \end{pmatrix} \quad \cdots (5)$$

のように展開できる。ここで、$a_{i,j}$は下三角行列R^Hの第ｉ行ｊ列成分を表す。式（５）より、第１ユーザは自身の送信シンボルのみを受信できるが、第２ユーザの受信信号には、第１ユーザの送信シンボルが干渉を与えていることが分かる。つまり、第ｕユーザの受信信号には第１～（u-1）ユーザの送信シンボルが干渉として含まれている。

[0042] そこで、基地局装置のＰｒｅｃｏｄｉｎｇ部１０５ではこの各移動局装置で観測される干渉成分をＴＨＰにより、予め減算する。例えば、第２ユーザへの送信信号として、

[数6]

$$x_2 = d_2 - \frac{a_{2,1}}{a_{2,2}} d_1 \quad \cdots (6)$$

を送信するものとする。式（６）で表現されるx_2を式（５）のd_2の部分に代入すれば、第２ユーザは第１ユーザの送信シンボルからの干渉を受けずに、自身の送信シンボルd_2のみを受信することが可能であることが分かる。以下、同様に第ｕユーザの送信信号から、予め第１～（u-1）ユーザの送信シンボルを減算してから送信を行なうことで、全ユーザが干渉を受けずに通信を行なうことが可能となる。

[0043] 図１１は、式（６）の処理をフィードバックフィルタとして表現した図である。ところが、このフィードバックフィルタのタップ係数は伝搬路行列Ｈに依存し決定されるため、伝搬路の状態によっては、フィードバックフィル

タ出力が発散してしまう可能性があり、このことは、ＴＨＰ出力信号x_2を送信するためには膨大な送信電力が必要となることを意味しており、非現実的である。

[0044] 図１２は、Ｍｏｄｕｌｏ演算を適用したフィードバックフィルタを示す図である。図１２に示すように、ＴＨＰでは、干渉信号の減算が行なわれるたびにＭｏｄｕｌｏ演算を適用することにより、ＴＨＰ出力信号の発散を抑えている。

[0045] 図１３は、Ｍｏｄｕｌｏ演算$\mathrm{Mod}_M(x)$の概念を示す図である。図１３に示すように、Ｍｏｄｕｌｏ演算$\mathrm{Mod}_M(x)$は、ある入力ｘに対して、その出力が－Ｍより大きく、かつＭ以下に収まるようにするものである。ここでＭをＭｏｄｕｌｏ幅と呼ぶこととする。実際に、式（６）で表される干渉抑圧出力にＭｏｄｕｌｏ演算を適用した場合、その出力は次式で与えられる。

[0046] [数7]

$$\mathrm{Mod}_M(x_2) = d_2 - \frac{a_{2,1}}{a_{2,2}} d_1 + 2Mz_{t,2} \quad \cdots (7)$$

ここで、$z_{t,2}$は実部と虚部がそれぞれ整数となる複素数であり、式（７）の右辺の実部と虚部がそれぞれ－Ｍより大きく、かつＭ以下に収まるように選択される。この$z_{t,2}$のことをＭｏｄｕｌｏ演算の等価表現と呼ぶ。

[0047] 図１０に戻って、基地局装置のＰｒｅｃｏｄｉｎｇ部１０５では、入力された送信シンボルベクトルｄがＴＨＰ部２０１に入力される。そして、線形フィルタ生成部２０３において生成される線形フィルタＷおよび伝搬路行列Ｈに基づいて、次式に示されるようなＴＨＰ出力ｘがＴＨＰ部２０１より出力される。

[数8]

$$\mathbf{x} = \mathbf{d} - ((diag(\mathbf{HW}))^{-1}\mathbf{HW} - \mathbf{I}_U)\mathbf{x} + 2M\mathbf{z}_t \quad \cdots (8)$$

ここで、ｄｉａｇ（Ａ）は行列Ａの対角成分を要素とする対角行列を表す。Ａ$^{-1}$は行列Ａの逆行列を表す。$z_t = [z_{t,1}, \cdots, z_{t,U}]^T$は各移動局装置宛の送信信号に対するＭｏｄｕｌｏ演算の等価表現を表す。I_mはｍ×ｍの単位行列を表す。その後、ＴＨＰ部２０１の出力ｘは線形フィルタ乗算部２０５に入力され、線形フィルタ乗算および電力の正規化が行なわれる。線形フィルタ乗算部２０５の出力ｓは次式で与えられる。

[0048] [数9]

$$\mathbf{s} = \beta \mathbf{W} \mathbf{x} \quad \cdots (9)$$

ここで、βはＰｒｅｃｏｄｉｎｇ部１０５の入力信号である送信シンボルベクトルｄと線形フィルタ乗算部２０５の出力信号ｓの電力を等しくするための電力正規化項であり、次式で与えられる。

[0049] [数10]

$$\beta = \sqrt{\frac{U}{tr(\mathbf{W} E[\mathbf{x}\mathbf{x}^H] \mathbf{W}^H)}} \quad \cdots (10)$$

ここで、ｔｒ（・）は行列のトレース演算、Ｅ［・］はアンサンブル平均をそれぞれ表す。基地局装置のＰｒｅｃｏｄｉｎｇ部１０５は式（９）で与えられる送信信号ベクトルｓを最終的に出力する。

[0050] その後、基地局装置では、Ｐｒｅｃｏｄｉｎｇ部１０５の出力ｓが対応する各送信アンテナの無線送信部１０７に入力される。無線送信部１０７において、ベースバンド帯の送信信号が無線周波数（RF）帯の送信信号に変換される。無線送信部１０７の出力信号は、各送信アンテナよりそれぞれ送信される。

[0051] 図１４は、移動局装置の構成を示すブロック図である。移動局装置では、受信アンテナで受信された信号が、無線受信部３０１に入力され、無線受信部３０１において、ベースバンド帯の信号に変換される。ベースバンド帯に変換された受信信号は次式で与えられる。

[0052] [数11]

$$\mathbf{r} = \mathbf{Hs} = \beta\mathbf{HWx} = \beta\mathbf{R}^{\mathrm{H}}\mathbf{x} \quad \cdots (11)$$

ここで、式（８）より、

[数12]

$$\mathbf{x} = (\mathbf{HW})^{-1}\{diag(\mathbf{HW})\}(\mathbf{d} + 2M\mathbf{z}_t) \quad \cdots (12)$$

であるから、式（１２）を式（１１）に代入することにより、

[数13]

$$\mathbf{r} = \beta\{diag(\mathbf{R}^{\mathrm{H}})\}(\mathbf{d} + 2M\mathbf{z}_t) = \beta\begin{pmatrix} a_{1,1} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & a_{2,2} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & a_{U,U} \end{pmatrix}(\mathbf{d} + 2M\mathbf{z}_t) \quad \cdots (13)$$

を得る。式（１３）より、各ユーザの受信信号に対して、他のユーザの送信シンボルは干渉を与えていないことが分かる。

[0053] ベースバンド帯に変換された受信信号は、伝搬路補償部３０３に入力される。第ｕユーザの伝搬路補償部３０３では、入力された受信信号を$\beta a_{u,u}$で除算したのち、Ｍｏｄｕｌｏ演算を適用する。第ｕユーザのＭｏｄｕｌｏ出力は次式で与えられる。

[数14]

$$Mod_M(r_u/(\beta a_{u,u})) = d_u + 2Mz_{t,u} + 2Mz_{r,u} \quad \cdots (14)$$

ここで、$z_{r,u}$は第ｕユーザの受信機で適用されるＭｏｄｕｌｏ演算の等価表現であるから、

[数15]

$$z_{t,u} + z_{r,u} = 0 \quad \cdots (15)$$

となる。よって、伝搬路補償部３０３の出力$r_u\hat{}$は

[数16]

$$\hat{r}_u = d_u \quad \cdots (16)$$

となる。その後、伝搬路補償部３０３の出力はデータ復調部３０５およびチャネル復号部３０７に入力され、データ復調、チャネル復号がそれぞれ適用されたのち、各ユーザの送信データが検出される。

[0054] ２．ＭＵ－ＭＩＭＯ　ＢＬＡＳＴ　ＺＦ－ＴＨＰ

ＢＬＡＳＴ　ＺＦ－ＴＨＰ方式における基地局装置構成および受信機構成はそれぞれ図９および図１４とほぼ同等である。異なるのは、基地局装置におけるＰｒｅｃｏｄｉｎｇ部１０５における信号処理である。以下では、基地局装置におけるＰｒｅｃｏｄｉｎｇ部１０５における信号処理についてのみ説明する。

[0055] 図１５は、ＢＬＡＳＴ　ＺＦ－ＴＨＰ方式におけるＰｒｅｃｏｄｉｎｇ部１０５の構成を示すブロック図である。Ｐｒｅｃｏｄｉｎｇ部１０５では、初めに送信シンボルベクトルｄがオーダリング決定部４０１に入力され、後述する方法により、適切な並び替え、すなわちオーダリングが行なわれる。その後、オーダリング済みの送信シンボルベクトルd_pがＴＨＰ部４０３に入力され、オーダリング決定部４０１によって決定される線形フィルタおよび伝搬路行列に基づいて、ＴＨＰ処理が施される。ＴＨＰ部４０３の出力は、線形フィルタ乗算部４０５において、線形フィルタおよび電力正規化項が乗算され、送信信号ベクトルｓが生成される。

[0056] オーダリング決定部４０１におけるオーダリング順の決定方法について説明する。基地局装置の送信アンテナ数を$N_t = 3$、ユーザ数を$U = 3$の場合を例にとり、説明する。なお、各ユーザの端末の受信アンテナ数は１であるものとする。オーダリング決定部４０１では、はじめに伝搬路行列Ｈに対する逆行列H^{-1}を計算する。求めた逆行列H^{-1}を線形フィルタＷとする。ここで、

[数17]

$$\mathbf{W}=\mathbf{H}^{-1}=\begin{pmatrix} w_{1,1} & w_{1,2} & w_{1,3} \\ w_{2,1} & w_{2,2} & w_{2,3} \\ w_{3,1} & w_{3,2} & w_{3,3} \end{pmatrix}=(\mathbf{w}_1 \quad \mathbf{w}_2 \quad \mathbf{w}_3) \quad \cdots (17)$$

であるものとし、Wは３つの列ベクトル｛w_1，w_2，w_3｝で構成されるものとする。線形フィルタWを構成する列ベクトルのうち、もっともノルムの小さい列ベクトルを探索し、それを$w^{(1)}$として記憶しておく。なお、ある列ベクトル$w=[w_1, w_2, \cdots, w_M]^T$のノルム||w||は次式で与えられる。

[0057] [数18]

$$\|\mathbf{w}\|=\sqrt{\sum_{m=1}^{M}|w_m|^2} \quad \cdots (18)$$

ここでは、w_2のノルムが最も小さかったものとし、$w^{(1)}=w_2$とする。オーダリング決定部４０１では、伝搬路行列Hの第２ユーザ成分である第２行と伝搬路行列の最終行となる第３（=U）行とを入れ替えたのち、伝搬路行列の最終行である第３行すべてに０を挿入する。この操作により、伝搬路行列Hから、重みベクトルのノルムが最も小さかった第２ユーザに関する要素が削除される。一方、送信シンボルベクトルｄについても第２ユーザ成分である第２行と最終行である第３行とを入れ替えることで、送信シンボルベクトルの最終行には、重みベクトルのノルムが最も小さかった第２ユーザの送信シンボルd_2が代入されることになる。入れ替える前の伝搬路行列および送信シンボルベクトルを$H^{(1)}$および$d^{(1)}$としたとき、入れ替え後の伝搬路行列$H^{(2)}$および$d^{(2)}$は次式となる。

[数19]

$$\mathbf{H}^{(2)}=\begin{pmatrix} h_{1,1} & h_{1,2} & h_{1,3} \\ h_{3,1} & h_{3,2} & h_{3,3} \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{d}^{(2)}=\begin{pmatrix} d_1 \\ d_3 \\ d_2 \end{pmatrix} \quad \cdots (19)$$

[0058] 次にオーダリング決定部４０１では、入れ替えが行なわれた伝搬路行列Ｈ$^{(2)}$の逆行列Ｈ$^{(2)-1}$を計算し、新たな線形フィルタＷ$^{(2)}$とする。先ほどと同様に線形フィルタＷ$^{(2)}$を構成する列ベクトルのうち、もっともノルムの小さい列ベクトルを探索し、それをｗ$^{(2)}$として記憶しておく。なお、先ほどの処理により、1ユーザ分の要素が伝搬路行列から削除されているため、探索するベクトル数は（U-1）となる。ここでは第ｊ列の列ベクトルが最も小さかったものとする。伝搬路行列Ｈ$^{(2)}$および送信シンボルベクトルｄ$^{(2)}$の第ｊユーザ成分である第ｊ行と第２（=(U-1)）行を入れ替えたのち、伝搬路行列の第２（=(U-1)）行すべてに０を挿入する。この操作により伝搬路行列より第ｊユーザに関する要素が削除されることとなる。入れ替え後の伝搬路行列および送信シンボルベクトルは、それぞれＨ$^{(3)}$およびｄ$^{(3)}$とする。

[0059] 以上の処理をユーザ数分だけ繰り返した後に、生成される送信シンボルベクトルｄ$^{(U)}$がＢＬＡＳＴ　ＺＦ－ＴＨＰ方式にてオーダリングされた送信信号ベクトルｄ$_{p}$となり、オーダリング決定部４０１出力として出力される。よって、送信信号ベクトルｄ$_{p}$の各ユーザの送信シンボルは、各ユーザの送信シンボルに対応する線形フィルタＷの列ベクトルのノルムが大きい順に並ぶことになるから、ＢＬＡＳＴ　ＺＦ－ＴＨＰ方式のオーダリングは、所要送信電力の小さい順にオーダリング順を決めていく方式と言い換えることができる。なお、仮に、式（１９）のｄ$^{(2)}$＝［ｄ$_{1}$，ｄ$_{3}$，ｄ$_{2}$］^{T}のようにオーダリング順が決まったと仮定すると、ｄ$_{1}$に該当するユーザ宛の送信信号が最初に生成され、ｄ$_{2}$に該当するユーザ宛の送信信号が最後に生成される。一方、繰り返し毎に記憶されていく線形フィルタの列ベクトル｛ｗ$^{(1)}$，ｗ$^{(2)}$，ｗ$^{(3)}$｝を逆に並べた

[数20]

$$\mathbf{W}=\left(\mathbf{w}^{(3)}\quad\mathbf{w}^{(2)}\quad\mathbf{w}^{(1)}\right)\quad\cdots(20)$$

が線形フィルタＷとして、オーダリング決定部４０１より出力される。

[0060] オーダリング決定部４０１より出力されるオーダリング済みの送信信号ベ

クトルd_pと線形フィルタWはＴＨＰ部４０３に入力される。ＴＨＰ部４０３ではＭＵ－ＭＩＭＯ　ＴＨＰ方式における基地局装置Ｐｒｅｃｏｄｉｎｇ部１０５のＴＨＰ部４０３と同じく、ＴＨＰによる干渉抑圧処理が行なわれる。ＴＨＰ部４０３における干渉抑圧が行なわれた後、線形フィルタ乗算部４０５において、線形フィルタWの乗算と、電力正規化が行なわれ、Ｐｒｅｃｏｄｉｎｇ部１０５出力が生成される。

[0061] 以上が、ＭＵ－ＭＩＭＯ　ＢＬＡＳＴ　ＺＦ－ＴＨＰ方式におけるＰｒｅｃｏｄｉｎｇ部１０５における信号処理の概要となる。ＭＵ－ＭＩＭＯ　ＴＨＰと異なり、同時アクセスユーザ数分だけの繰り返し信号処理が基地局装置のＰｒｅｃｏｄｉｎｇ部１０５に要求されるため、ユーザ数の増加に比例して、計算量が大幅に増加してしまうという問題がある。基地局装置に十分な数の送信アンテナが存在する下りリンクＭＵ－ＭＩＭＯでは、周波数利用効率は空間多重ユーザ数に比例して増加するが、ＢＬＡＳＴ　ＺＦ－ＴＨＰ方式では、ユーザ数に比例して信号処理量も大幅に増加してしまうため、信号処理の複雑さが、周波数利用効率の改善量に制限を与えてしまう。以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

[0062] ＜第１の実施形態＞

本発明による第１の実施形態では、単一受信アンテナ（N_r=1）を有するＵ移動局装置（ユーザ）とN_t送信アンテナを有する基地局装置とが通信を行なう下りリンクＭＵ－ＭＩＭＯ伝送を対象とする。なお、第１の実施形態においては、受信アンテナ数はN_r＝１として説明しているが、１本以上の受信アンテナを有する複数移動局装置と基地局装置間での下りリンクＭＵ－ＭＩＭＯ伝送においても、本発明は適用可能である。なお，本発明では，基地局装置は各移動局装置と基地局間の伝搬路情報を知っている必要がある．以下では，伝搬路情報は、各移動局装置から基地局装置宛に理想的に通知されており、基地局装置は、伝搬路行列Ｈを理想的に知っているものとして説明を行なっている。

[0063] 図１は、本発明の第１の実施形態に係る基地局装置構成を示すブロック図

である。基地局装置における信号処理について説明する。各ユーザの送信データ系列はチャネル符号化部１０１において、チャネル符号化が行なわれたのち、データ変調部１０３において、ＱＰＳＫ、１６ＱＡＭ等にデータ変調される。その後、各ユーザの送信シンボルはＰｒｅｃｏｄｉｎｇ部５０１に入力される。

[0064] 図２は、本発明の第１の実施形態に係るＰｒｅｃｏｄｉｎｇ部５０１の構成を示すブロック図である。Ｐｒｅｃｏｄｉｎｇ部５０１における信号処理について説明する。Ｐｒｅｃｏｄｉｎｇ部５０１では、はじめに入力された送信シンボルベクトルｄが、オーダリング決定部６０１に入力される。入力されたｄに対して、ある順列行列Πが乗算された送信シンボルベクトルd_pが、オーダリング済みの送信シンボルベクトルとして、オーダリング決定部６０１より出力される。d_pは次式で与えられる。

[0065] [数21]

$$\mathbf{d}_p = [d_{p,1},...,d_{p,U}]^{\mathrm{T}} = \mathbf{\Pi d} \quad \cdots (21)$$

ここで、順列行列は、ある行列の列（あるいは行）を入れ替える行列であり、例えば、３次の順列行列は、

[数22]

$$\begin{pmatrix}1&0&0\\0&1&0\\0&0&1\end{pmatrix},\begin{pmatrix}0&0&1\\1&0&0\\0&1&0\end{pmatrix},\begin{pmatrix}0&1&0\\0&0&1\\1&0&0\end{pmatrix},\begin{pmatrix}0&0&1\\0&1&0\\1&0&0\end{pmatrix},\begin{pmatrix}1&0&0\\0&0&1\\0&1&0\end{pmatrix},\begin{pmatrix}0&1&0\\1&0&0\\0&0&1\end{pmatrix} \quad \cdots (22)$$

の計６通りである。

[0066] どの順列行列を乗算するかは、所望のオーダリング順に依存する。例えば、背景技術で述べたＭＵ－ＭＩＭＯ ＢＬＡＳＴ ＺＦ－ＴＨＰ方式の場合は、Ｐｒｅｃｏｄｉｎｇ部５０１における繰り返し信号処理により決定されたオーダリング済みの送信信号ベクトルに対応する順列行列が選ばれ、オーダリングを行なわないＭＵ－ＭＩＭＯ ＴＨＰ方式では、単位行列が順列行列として選択される。以下では、本発明における順列行列の選び方、すなわ

ちオーダリング方法について説明する。

[0067] 実際の伝搬路には、時間、周波数および空間のそれぞれに相関が存在する。本発明におけるオーダリング方法は、伝搬路の空間相関に着目している。ここでいう空間相関とは、各アンテナで観測される複素チャネル利得（すなわち、｛$h_{u,n}$；ｕ＝１，…，Ｕ、ｎ＝１，…，N_t｝がお互いにどのくらい相関を有しているかを指している。本発明では送信アンテナ間の相関に着目する。一般的なセルラーモデルの場合、基地局装置のアンテナ高は十分に高く配置されるため、基地局装置のアンテナの周囲には散乱体がない。この場合、基地局装置のアンテナ間の相関は、通信を行なっている移動局装置と基地局装置との位置関係に依存し、一般的に基地局装置と移動局装置との距離が離れている場合には、アンテナ間相関は強くなり、その距離が近い場合には、アンテナ間相関は弱くなることが知られている。下りリンクＭＵ－ＭＩＭＯでは、空間的に離れた複数ユーザと基地局装置とが同時通信を行なうため、各ユーザに送信される信号は、それぞれ異なった基地局装置側のアンテナ間の相関、すなわち送信アンテナ相関の影響を受けることになる。ここで、基地局装置の第ｉ送信アンテナと第ｊ送信アンテナ間の第ｕユーザ宛の送信信号に影響する送信相関係数ρ（ｉ，ｊ，ｕ）を次式で定義する。

[0068] [数23]

$$\rho(i,j,u)=\frac{E[h_{u,i}h_{u,j}^{*}]}{\sqrt{E[|h_{u,i}|^{2}]E[|h_{u,j}^{*}|^{2}]}} \quad \cdots (23)$$

一般に、ＭＩＭＯ通信では、アンテナ間の相関が強くなると、伝送特性が劣化することが知られている。このことは、例えばＢＬＡＳＴ　ＺＦ－ＴＨＰ方式のようにユーザ間の所要電力を比較してオーダリングをするような場合には、伝送品質の良いユーザ、すなわち送信アンテナ相関の小さなユーザからオーダリングされる確率が非常に高いことを示唆している。そこで、本発明では、各ユーザの送信相関係数を比較し、相関値の小さい順にオーダリング順を決めていく。本発明では、初めに送信相関係数は各移動局装置にお

いて推定することを考える。

[0069] 図３は、本発明の第１の実施形態に係る移動局装置構成を示すブロック図である。各移動局装置における相関情報推定部７０１において、各移動局装置で観測される送信アンテナ相関係数情報が推定される。相関情報推定部７０１では例えば、基地局装置から送信される参照信号系列を用いて相関係数情報を推定できる。また、一般に送信相関係数は基地局装置からの距離に依存するから、相関情報推定部７０１では基地局装置からの距離情報から相関係数を推定しても良い。また、各移動局装置は、相関係数情報そのものを通知するのではなく、空間相関を表す別の情報を通知しても良い。例えば、相関係数を推定せず、基地局装置からの距離情報をそのまま基地局装置に通知しても良い。また、移動局装置が複数受信アンテナを有している場合、基地局装置から移動局装置に向けて複数ストリームを伝送することも可能となるが、移動局装置が受信可能な信号ストリーム数は、受信アンテナ数とアンテナ間相関を含む伝搬路情報に依存するから、移動局装置が基地局装置に、所望の信号ストリーム数に関する情報を通知することにより、相関係数情報を通知しても良い。無線送信部（送信部）７０２は、推定された相関係数情報を送信アンテナに送り、相関係数情報は、基地局装置に送信される。

[0070] 図１に戻って、基地局装置は、各移動局装置の相関情報推定部７０１から通知された情報が基地局装置の相関情報取得部５０３に入力されることにより、送信相関係数情報を得る。相関情報取得部５０３では、移動局装置から通知された送信相関係数情報をそのまま用いても良いし、移動局装置から通知された空間相関を表す別の情報から、送信相関係数を推定しても良い。また、相関情報取得部５０３では移動局装置から送信されてくる他の信号（例えば、上りリンク（移動局装置→基地局装置）の送信データ信号等）から、相関係数情報を別に推定しても良い。相関情報取得部５０３は得られた送信相関係数情報をＰｒｅｃｏｄｉｎｇ部５０１に入力する。

[0071] 図２に戻って、Ｐｒｅｃｏｄｉｎｇ部５０１では、入力された送信相関係数情報がオーダリング決定部６０１に入力される。オーダリング決定部６０

１では、送信相関係数が大きいユーザ宛の送信シンボルから並ぶように、送信シンボルベクトルを入れ替えることのできる順列行列Πが選択される。送信シンボルベクトルｄに選択された順列行列Πが乗算されたシンボルベクトル$d_p = [d_{p,1}, d_{p,2}, \cdots, d_{p,U}]^T$がオーダリング決定部６０１より出力される。なお、この場合、$d_{p,1}$に該当するユーザ宛の送信信号が最初に生成され、$d_{p,U}$に該当するユーザ宛の送信信号が最後に生成される。すなわち、もっとも相関係数の大きなユーザ宛の送信シンボルが$d_{p,1}$に対応し、もっとも相関係数の小さなユーザ宛の送信シンボルが$d_{p,U}$に対応する。

[0072] このとき、比較する送信相関係数は隣接する送信アンテナ間の相関係数、すなわち、$\rho(i, i+1, u)$をユーザ間で比較しても良いし、別の組み合わせの送信アンテナ間の相関係数をユーザ間で比較しても良い。また、相関係数そのものではなく、空間相関を表す別の情報を基に、オーダリング順を決定しても良い。例えば、所望の信号ストリーム数に関する情報が通知されているような場合、許容できる信号ストリーム数は空間相関の強さに反比例すると判断し、許容できる信号ストリーム数が小さいユーザ宛の送信シンボルから並ぶようなオーダリング順としても良い。オーダリング決定部６０１により決定された順列行列Πは線形フィルタ生成部６０３にも入力される。

[0073] このように、本発明では、オーダリング順は相関情報に基づいて決定される。ところで、各送信信号の送信に用いられる送信アンテナ（アンテナポート）が通知情報等により決定されるようなシステムにおいて、オーダリング順を決めるということは、そのアンテナポートを決めることとも言える。本発明に限らず、Ｐｒｅｃｏｄｉｎｇを行なうＭＵ－ＭＩＭＯは、送信に用いられるアンテナポートが既に決定された送信信号に対して、さらに信号処理を行なっているに過ぎない。よって、オーダリング順を相関情報に基づいて決定する本発明は、利用するアンテナポートを相関係数に応じて決定しているとも言える。よって、利用するアンテナポートを制御する制御情報を制御することでも本発明は実現可能である。

[0074] 図２において、オーダリング順を表す順列行列Πがオーダリング決定部６０１において決定された後、線形フィルタ生成部６０３において、線形フィルタＷが計算される。線形フィルタ生成部６０３では、初めに、伝搬路行列Ｈに、オーダリング決定部６０１から出力される順列行列Πを乗算した行列Ｈ’＝ΠＨを等価伝搬路行列Ｈ’と定義する。そしてＭＵ－ＭＩＭＯ　ＴＨＰ方式と同様に、Ｈ’を下三角行列に変換するような線形フィルタＷを計算する。Ｈ’のエルミート転置行列を（Ｈ’）^{H}とし、（Ｈ’）^{H}に対して、ＱＲ分解を適用すると、

[数24]

$$(\mathbf{H}')^{H} = \mathbf{Q}'\mathbf{R}'$$
$$\therefore \mathbf{H}'\mathbf{Q}' = \mathbf{R}'^{H} \quad \cdots (24)$$

となるから、Ｑ’が線形フィルタとなるが、本発明では、各ユーザの受信品質を全ユーザで一定に保つために、線形フィルタＷとして、

[数25]

$$\mathbf{W} = \mathbf{Q}'\{diag(\mathbf{R}'^{H})\}^{-1} \quad \cdots (25)$$

を用いるものとする。なお、背景技術で述べたＭＵ－ＭＩＭＯ　ＴＨＰ方式と同様に、各ユーザの受信品質を一定にせず、Ｑ’そのものを線形フィルタとして用いても良い。また、線形フィルタとして、送信信号と受信信号との平均二乗誤差（MSE）を最小にする最小平均二乗誤差（MMSE）規範に基づき算出される線形フィルタを用いても良い。

[0075] 線形フィルタ生成部６０３で算出された線形フィルタＷと等価伝搬路行列Ｈ’はＴＨＰ部６０５および線形フィルタ乗算部６０７に入力される。ＴＨＰ部６０５では、オーダリング決定部６０１から入力されるオーダリング済みの送信シンボルベクトルd_pに対して、線形フィルタ生成部６０３より入力された線形フィルタＷと等価伝搬路行列Ｈ’に基づいて、ＴＨＰ処理が適用される。ＴＨＰ部６０５の出力ｘは次式で与えられる。

[0076]

[数26]

$$\mathbf{x} = \mathbf{d}_p - (\mathbf{H}'\mathbf{W} - \mathbf{I}_U)\mathbf{x} + 2M\mathbf{z}_t \quad \cdots (26)$$

ＴＨＰ部６０５の出力ｘはその後、線形フィルタ乗算部６０７に入力され、線形フィルタWおよび電力正規化項βが乗算され、Ｐｒｅｃｏｄｉｎｇ部５０１の出力ｓが算出される。Ｐｒｅｃｏｄｉｎｇ部５０１の出力ｓは次式で与えられる。

[0077] [数27]

$$\mathbf{s} = \beta\mathbf{W}\mathbf{x} \quad \cdots (27)$$

図１に戻り、基地局装置では、その後、Ｐｒｅｃｏｄｉｎｇ部５０１の出力が対応する各送信アンテナの無線送信部１０７に入力される。無線送信部１０７において、ベースバンド帯の信号が無線周波数（RF）帯の信号に変換される。次いで、各送信アンテナより、ＲＦ帯の送信信号が各移動局装置宛に送信される。

[0078] 図３に戻り、各移動局装置では、受信アンテナに受信された信号が、無線受信部（受信部）７０３に入力され、無線受信部７０３において、ベースバンド帯の信号に変換される。ベースバンド帯に変換された受信信号は次式で与えられる。

[0079] [数28]

$$\mathbf{r} = \mathbf{H}\mathbf{s} = \beta\mathbf{H}\mathbf{W}\mathbf{x} \quad \cdots (28)$$

式（２８）で表される受信信号は、移動局装置の伝搬路補償部７０７に入力され、電力正規化項βが除算される。さらに

[数29]

$$\mathbf{\Pi}^{-1}\mathbf{\Pi} = \mathbf{I} \quad \cdots (29)$$

および

[数30]

$$\mathbf{x} = (\mathbf{H}'\mathbf{W})^{-1}(\mathbf{d}_p + 2M\mathbf{z}_t) \quad \cdots (30)$$

であるから、電力正規化項βが除算された後の受信信号は次式のように表される。

[0080] [数31]

$$\begin{aligned}\mathbf{r}/\beta &= \mathbf{\Pi}^{-1}\mathbf{\Pi}\mathbf{H}\mathbf{W}\mathbf{x} \\ &= \mathbf{\Pi}^{-1}(\mathbf{H}'\mathbf{W})(\mathbf{H}'\mathbf{W})^{-1}(\mathbf{d}_p + 2M\mathbf{z}_t) \\ &= \mathbf{\Pi}^{-1}(\mathbf{\Pi}\mathbf{d} + 2M\mathbf{z}_t) \\ &= \mathbf{d} + 2M\mathbf{\Pi}^{-1}\mathbf{z}_t\end{aligned} \quad \cdots (31)$$

次いで、伝搬路補償部７０７では電力正規化項βが除算された後の受信信号にＭｏｄｕｌｏ演算が適用され、伝搬路補償部７０７の出力ｒ＾が算出される。ただし、基地局装置のＰｒｅｃｏｄｉｎｇ部５０１のオーダリング決定部６０１において、送信シンボルが送信シンボルベクトルの先頭にオーダリングされたユーザについては、伝搬路補償部７０７におけるＭｏｄｕｌｏ演算は行なわなくても良い。Ｍｏｄｕｌｏ演算の有無は、基地局装置から通知される制御情報により制御される。伝搬路補償部７０７の出力ｒ＾は次式で表される。

[数32]

$$\hat{\mathbf{r}} = \mathbf{d} + 2M\mathbf{\Pi}^{-1}\mathbf{z}_t + 2M\mathbf{z}_r \quad \cdots (32)$$

ここで、z_rは受信機で適用されるＭｏｄｕｌｏ演算の等価表現であり、また順列行列Πの逆行列Π^{-1}は各要素に０か１しか持たず、行列式も１となることから、

[数33]

$$\mathbf{\Pi}^{-1}\mathbf{z}_t + \mathbf{z}_r = \mathbf{0} \quad \cdots (33)$$

となる。よって、伝搬路補償部７０７の出力ｒ＾は

[数34]

$$\hat{\mathbf{r}} = \mathbf{d} \quad \cdots (34)$$

となる。その後、伝搬路補償部７０７の出力ｒ＾はデータ復調部３０５およびチャネル復号部３０７に入力され、データ復調、チャネル復号がそれぞれ適用されたのち、各ユーザの送信データが検出される。

[0081] 図４は、本発明の第１の実施形態により達成されるビット誤り率（BER）特性の例を示す図である。基地局装置の送信アンテナ数をN_t＝８、同時アクセスユーザ数をＵ＝８とし、受信アンテナ数は１であるものとした。全ユーザのうち、計４ユーザの移動局装置において、強い送信アンテナ相関が観測されているものとし、残りの計４ユーザで観測される送信アンテナ相関は無相関であるものとした。データ変調は１６ＱＡＭとし、チャネル符号化は適用していない。伝搬路は周波数非選択性レイリーフェージングチャネルモデルを仮定している。Ｍｏｄｕｌｏ幅Ｍは１６ＱＡＭ変調方式に最適な値である４√１０に設定した。移動局装置における伝搬路推定、送信相関係数推定およびそれぞれの情報の基地局装置へのフィードバックは理想的に行なわれているものとする。比較のため、オーダリングを行なわないＭＵ－ＭＩＭＯ　ＴＨＰ方式および、ＭＵ－ＭＩＭＯ　ＢＬＡＳＴ　ＺＦ－ＴＨＰ方式の特性も併せて示している。なお、図４における横軸は１ユーザあたりの送信ビットエネルギー対雑音電力密度比（E_b/N_0）を表す。

[0082] 図４より、本発明は、要求される演算量が殆ど変わらないＭＵ－ＭＩＭＯ　ＴＨＰ方式から、ＢＥＲ＝10^{-2}を達成する所要E_b／N_0を約５ｄＢ改善でき、一方で、演算量が大幅に増加するＭＵ－ＭＩＭＯ　ＢＬＡＳＴ　ＺＦ－ＴＨＰ方式に対して、ＢＥＲ＝10^{-2}を達成する所要E_b／N_0の劣化を約３ｄＢ程度に抑えることが可能であることが分かる。

[0083] 本発明では基地局装置のＰｒｅｃｏｄｉｎｇ部５０１で要求されるオーダリング順の決定を、各移動局装置において観測される送信アンテナ間相関係数の値だけを用いて行なえるため、従来技術であるＭＵ－ＭＩＭＯ　ＢＬＡ

ＳＴ　ＺＦ－ＴＨＰ方式とは異なり、繰り返し処理を必要としないため、たとえユーザ数が大幅に増加したとしても、基地局装置の演算量の増加は僅かで済ませることができるから、演算量の大幅な削減に寄与できる。下りリンクＭＵ－ＭＩＭＯでは、ユーザ数に比例して周波数利用効率が大幅に向上するから、少ない演算量で多くのユーザを空間多重可能な本発明は、システム全体の伝送速度の飛躍的な向上にも寄与できる。

[0084] ＜第２の実施形態＞

第１の実施形態では、全ユーザがＴＨＰによる非線形干渉抑圧を行なう場合を対象としている。一方、ＴＨＰによる非線形干渉抑圧を行なうためには、全ユーザに対して、減算すべき干渉成分（例えば、式(6)の第2項）を計算する必要がある。そのため、ユーザ数が増加すれば、計算すべき干渉成分も増加するから、演算量の増加を招いてしまう。第２の実施形態では、この干渉成分の計算に要求される演算量を削減するために、ＴＨＰによる非線形干渉抑圧を行なわないユーザと行なうユーザを混在させる場合を対象とする。なお、第１の実施形態と同様に、各移動局装置の受信アンテナ数はN_r＝１として説明するが、１本以上の受信アンテナを有する複数移動局装置と基地局装置間での下りリンクＭＵ－ＭＩＭＯ伝送においても、適用可能である。

[0085] 第２の実施形態における基地局装置構成および移動局装置構成は図１、図２および図３とほぼ等価である。異なる点は基地局装置のＰｒｅｃｏｄｉｎｇ部５０１と、移動局装置の伝搬路補償部７０７における信号処理が異なる。はじめに、基地局装置のＰｒｅｃｏｄｉｎｇ部５０１における信号処理について説明する。図２において、Ｐｒｅｃｏｄｉｎｇ部５０１のオーダリング決定部６０１では、第１の実施形態と同様に、送信アンテナ相関係数に基づき、オーダリング順が決定され、決定されたオーダリング順に対応した順列行列Πが選択され、送信シンボルベクトルｄに乗算される。その後、線形フィルタ生成部６０３においても、第１の実施形態と同様に線形フィルタＷが計算される。

[0086] 次いで、オーダリング決定部６０１によりオーダリングされた送信シンボ

ルベクトルd_pがＴＨＰ部６０５に入力されて、干渉抑圧が行なわれる。第１の実施形態では、ＴＨＰ部６０５において、全ユーザの干渉抑圧が行なわれた。第２の実施形態では、演算量の削減のために、全ユーザではＴＨＰの干渉抑圧を行なわず、第１ユーザから第Ｋユーザは、線形フィルタ生成部６０３において新たな線形フィルタW_1を算出し、それにより干渉抑圧を行ない、残る、第Ｋ＋１ユーザから第Ｕユーザのみについて、伝搬路行列を下三角行列に変換する線形フィルタW_0に基づいたＴＨＰによる干渉抑圧を行なう。

[0087] 線形フィルタ生成部６０３における線形フィルタW_1の算出方法について説明する。ここでは他ユーザからの干渉を完全に抑圧するＺＦ規範に基づいた算出方法について説明するが、ＭＭＳＥ規範に基づいた線形フィルタを用いても良い。初めに、（Ｈ’）^{H}に対して、ＱＲ分解を適用することにより得られた上三角行列Ｒ’のエルミート転置行列Ｒ’^{H}を次式のように部分行列を用いて表すことにする。

[0088] [数35]

$$\mathbf{R}'^{H}=\begin{pmatrix} a_{1,1} & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{K,1} & \cdots & a_{K,K} & 0 & \cdots & 0 \\ a_{K+1,1} & \cdots & a_{K+1,K} & a_{K+1,K+1} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{U,1} & \cdots & a_{U,K} & a_{U,K+1} & \cdots & a_{U,U} \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} \mathbf{A}_{1,1} & \mathbf{0}_{K\times(U-K)} \\ \mathbf{A}_{2,1} & \mathbf{A}_{2,2} \end{pmatrix} \quad \cdots (35)$$

ここで、

[数36]

$$\mathbf{A}_{1,1}=\begin{pmatrix} a_{1,1} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{K,1} & \cdots & a_{K,K} \end{pmatrix},$$

$$\mathbf{A}_{2,1}=\begin{pmatrix} a_{K+1,1} & \cdots & a_{K+1,K} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{U,1} & \cdots & a_{U,K} \end{pmatrix}, \quad \cdots (36)$$

$$\mathbf{A}_{2,2}=\begin{pmatrix} a_{K+1,K+1} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{U,K+1} & \cdots & a_{U,U} \end{pmatrix}$$

であり、$0_{M\times N}$は全ての要素が0であるM×Nの零行列を表す。線形フィルタW_1は次式で与えられる。

[数37]

$$\mathbf{W}_1=\begin{pmatrix} (\mathbf{A}_{1,1})^{-1} & \mathbf{0}_{K,U-K} \\ \mathbf{0}_{U-K,K} & \mathbf{I}_{U-K} \end{pmatrix} \quad \cdots (37)$$

線形フィルタW_0および線形フィルタW_1が乗算された送信信号ベクトルsは次式で与えられる。

[数38]

$$\mathbf{s}=\beta\mathbf{W}_0\mathbf{W}_1\mathbf{d}_p \quad \cdots (38)$$

式（３８）で与えられる送信信号が基地局装置から送信された場合、各移動局装置で受信される受信信号を要素とする受信信号ベクトルは次式のように観測される。

[0089]

[数39]

$$\mathbf{r} = \mathbf{Hs} = \beta\mathbf{\Pi}^{-1}\mathbf{\Pi}\mathbf{H}\mathbf{W}_0\mathbf{W}_1\mathbf{d}_p$$
$$= \beta\mathbf{\Pi}^{-1}\mathbf{R}'^{\mathrm{H}}\mathbf{W}_1\mathbf{d}_p = \beta\mathbf{\Pi}^{-1}\begin{pmatrix}\mathbf{I}_K & \mathbf{0}\\ \mathbf{A}_{2,1}\mathbf{A}_{1,1}^{-1} & \mathbf{A}_{2,2}\end{pmatrix}\mathbf{d}_p \quad \cdots (39)$$

式（３９）より、ｄ$_p$の第１行から第Ｋ行までにオーダリングされたユーザの受信信号は、他ユーザからの干渉を一切受けず、一方で、第（K+1）行以降に配置されたユーザの受信信号については、他ユーザ宛の送信信号から干渉を受けていることが分かる。

[0090] そこで、基地局装置のＰｒｅｃｏｄｉｎｇ部５０１のＴＨＰ部６０５では、ｄ$_p$の第（K+1）行以降にオーダリングされた送信シンボルに対してのみ、ＴＨＰによる干渉抑圧を行なう。そのような干渉抑圧が行なわれたＴＨＰ部６０５の出力信号ｘが線形フィルタ乗算部６０７に入力され、線形フィルタW_0と線形フィルタW_1および電力正規化項βが乗算され、Ｐｒｅｃｏｄｉｎｇ部５０１の出力信号ｓが生成される。Ｐｒｅｃｏｄｉｎｇ部５０１以外の基地局装置における信号処理は第１の実施形態と同じであるため、説明は省略する。

[0091] 続いて、各移動局装置の信号処理について説明する。移動局装置の構成は図３とほぼ等価であり、異なるのは伝搬路補償部７０７における信号処理である。伝搬路補償部７０７では、受信信号に対して、電力正規化項の除算が行なわれたのち、Ｍｏｄｕｌｏ演算が行なわれるが、基地局装置のＰｒｅｃｏｄｉｎｇ部５０１において、ｄ$_p$の第１行から第Ｋ行までにオーダリングされたユーザについては、伝搬路補償部７０７におけるＭｏｄｕｌｏ演算は行なわなくても良い。Ｍｏｄｕｌｏ演算の有無は、基地局装置から通知される制御情報により制御される。

[0092] なお、基地局装置のＰｒｅｃｏｄｉｎｇ部５０１において決定されるオーダリング順は、各移動局装置において観測される送信相関係数に依存し、送信相関係数が大きい移動局装置宛の送信シンボルほど、オーダリング順は先

頭付近になる確率が非常に高い。そこで、移動局装置の伝搬路補償部７０７では、移動局装置の相関情報推定部７０１により得られた相関係数情報に基づき、相関係数が大きい場合には、常にＭｏｄｕｌｏ演算を行なわず、相関係数が小さい場合には、常にＭｏｄｕｌｏ演算を行なうように制御しても良い。移動局装置における信号処理は伝搬路補償部７０７における信号処理以外は第１の実施形態と同様であるから、説明は省略する。

[0093] 図５は、本発明の第２の実施形態により達成されるＢＥＲ特性の例を示す図である。伝送条件は第１の実施形態において示した図４と同条件であり、第２の実施形態における線形フィルタによってのみ干渉抑圧を行なうユーザ数Ｋについては４としている。図５より、第２の実施形態では、全ユーザの干渉抑圧をＴＨＰにより行なう場合（すなわち、第１の実施形態）と比較して、演算量を削減しながら、ＢＥＲ＝10^{-2}を達成する所要E_b/N_0の劣化を約２ｄＢ程度に抑えることが可能であることが分かる。

[0094] 第２の実施形態では、ＴＨＰによる干渉抑圧を全てのユーザについては行なわず、一部のユーザについてのみ行なうことにより、第１の実施形態よりも少ない演算量で、下りリンクＭＵ－ＭＩＭＯ伝送を行なうことが可能となる。また、線形フィルタによってのみ干渉抑圧を行なう送信信号が受信される移動局装置では、Ｍｏｄｕｌｏ演算を必要としないため、Ｍｏｄｕｌｏ演算機能を有していない移動局装置を、Ｍｏｄｕｌｏ演算機能を有する移動局装置と空間多重させることも可能となる。

[0095] ＜第３の実施形態＞

第１の実施形態では、基地局装置のＰｒｅｃｏｄｉｎｇ部５０１におけるオーダリングを送信相関係数だけに基づいて行なうことで、従来のＭＵ－ＭＩＭＯ　ＢＬＡＳＴ　ＺＦ－ＴＨＰ方式よりも少ない演算量で下りリンクＭＵ－ＭＩＭＯ伝送を可能としているが、従来方式に対して、若干の伝送特性劣化が生じている。第３の実施形態では、基地局装置のＰｒｅｃｏｄｉｎｇ部５０１におけるオーダリングを送信相関係数だけに基づいて行なうのではなく、従来のＭＵ－ＭＩＭＯ　ＢＬＡＳＴ　ＺＦ－ＴＨＰ方式の方法も併せ

て用いることで、伝送特性の劣化を最小限に抑える場合を対象とする。

[0096] 第３の実施形態における基地局装置構成は第１および第２の実施形態とほぼ同様である。異なるのは基地局装置のＰｒｅｃｏｄｉｎｇ部５０１におけるオーダリング決定部６０１における信号処理である。オーダリング決定部６０１における信号処理について説明する。オーダリング決定部６０１では、最初にＢＬＡＳＴ　ＺＦ－ＴＨＰ方式のオーダリング決定部６０１において行なわる信号処理と同じ方法に基づいて、あるユーザ数Ｌだけオーダリングを行なう。その後で、オーダリング順がまだ決定していない（U-L）ユーザについては、第１の実施形態と同様に、各ユーザの移動局装置で観測される送信アンテナ相関係数のみに基づいてオーダリングを行なう。つまり、オーダリングが適用された送信シンボルベクトルd_pは次式に示されるように、

[数40]

$$\mathbf{d}_p = [d_{p,1}, d_{p,2}, \ldots, d_{p,U-L}, d_{p,U-L+1}, \ldots, d_{p,U}]^{\mathrm{T}} \quad \cdots (40)$$

送信シンボルベクトルの前半部分$[d_{p,1}, \cdots, d_{p,U-L}]^{T}$については、送信相関係数情報のみによってオーダリング順が決定され、後半部分$[d_{p,U-L+1}, \cdots, d_{p,U}]^{T}$については、ＭＵ－ＭＩＭＯ　ＢＬＡＳＴ　ＺＦ－ＴＨＰ方式によりオーダリング順が決定されることになる。よって第３の実施形態では、オーダリング決定部６０１において、第１および第２の実施形態と異なり、ＭＵ－ＭＩＭＯ　ＢＬＡＳＴ　ＺＦ－ＴＨＰ方式によりオーダリング順が決定されるユーザ数Ｌだけの繰り返し信号処理が要求される。

[0097] 繰り返し処理によりオーダリング順を決定するユーザ数Ｌを大きくとることにより、伝送特性を改善させることが可能であるが、基地局装置で要求される演算量も増加させてしまう。基地局装置のＰｒｅｃｏｄｉｎｇ部５０１では各移動局装置から通知される送信相関係数情報や、伝搬路行列Ｈに応じて、所望の伝送特性および演算量を達成できるように、適応的にＬの値を変更する。また、第２の実施形態と同様に、オーダリング順決定後、あるユーザ数Ｋだけ、ＴＨＰ部６０５による干渉抑圧を行なわず、線形フィルタによ

ってのみ干渉抑圧を行なうことで、演算量を削減させることも可能である。

[0098] 図６は、本発明の第３の実施形態により達成されるＢＥＲ特性の例を示す図である。条件は第１の実施形態において示した図４と同条件であり、第３の実施形態における、繰り返し処理によってオーダリング順が決定されるユーザ数についてはＬ＝１としており、全ユーザがＴＨＰにより干渉抑圧が行なわれている。図６より、第３の実施形態の方式は、第１の実施形態と比較して、ＢＥＲ＝１０$^{-2}$を達成する所要Ｅ$_b$／Ｎ$_0$を約１ｄＢ改善でき、ＭＵ－ＭＩＭＯ　ＢＬＡＳＴ　ＺＦ－ＴＨＰに対して、ＢＥＲ＝１０$^{-2}$を達成する所要Ｅ$_b$／Ｎ$_0$の劣化を約２ｄＢ程度に抑えることが可能であることが分かる。

[0099] 第３の実施形態では、送信相関係数のみによって行なわれるオーダリング方式と、ＭＵ－ＭＩＭＯ　ＢＬＡＳＴ　ＺＦ－ＴＨＰ方式によって行なわれるオーダリング方式を組み合わせることで、伝搬路状況に応じて、常に最良の伝送特性改善効果と演算量削減効果を得ることが可能となる。

[0100] ＜第４の実施形態＞

第１、第２および第３の実施形態では、狭帯域のシングルキャリア伝送を対象としていた。ところで、次世代移動無線通信方式（例えば第4世代移動無線通信方式）では、超高速な伝送速度の実現が要求されている。高速伝送の実現には、通信帯域幅の広帯域化が不可欠である。広帯域無線通信アクセス方式の有力な選択肢の一つとして、直交周波数分割多重アクセス（OFDMA）伝送方式やマルチキャリア符号分割多重アクセス（MC-CDMA）伝送方式に代表されるマルチキャリアベースのアクセス方式が検討されている。第４の実施形態では、マルチキャリア伝送の一種であるＯＦＤＭ伝送を対象とする。

[0101] ＯＦＤＭ伝送は、複数の送信シンボルに、複数の異なる周波数（サブキャリアと呼ぶ）を割り当てて並列伝送を行なう方式である。サブキャリア周波数は、並列伝送される送信シンボル同士がお互いに干渉を与えず、かつ最大の周波数利用効率が達成できる周波数が選択される。Ｎ$_c$個の最適なサブキャリアによりＮ$_c$個の送信シンボルを並列伝送できるＯＦＤＭ信号は、Ｎ$_c$ポイ

ントの逆高速離散フーリエ変換（IFFT）により生成される。そのようにして生成されるＯＦＤＭ信号では、各サブキャリアに割り当てられた信号同士は干渉し合わないため、第１の実施形態にて記述されている信号処理をサブキャリア毎に独立に適用することにより、ＯＦＤＭ伝送においても、本発明を適用することが可能となる。

[0102] 図７は、本発明の第４の実施形態に係る基地局装置構成を示すブロック図である。なお、アンテナ数等は第１の実施形態と同様であるものとする。各ユーザ宛の送信データは、チャネル符号化部１０１およびデータ変調部１０３に入力されたのち、直並列変換部８０１に入力されて、並列データに変換される。並列に変換された送信シンボルが、それぞれのサブキャリアを用いて伝送される。第ｋサブキャリアによって伝送される送信シンボルに対する信号処理について説明する。各ユーザの第ｋサブキャリアの送信シンボルは、第ｋサブキャリアにおけるＰｒｅｃｏｄｉｎｇ部８０３に入力され、第ｋサブキャリアによって伝送される各送信アンテナの送信信号が計算される。

[0103] Ｐｒｅｃｏｄｉｎｇ部８０３における信号処理について説明する。Ｐｒｅｃｏｄｉｎｇ部８０３の構成は、図２で示されているものと同様であり、送信信号ベクトル、伝搬路行列、相関係数情報および生成される線形フィルタ行列は、それぞれ各サブキャリアに対応付けられたものとなる。しかし、相関係数情報は周波数が大幅に異ならない限り、全てのサブキャリアでほぼ同じ値となるから、オーダリング決定部６０１で選択される順列行列は全てのサブキャリアで共通のものを用いることが可能である。従来方式であるＢＬＡＳＴ　ＺＦ－ＴＨＰ方式では、オーダリング順がサブキャリア毎に異なるため、オーダリング決定に要する演算量はサブキャリア数に比例して大幅に増加してしまうが、本発明によれば、オーダリング決定に要する演算量はサブキャリア数に依存しない。

[0104] 各サブキャリアのＰｒｅｃｏｄｉｎｇ部８０３の出力は、それぞれ対応する送信アンテナのＩＦＦＴ部８０５に入力される。ＩＦＦＴ部８０５では、入力された全てのサブキャリア成分を用いて、ＩＦＦＴ処理が適用され、Ｏ

ＦＤＭ送信信号が生成される。生成されたＯＦＤＭ信号はＧＩ挿入部８０７に入力され、ガードインターバル（GI）が挿入されたのち、各送信アンテナの無線送信部１０７に入力され、ベースバンド帯の信号から、ＲＦ帯の信号に変換される。ＲＦ帯の変換された送信信号は、それぞれ送信アンテナから複数の移動局装置に対して送信される。

[0105] 図８は、本発明の第４の実施形態に係る移動局装置の構成を示すブロック図である。移動局装置では、受信された信号が無線受信部７０３に入力され、ＲＦ帯の信号がベースバンド帯の信号に変換される。ベースバンド帯に変換された信号は、ＧＩ除去部９０１に入力され、ＧＩが取り除かれたのち、ＦＦＴ部９０３に入力され、基地局装置のＩＦＦＴ部８０５におけるＩＦＦＴ処理と同じポイント数のＦＦＴ処理が行なわれ、サブキャリア成分に分解される。サブキャリア成分に分解された受信信号は、各サブキャリアに対応する伝搬路補償部９０９に入力され、第１の実施形態と同様に、伝搬路補償、すなわち電力正規化項の除算とＭｏｄｕｌｏ演算が適用される。伝搬路補償部９０９の出力は並直列変換部９１１に入力され、並直列変換が行なわれたのち、データ復調部３０５、およびチャネル復号部３０７に入力され、データ復調およびチャネル復号が行なわれ、基地局装置より送信された送信データが検出される。

[0106] 本実施形態では、ＯＦＤＭ伝送を対象としている。従来のＭＵ－ＭＩＭＯ　ＢＬＡＳＴ　ＺＦ－ＴＨＰ方式をＯＦＤＭ伝送に適用する場合、サブキャリア毎に異なったオーダリングをしなければならないため、サブキャリア数に比例して、演算量は大幅に増加してしまう。一方、本発明によれば、オーダリングは全サブキャリアで共通とできるから、演算量はサブキャリア数には依存しない。よって従来方式と比較して、演算量を大幅に削減することが可能となる。また、本発明はマルチキャリア伝送を対象としたが、オーダリング順は全周波数で共通とできることは、例えば周波数分割多重を行なうシングルキャリア伝送に本発明を適用した場合でも、同様のことが言える。

[0107] 本発明に関わる移動局装置および基地局装置で動作するプログラムは、本

発明に関わる上記実施形態の機能を実現するように、ＣＰＵ等を制御するプログラム（コンピュータを機能させるプログラム）である。そして、これら装置で取り扱われる情報は、その処理時に一時的にＲＡＭに蓄積され、その後、各種ＲＯＭやＨＤＤに格納され、必要に応じてＣＰＵによって読み出し、修正・書き込みが行なわれる。プログラムを格納する記録媒体としては、半導体媒体（例えば、ROM、不揮発性メモリカード等）、光記録媒体（例えば、DVD、MO、MD、CD、BD等）、磁気記録媒体（例えば、磁気テープ、フレキシブルディスク等）等のいずれであってもよい。また、ロードしたプログラムを実行することにより、上述した実施形態の機能が実現されるだけでなく、そのプログラムの指示に基づき、オペレーティングシステムあるいは他のアプリケーションプログラム等と共同して処理することにより、本発明の機能が実現される場合もある。

[0108] また市場に流通させる場合には、可搬型の記録媒体にプログラムを格納して流通させたり、インターネット等のネットワークを介して接続されたサーバコンピュータに転送したりすることができる。この場合、サーバコンピュータの記憶装置も本発明に含まれる。また、上述した実施形態における移動局装置および基地局装置の一部、または全部を典型的には集積回路であるＬＳＩとして実現してもよい。移動局装置および基地局装置の各機能ブロックは個別にプロセッサ化してもよいし、一部、または全部を集積してプロセッサ化してもよい。また、集積回路化の手法はＬＳＩに限らず専用回路、または汎用プロセッサで実現しても良い。また、半導体技術の進歩によりＬＳＩに代替する集積回路化の技術が出現した場合、当該技術による集積回路を用いることも可能である。

[0109] 以上、この発明の実施形態を、図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の設計等も特許請求の範囲に含まれる。

符号の説明

[0110] １０１　チャネル符号化部

１０３　データ変調部

１０５、５０１、８０３　Ｐｒｅｃｏｄｉｎｇ部

１０７　無線送信部

２０１、４０３、６０５　ＴＨＰ部

２０３、６０３　線形フィルタ生成部

２０５、４０５、６０７　線形フィルタ乗算部

３０１、７０３　無線受信部

３０３、７０７、９０９　伝搬路補償部

３０５　データ復調部

３０７　チャネル復号部

４０１、６０１　オーダリング決定部

５０３　相関情報取得部

７０１　相関情報推定部

８０１　直並列変換部

８０５　ＩＦＦＴ部

８０７　ＧＩ挿入部

９０１　ＧＩ除去部

９０３　ＦＦＴ部

９１１　並直列変換部

請求の範囲

[請求項1] 複数の送信アンテナを備え、複数の受信装置に対して無線信号を送信する送信装置であって、

前記複数の受信装置との間の伝搬路の空間相関を示す情報に基づいて、前記各受信装置宛ての送信信号を生成し、前記生成した各送信信号を同一の無線リソースに空間多重して、前記各受信装置に対して送信することを特徴とする送信装置。

[請求項2] 前記伝搬路の空間相関を示す情報に基づいて前記各受信装置宛ての送信信号を生成する順番を決定するオーダリング決定部と、

前記決定された順番に基づいて線形フィルタを生成する線形フィルタ生成部と、

前記決定された順番および前記線形フィルタを用いて、ＴＨＰ（Tomlinson Harashima Precoding）処理を行なうＴＨＰ部と、

前記ＴＨＰ部の出力に前記線形フィルタを乗算する線形フィルタ乗算部と、を備えることを特徴とする請求項１記載の送信装置。

[請求項3] 前記伝搬路の空間相関を示す情報は、前記複数の送信アンテナ間の相関を示す送信相関係数であることを特徴とする請求項１または請求項２記載の送信装置。

[請求項4] 前記送信相関係数は、前記複数の受信装置から通知された情報、または自装置で推定した情報の少なくとも一方に基づいて取得されることを特徴とする請求項３記載の送信装置。

[請求項5] 前記送信相関係数に関連付けて前記各受信装置宛ての送信信号を生成することを特徴とする請求項３記載の送信装置。

[請求項6] 前記送信相関係数が大きい受信装置宛ての送信信号から逐次的に前記各受信装置宛ての送信信号を生成することを特徴とする請求項３記載の送信装置。

[請求項7] 前記各受信装置に割り当てられる無線リソースには依存せずに前記各受信装置宛ての送信信号を逐次的に生成することを特徴とする請求

項６記載の送信装置。

[請求項8] 前記伝搬路の空間相関を示す情報に基づいて前記各受信装置宛ての送信信号を生成する順番を決定することによって、利用するアンテナポートを決定することを特徴とする請求項１記載の送信装置。

[請求項9] 複数の送信アンテナを備えた送信装置から無線信号を受信する受信装置であって、

前記送信装置から無線信号を受信する受信部と、

前記受信した無線信号から前記送信装置の各送信アンテナの送信相関係数を推定する相関情報推定部と、

前記送信相関係数または前記送信相関係数を示す情報を、前記送信装置へ送信する送信部と、を備えることを特徴とする受信装置。

[請求項10] 請求項１から請求項８のいずれかに記載の送信装置と、

請求項９記載の受信装置と、から構成されることを特徴とする無線通信システム。

[請求項11] 複数の送信アンテナを備え、複数の受信装置に対して無線信号を送信する送信装置の制御プログラムであって、

前記複数の受信装置との間の伝搬路の空間相関を示す情報に基づいて、前記各受信装置宛ての送信信号を生成する順番を決定する処理と、

前記決定された順番に基づいて線形フィルタを生成する処理と、

前記決定された順番および前記線形フィルタを用いて行なうＴＨＰ（Tomlinson Harashima Precoding）処理と、

前記ＴＨＰ処理後の出力に前記線形フィルタを乗算する処理と、

前記決定した順番に基づいて、前記各受信装置宛ての送信信号を生成する処理と、

前記生成した各送信信号を同一の無線リソースに空間多重する処理と、

前記各送信信号を、前記各受信装置に対して送信する処理と、の一

連の処理を、コンピュータに読み取り可能および実行可能にコマンド化したことを特徴とする制御プログラム。

[請求項12] 送信装置に実装されることによって、前記送信装置に複数の機能を発揮させる集積回路であって、

複数の送信アンテナを用いて、複数の受信装置に対して無線信号を送信する機能と、

前記複数の受信装置との間の伝搬路の空間相関を示す情報に基づいて、前記各受信装置宛ての送信信号を生成する順番を決定する機能と、

前記決定された順番に基づいて線形フィルタを生成する機能と、

前記決定された順番および前記線形フィルタを用いて、ＴＨＰ（Tomlinson Harashima Precoding）処理を行なう機能と、

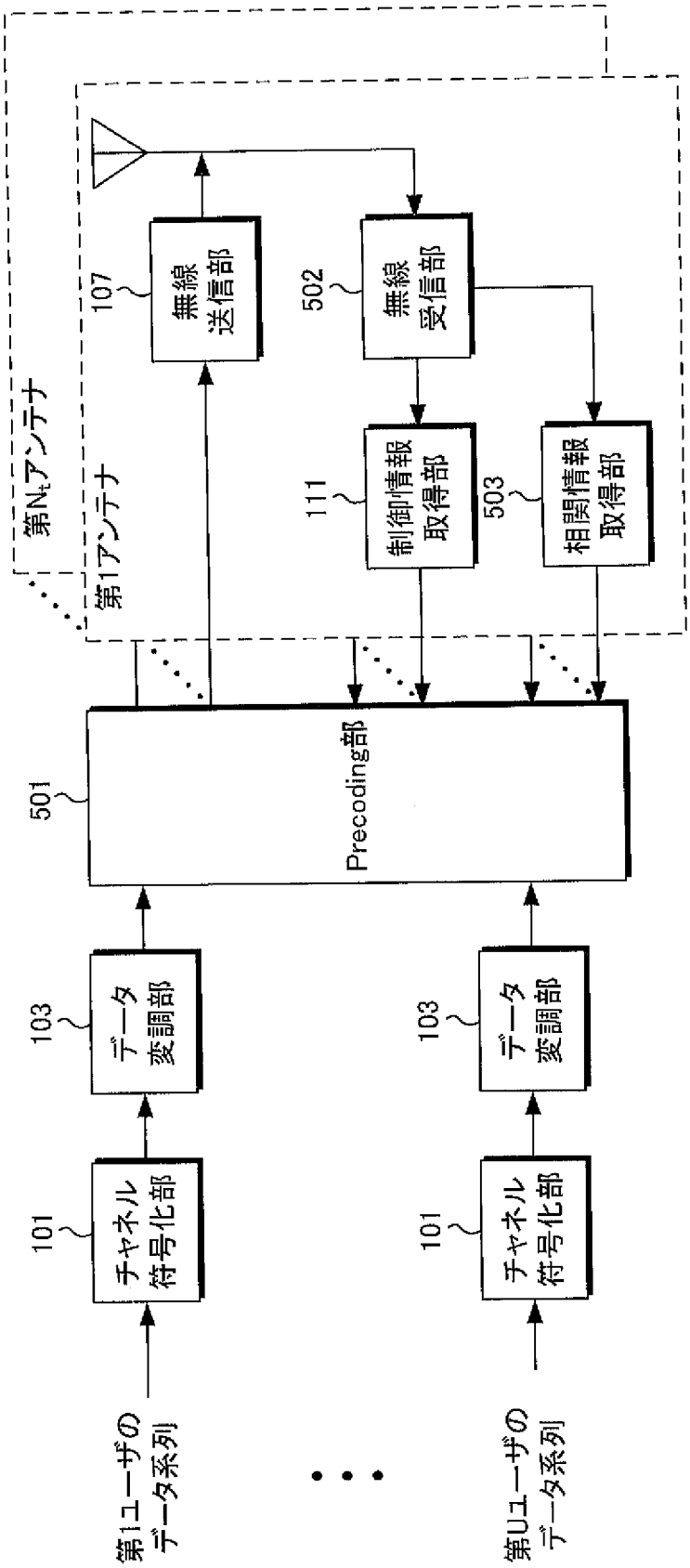
前記ＴＨＰ処理後の出力に前記線形フィルタを乗算する機能と、

前記決定した順番に基づいて、前記各受信装置宛ての送信信号を生成する機能と、

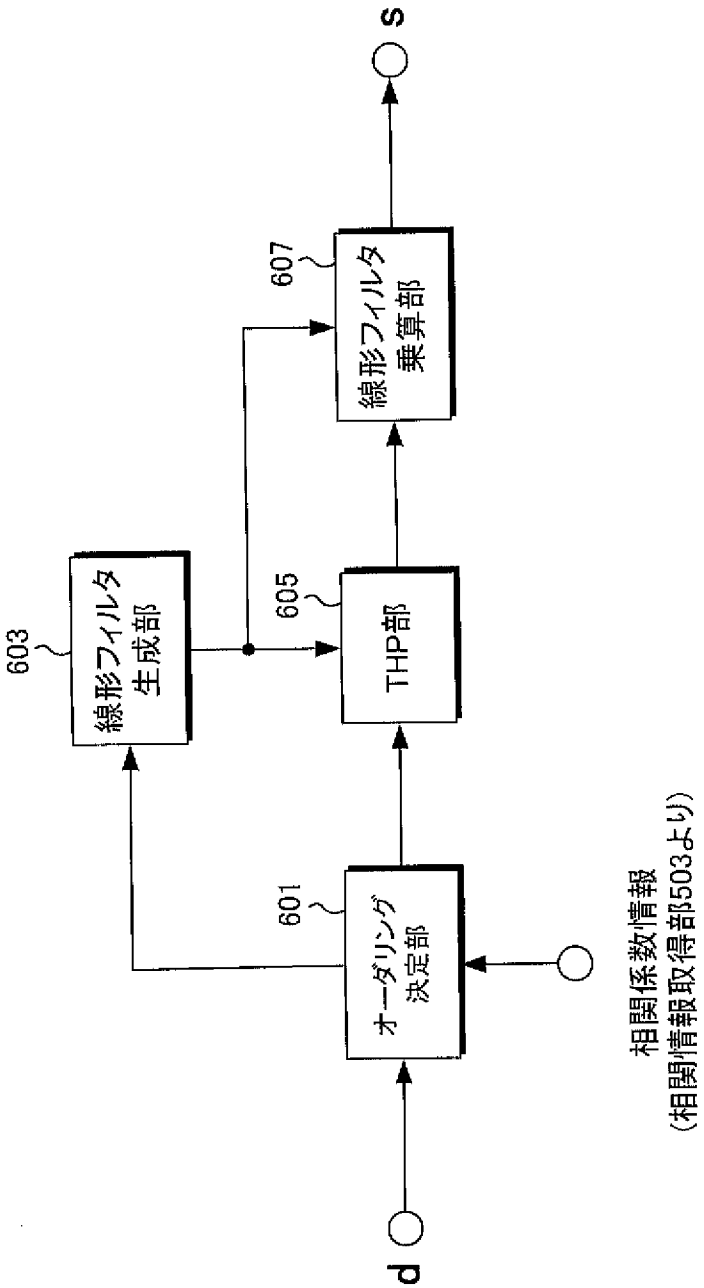
前記生成した各送信信号を同一の無線リソースに空間多重する機能と、

前記各送信信号を、前記各受信装置に対して送信する機能と、を含む一連の機能を、前記送信装置に発揮させることを特徴とする集積回路。

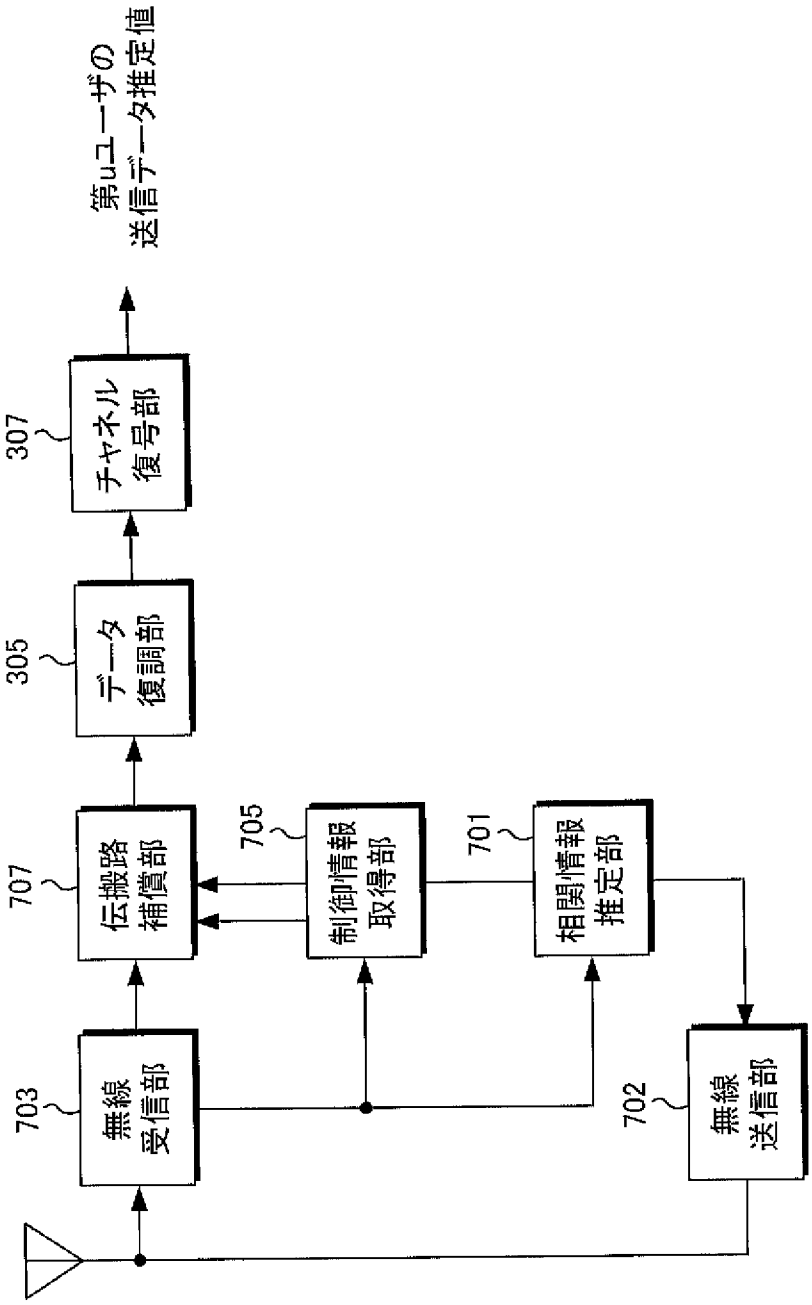
[図1]


第N_tアンテナ
第1アンテナ
107
無線送信部
502
無線受信部
111
制御情報取得部
503
相関情報取得部
501
Precoding部
103
データ変調部
103
データ変調部
101
チャネル符号化部
101
チャネル符号化部
第1ユーザのデータ系列
第Uユーザのデータ系列

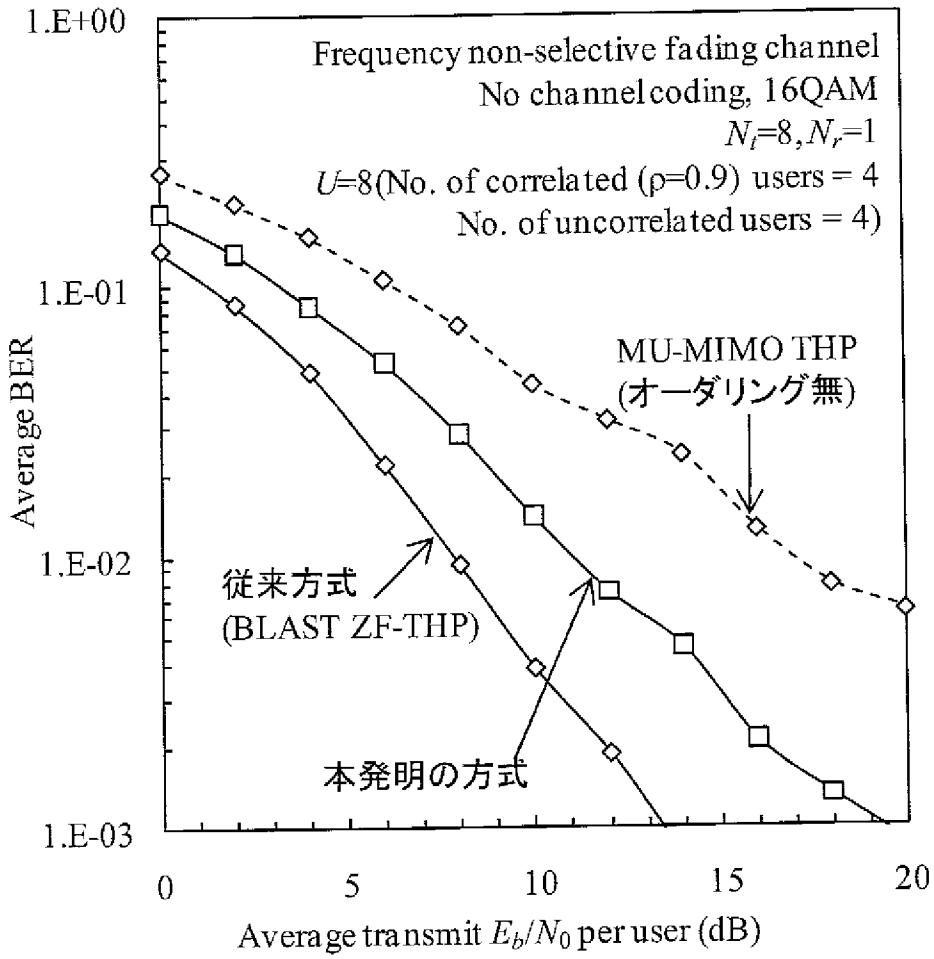
[図2]


d
s
601
オーダリング決定部
603
線形フィルタ生成部
605
THP部
607
線形フィルタ乗算部
相関係数情報
(相関情報取得部503より)

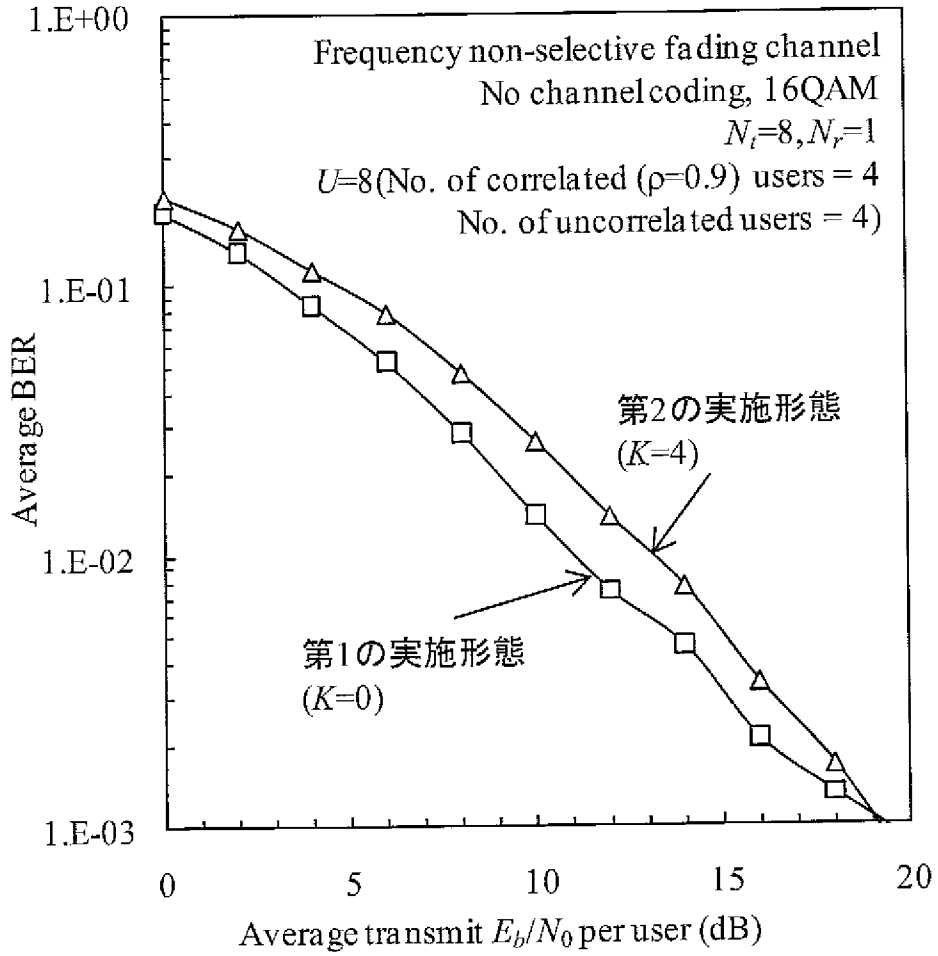
[図3]


第uユーザの
送信データ推定値
307
チャネル
復号部
305
データ
復調部
707
伝搬路
補償部
705
制御情報
取得部
701
相関情報
推定部
703
無線
受信部
702
無線
送信部

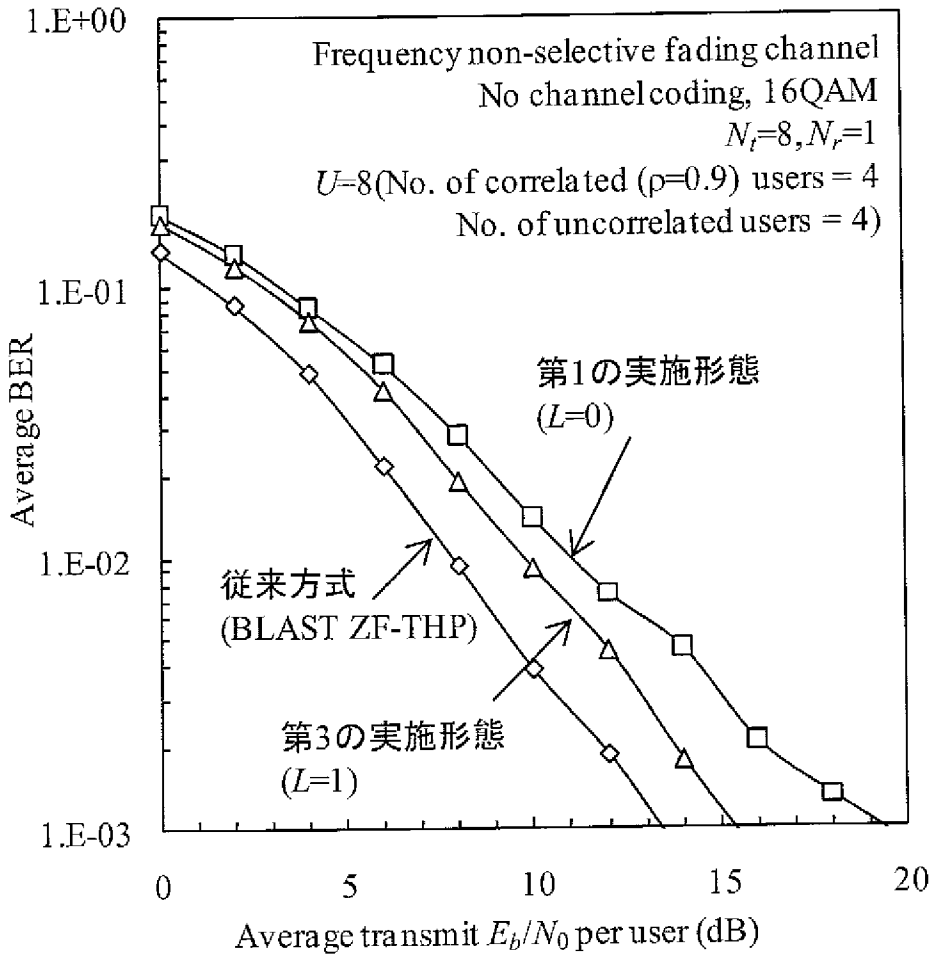
[図4]


1.E+00
1.E-01
1.E-02
1.E-03
Average BER
0
5
10
15
20
Average transmit E_b/N_0 per user (dB)
Frequency non-selective fading channel
No channel coding, 16QAM
N_t=8, N_r=1
U=8(No. of correlated (ρ=0.9) users = 4
No. of uncorrelated users = 4)
MU-MIMO THP
(オーダリング無)
従来方式
(BLAST ZF-THP)
本発明の方式

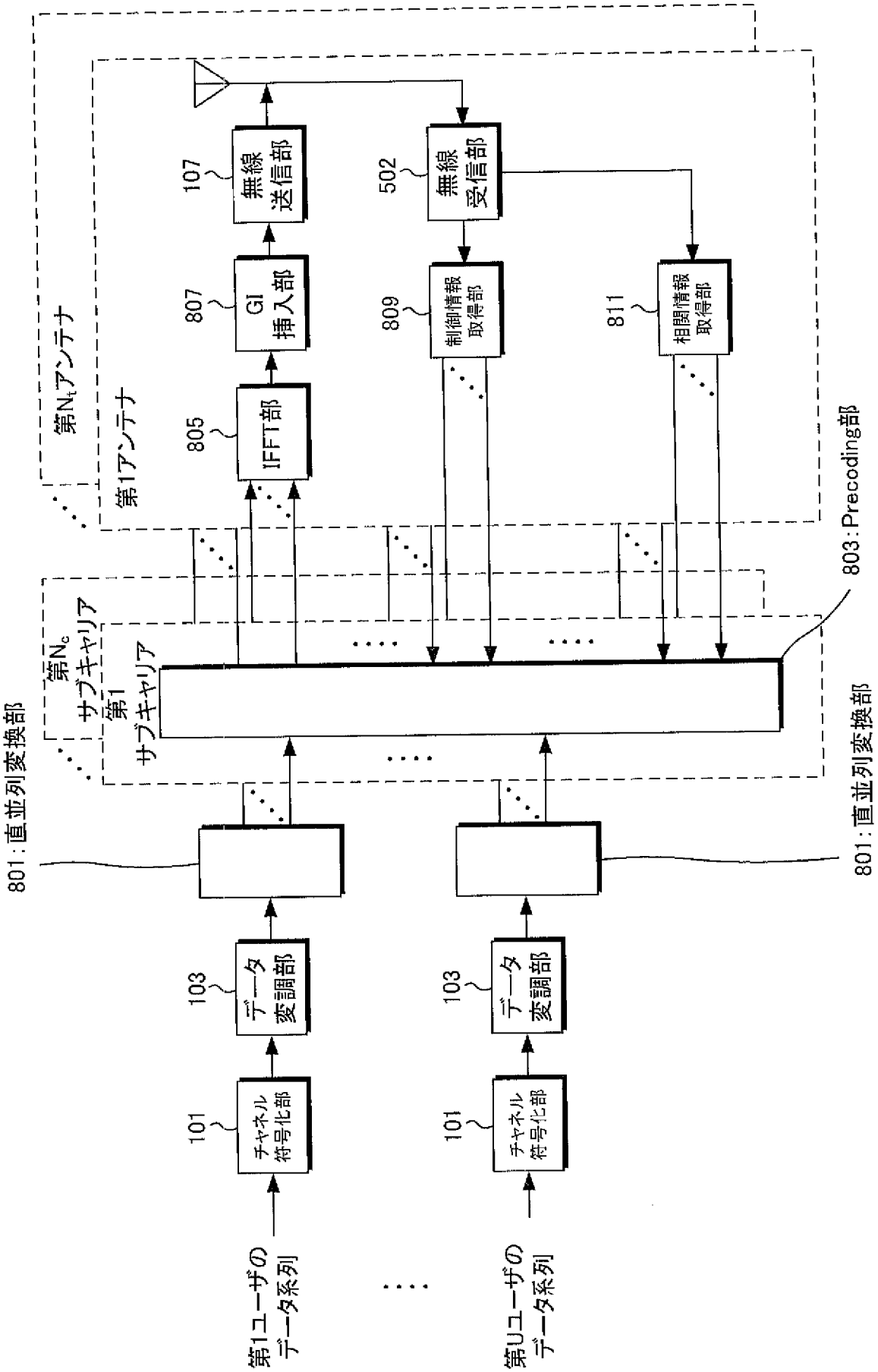
[図5]


1.E+00
1.E-01
1.E-02
1.E-03
Average BER
0
5
10
15
20
Average transmit E_b/N_0 per user (dB)
Frequency non-selective fading channel
No channel coding, 16QAM
N_t=8, N_r=1
U=8(No. of correlated (ρ=0.9) users = 4
No. of uncorrelated users = 4)
第2の実施形態
(K=4)
第1の実施形態
(K=0)

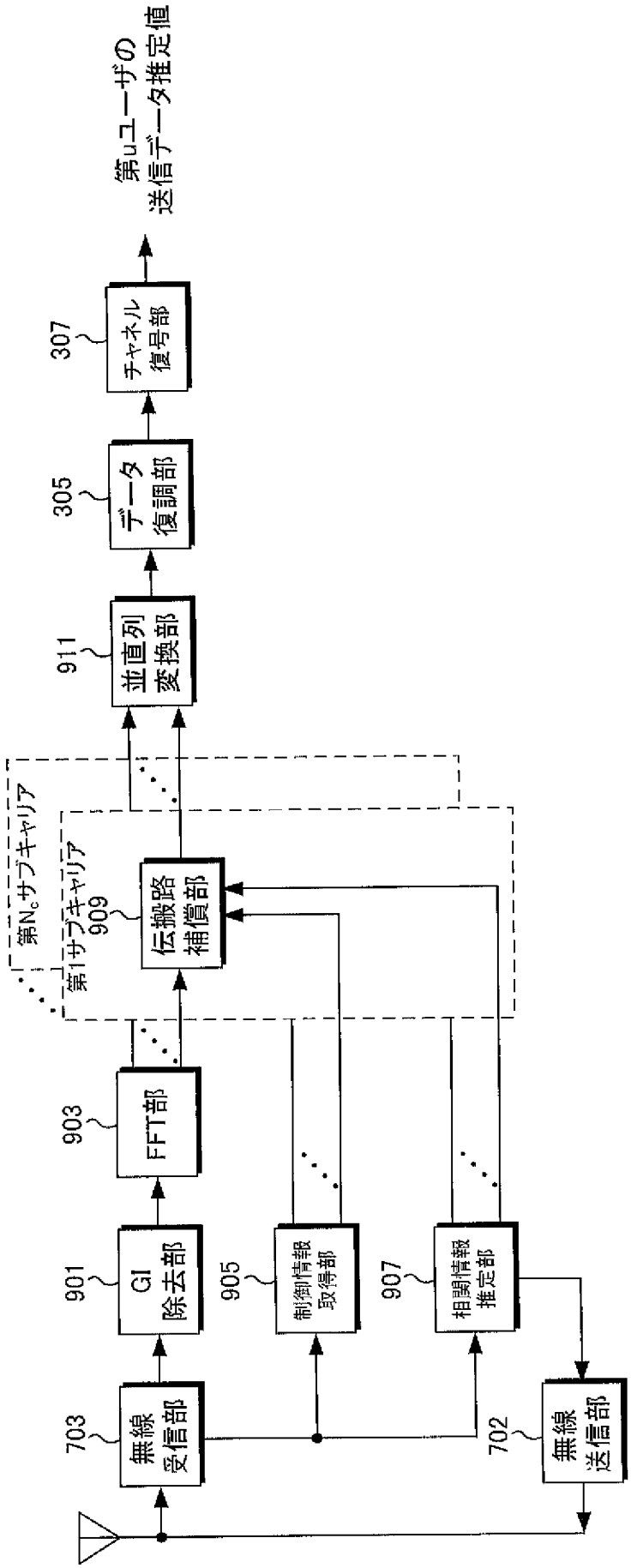
[図6]


1.E+00
1.E-01
1.E-02
1.E-03
Average BER
0
5
10
15
20
Average transmit E_b/N_0 per user (dB)
Frequency non-selective fading channel
No channel coding, 16QAM
N_t=8, N_r=1
U=8(No. of correlated (ρ=0.9) users = 4
No. of uncorrelated users = 4)
第1の実施形態
(L=0)
従来方式
(BLAST ZF-THP)
第3の実施形態
(L=1)

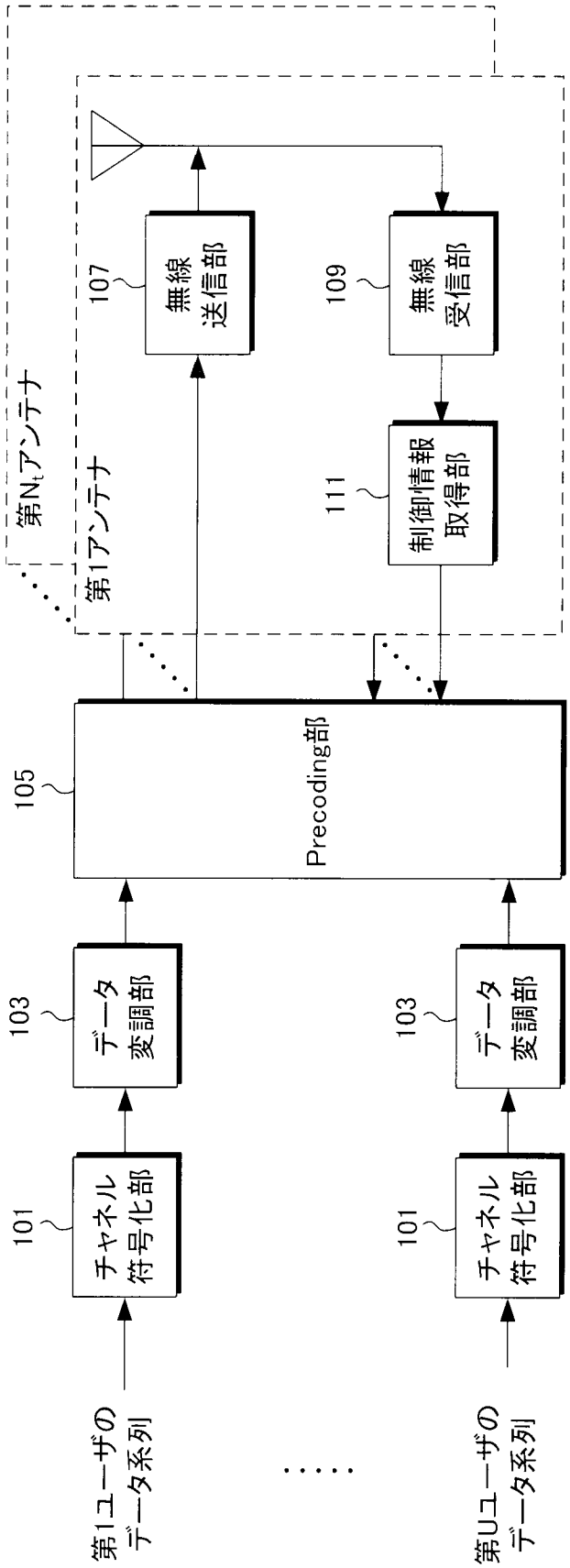
[図7]


第1ユーザのデータ系列
第Uユーザのデータ系列
101
チャネル符号化部
103
データ変調部
801:直並列変換部
801:直並列変換部
第Nc サブキャリア
第1 サブキャリア
803:Precoding部
805
IFFT部
807
GI挿入部
107
無線送信部
第Nt アンテナ
第1アンテナ
809
制御情報取得部
502
無線受信部
811
相関情報取得部

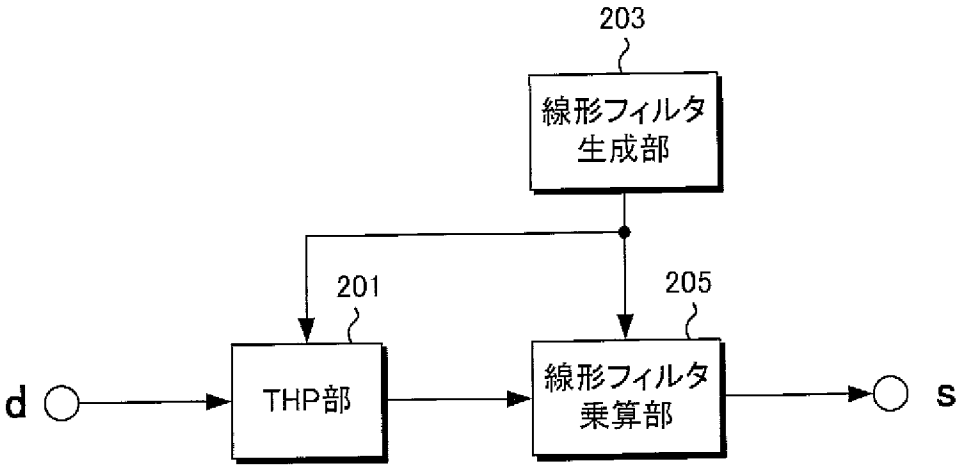
[図8]


第uユーザの
送信データ推定値
307
チャネル
復号部
305
データ
復調部
911
並直列
変換部
第1サブキャリア
第Nc サブキャリア
909
伝搬路
補償部
903
FFT部
901
GI
除去部
905
制御情報
取得部
907
相関情報
推定部
703
無線
受信部
702
無線
送信部

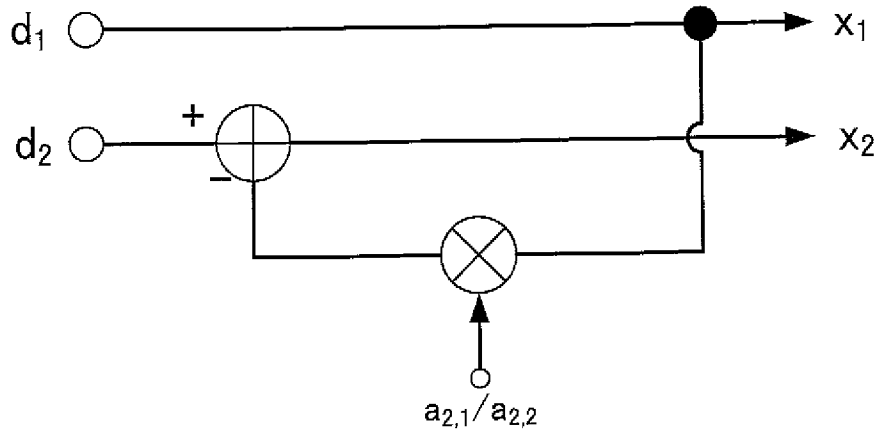
[図9]


第1ユーザのデータ系列
第Uユーザのデータ系列
101
チャネル符号化部
103
データ変調部
105
Precoding部
第1アンテナ
第N_tアンテナ
107
無線送信部
109
無線受信部
111
制御情報取得部

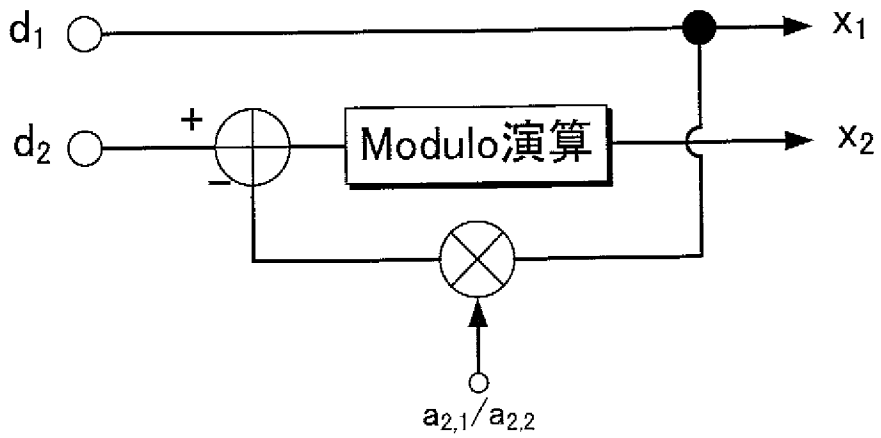
[図10]


203
線形フィルタ
生成部
201
205
d
THP部
線形フィルタ
乗算部
s

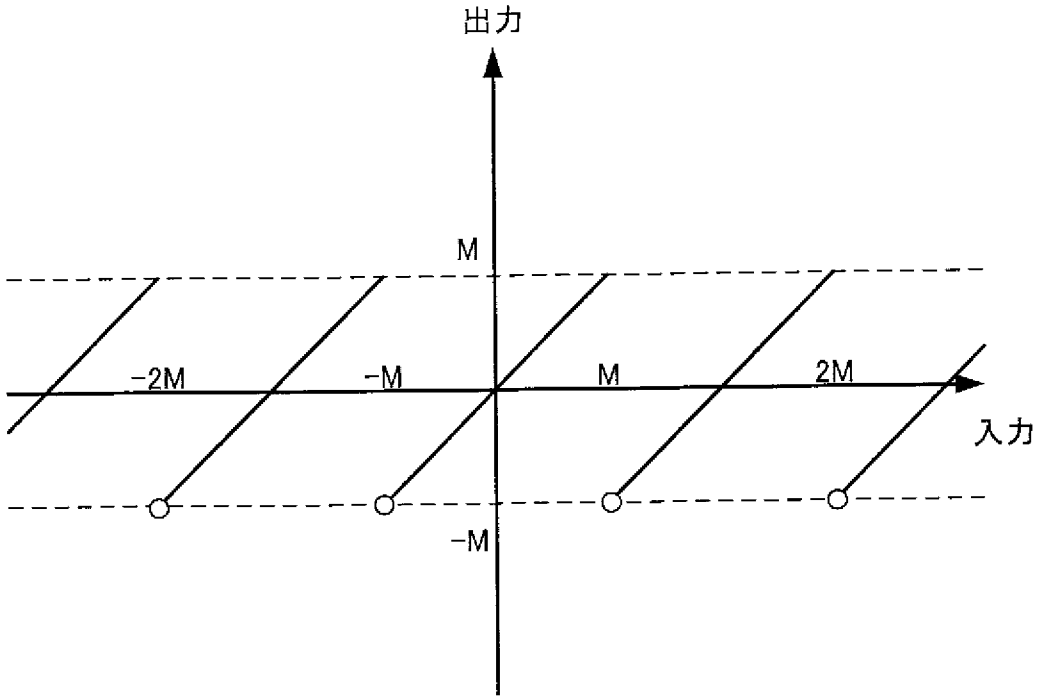
[図11]


d1
x1
d2
+
−
x2
a2,1/a2,2

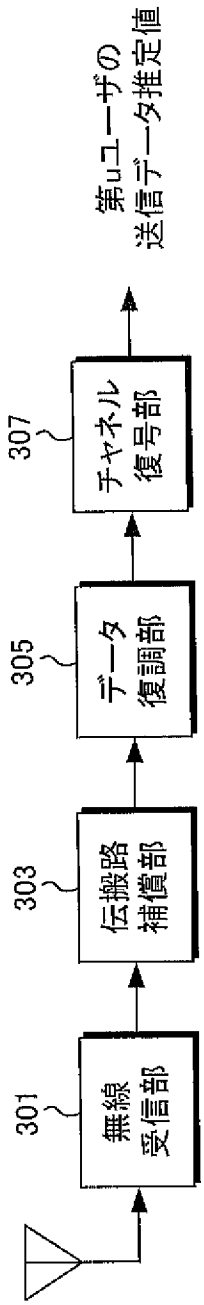
[図12]


d1
x1
d2
+
−
Modulo演算
x2
a2,1/a2,2

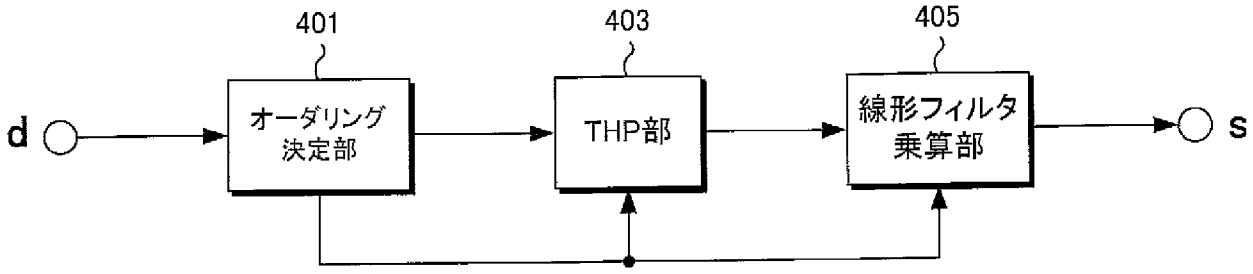
[図13]



[図14]


第uユーザの
送信データ推定値
307
チャネル
復号部
305
データ
復調部
303
伝搬路
補償部
301
無線
受信部

[図15]


401
403
405
d
オーダリング
決定部
THP部
線形フィルタ
乗算部
s

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2011/061035

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H04J99/00(2009.01)i, *H04B7/04*(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, 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 1996-2011
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)
CiNii, IEEE Xplore

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2009-71825 A (NTT Docomo Inc.), 02 April 2009 (02.04.2009), claim 2; paragraphs [0059] to [0110] & EP 2037646 A2 & CN 101388702 A	1,3-10 2,11,12
X A	Yunjian Jia et al., "A Study on Control Information Transmission for Multiuser MIMO", 2010 Nen The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers Sogo Taikai Koen Ronbunshu Tsushin 1, 02 March 2010 (02.03.2010), page 495, B-5-63	1,8-10 2-7,11,12
A	Jia Liu et al., Improved Tomlinson-Harashima Precoding for the Downlink of Multiple Antenna Multi-User Systems, IEEE Communications Society WCNC 2005, 2005.03.07, p466-472	1-12

☒ 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	Date of mailing of the international search report
23 June, 2011 (23.06.11)	05 July, 2011 (05.07.11)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2011/061035

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Hiroshi NAKANO et al., "Adaptive THP Scheme Control for Downlink MU-MIMO Systems", IEICE Technical Report, 24 February 2010 (24.02.2010), vol.109, no.440, pages 203 to 208	1-12
A	JP 2010-28384 A (Toshiba Corp.), 04 February 2010 (04.02.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2011/061035

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The invention in claim 1 is publicly known as described in the following documents 1, 2, and therefore cannot be considered to be a special technical feature which makes a contribution over the prior art. In this connection, if claims 1, 2, 3 - 7 (referring to claim 2), 11 and 12 is deemed to be a group of inventions, it is not considered that there is unity between the group of inventions and the inventions in claims 3 - 7 (referring to claim 1), claim 8, claim 9 and claim 10.

(continued to extra sheet)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet(2)

Document 1: JP 2009-71825 A

Document 2: Yunjian Jia et al., "A Study on Control Information Transmission for Multiuser MIMO", 2010 Nen The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers Sogo Taikai Koen Ronbunshu Tsushin 1, 02 March 2010 (02.03.2010), page 495, B-5-63

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１１／０６１０３５

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H04J99/00(2009.01)i, H04B7/04(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（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H04J99/00, H04B7/04, 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	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１１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）

CiNii, IEEE Xplore

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	JP 2009-71825 A (株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ) 2009.04.02, 請求項２、【００５９】－【０１１０】 & EP 2037646 A2 & CN 101388702 A	1,3-10 2,11,12
X A	Yunjian Jia 他, マルチユーザ MIMO における制御情報伝送に関する検討, 2010 年電子情報通信学会総合大会講演論文集　通信１, 2010.03.02, p495, B-5-63	1,8-10 2-7,11,12

☑　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	国際調査報告の発送日
２３．０６．２０１１	０５．０７．２０１１

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）

郵便番号１００－８９１５

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）　５Ｋ　３０４５

橘　均憲

電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５５６

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	Jia Liu 他, Improved Tomlinson-Harashima Precoding for the Downlink of Multiple Antenna Multi-User Systems, IEEE Communications Society WCNC 2005, 2005.03.17, p466-472	1-12
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, 2010.02.24, Vol.109, No.440, p203-208	1-12
A	JP 2010-28384 A (株式会社東芝) 2010.02.04, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-12

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１１／０６１０３５

第Ⅱ欄　請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第１ページの２の続き）

法第8条第3項（ＰＣＴ17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

１．☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、

２．☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、

３．☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってＰＣＴ規則6.4(a)の第２文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄　発明の単一性が欠如しているときの意見（第１ページの３の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求項１に係る発明は下記文献１，２に記載されているとおり公知であり、先行技術に対して貢献する技術的特徴と認めることはできない。ここで、請求項１，２，（請求項２を引用する）３－７，１１，１２を一群の発明と認定すれば、当該一群の発明と、（請求項１を引用する）請求項３－７、請求項８、請求項９、請求項１０に単一性は認められない。

文献１：JP 2009-71825 A
文献２：Yunjian Jia 他, マルチユーザ MIMO における制御情報伝送に関する検討, 2010 年電子情報通信学会総合大会講演論文集　通信 1, 2010.03.02, p495, B-5-63

１．☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。

２．☑ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。

３．☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。

４．☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。