

(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
2015 年 3 月 5 日(05.03.2015)



(10) 国際公開番号

WO 2015/029570 A1

- (51) 国際特許分類:
H04J 99/00 (2009.01) H04B 7/10 (2006.01)
H04B 7/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/067004
- (22) 国際出願日: 2014 年 6 月 26 日(26.06.2014)
- (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 2013-178280 2013 年 8 月 29 日(29.08.2013) JP
- (71) 出願人: 国立大学法人 九州工業大学(KYUSHU INSTITUTE OF TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒8048550 福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1 Fukuoka (JP). 株式会社レイドリクス(RADRIX CO., LTD.) [JP/JP]; 〒8208502 福岡県飯塚市川津 6 8 0 番 4 九州工業大学インキュベーション施設 Fukuoka (JP).
- (72) 発明者: 森田 賢史(MORITA Satoshi); 〒8208502 福岡県飯塚市大字川津 6 8 0-4 九州工業大学情報工学部内 Fukuoka (JP). 長尾 勇平(NAGAO Yuhei); 〒8208502 福岡県飯塚市川津 6 8

0 番 4 九州工業大学インキュベーション施設内 株式会社レイドリクス内 Fukuoka (JP). 黒崎正行(KUROSAKI Masayuki); 〒8208502 福岡県飯塚市大字川津 6 8 0-4 九州工業大学情報工学部内 Fukuoka (JP). 尾知 博(OCHI Hiroshi); 〒8208502 福岡県飯塚市大字川津 6 8 0-4 九州工業大学情報工学部内 Fukuoka (JP).

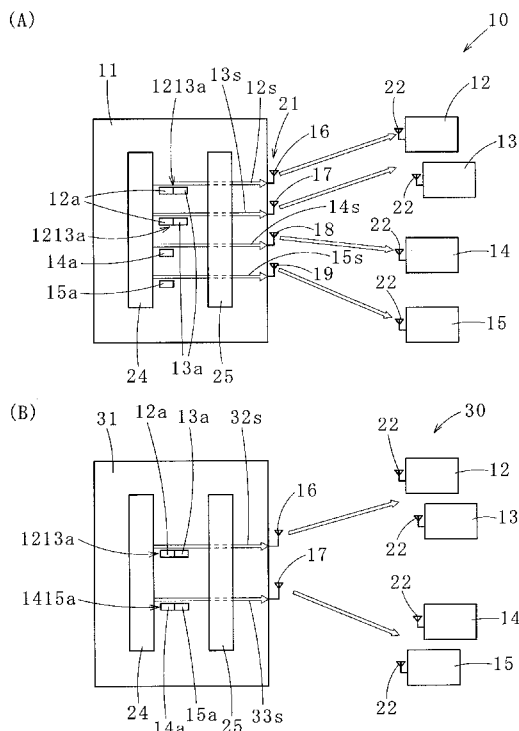
(74) 代理人: 中前 富士男, 外(NAKAMAE Fujio et al.); 〒8028691 福岡県北九州市小倉北区浅野 2 丁目 1 3 番 2 3 号 幹線ビル 4 0 1 号 中前国際特許商標事務所 Fukuoka (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: MU-MIMO SYSTEM AND MU-MIMO COMMUNICATION METHOD

(54) 発明の名称: MU-MIMO システムと MU-MIMO の通信方法



(57) Abstract: A MU-MIMO system (10), in which a beamformer (11) assigns a plurality of pieces of data (12a-15a) corresponding to a plurality of beamformees (12-15), respectively, to streams (12s-15s), precodes the plurality of pieces of data, and transmits the precoded plurality of pieces of data to the plurality of beamformees (12-15), respectively, is provided with: an assignment means (24) which, in each beamformee group in which channel correlation is high between a plurality of beamformees (12, 13), assigns a data group (1213a) created by grouping a plurality of pieces of data (12a, 13a) corresponding to the plurality of beamformees (12, 13) together to each of streams (12s, 13s); a computing means (25) which precodes the data group (1213a); and a transmission means (21) which transmits the precoded data group (1213a) to the beamformees (12, 13).

(57) 要約: ビームフォーマ 11 が、複数のビームフォーマ 12 ~ 15 それぞれに対応する複数のデータ 12a ~ 15a を、ストリーム 12s ~ 15s に割り当ててプリコーディングし、複数のビームフォーマ 12 ~ 15 それぞれに送信する MU-MIMO システム 10 であって、複数のビームフォーマ 12、13 間でチャネルの相関が高いビームフォーマグループごとに、複数のビームフォーマ 12、13 それぞれに対応する複数のデータ 12a、13a を一つにまとめたデータ群 1213a を、ストリーム 12s、13s に割り当てる割り当て手段 24 と、データ群 1213a をプリコーディングする演算手段 25 と、プリコーディングされたデータ群 1213a をビームフォーマ 12、13 に送信する送出手段 21 を備える。



(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

MU-MIMOシステムとMU-MIMOの通信方法

技術分野

[0001] 本発明は、MU-MIMO (Multi-User Multiple Input Multiple Output) により無線通信を行うMU-MIMOシステムと、MU-MIMOの通信方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、通信の無線化が多くの分野で進められている。産業用ロボットの通信に用いられる産業用イーサネットもその例外ではない。産業用イーサネットで無線通信が望まれる理由としては、通信ケーブルを設ける必要がないことから、有線通信に比べて設置が容易で、通信ケーブルの交換が不要である点等が挙げられる。

無線通信の技術には、MU-MIMOがあり、非特許文献1には、そのMU-MIMO技術を用いる国際標準規格の1つであるIEEE 802.11acが記載されている。

[0003] IEEE 802.11ac規格等におけるMU-MIMO技術は、ビームフォーマ (Beamformer) が同時に、同周波数帯で、複数のビームフォーミ (Beamformee) に対して高速通信できる点で注目されている。

そして、産業用ロボットに指令信号を送る制御装置をビームフォーマとし、産業用ロボットをビームフォーミとして、MU-MIMOによる無線通信を行うことにより、制御装置は、高速通信環境下で、複数の産業用ロボットに対し同時に指令信号を送ることが可能となる。従って、MU-MIMOを産業用イーサネットに適用できれば、1つの制御装置で同時に複数の産業用ロボットの動作を円滑に制御可能となる。

[0004] MU-MIMOの仕組みを、図8に示すシステムを例にして、以下に説明す

る。

なお、このシステムでは、ビームフォーマ１００が同時にパラレルでデータを送ることができる数（ストリーム数）とビームフォーミ１０１、１０２、１０３、１０４が同数であるが、ＭＵ－ＭＩＭＯはこれに限定されず、ストリーム数がビームフォーミ数より多いこともあるのは言うまでもない。

[0005] ビームフォーマ１００は、まず、ビームフォーミ１０１、１０２、１０３、１０４に送る各データを、ストリーム１０１ａ、１０２ａ、１０３ａ、１０４ａそれぞれに割り当てる。次に、ビームフォーマ１００は、ビームフォーマ１００から発信されるデータに重み付けをするプリコーディングによって、それぞれのデータを発信前に予め処理して、ビームフォーミ１０１、１０２、１０３、１０４間で干渉を生じさせないようにする。

[0006] プリコーディングによるデータへの重み付けとは、ビームフォーマ１００が、ビームフォーミ１０１、１０２、１０３、１０４のチャネル（伝送路）情報を基にして、ビームフォーミ１０１、１０２、１０３、１０４間で干渉を生じないようにする重み行列を求め、この重み行列をデータに乗算することを意味する。

そして、ビームフォーマ１００は、プリコーディングを行った各データをビームフォーミ１０１、１０２、１０３、１０４にそれぞれ送信する。

[0007] ところで、複数の産業用ロボットが設置されている現場の多くにおいては、連続するタイムサイクルごとに、制御装置から複数の産業用ロボットに指令信号を含むデータを伝送する同期通信が採用されている。各産業用ロボットは、タイムサイクルごとに指令信号を受信することにより他の産業用ロボットと精密に関連して作動でき、複数の産業用ロボット全体の作業効率を高めることが可能である。

この同期通信は、産業用ロボットの設置現場に限らず、複数の機器が関連して作動する他の現場においても利用されている。

先行技術文献

非特許文献

[0008] 非特許文献1: IEEE P802.11acTM/D4.0, October 2012, “Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications”

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] ここで、MU-MIMOの従来の設計思想（以下、「従来のMU-MIMO」とも言う）においては、ビームフォーマが通信状態のよいビームフォーミと優先的に通信を行いシステム全体で高スループットを維持しようとするため、通信状態が劣悪なビームフォーミは通信が滞った状態となる。即ち、従来のMU-MIMOでは、複数のビームフォーミ全てに通信機会の公平性を確保する点が重視されていない。

一方、同期通信の同期精度を上げるには、複数のビームフォーミの中で最も通信状態が悪い通信レベルを向上させることが重要である。

従って、MU-MIMOを同期精度の高い（例えば、数 μ secオーダ）同期通信に適用するには、MU-MIMOにおいて、ビームフォーミの通信レベルの底上げが求められる。

[0010] そして、MU-MIMOにおいて通信状態が劣悪となる典型的な例に、ビームフォーミ間でチャンネルの相関が高い状況が挙げられる。例えば、ビームフォーミ間の距離が短く、チャンネル状態が近似している際に、そのビームフォーミ間でチャンネルの相関が高くなる。

以下、図8に示すシステムにおいて、ビームフォーミ101、102間でチャンネルの相関が高い場合に起こる現象を説明する。なお、ビームフォーミ103、104は、他のビームフォーミとチャンネルの相関が低いものとする。

[0011] ビームフォーミ101、102間でチャンネルの相関が高いことにより、ビームフォーマ100は、ストリーム101aに割り当てたデータ、及び、ストリーム102aに割り当てたデータそれぞれから、ビームフォーミ101、102間で干渉を生じさせないような重み行列を求めることができない。

その結果、ビームフォーミ 103、104 がそれぞれ通信を完了しているのに対し、ビームフォーミ 101、102 は、その干渉の影響により、通信エラーが多発し、通信未完了の状態が継続する。

[0012] このため、ビームフォーマ 100 とビームフォーミ 103、104 それぞれの間では順調に通信が行われるが、ビームフォーマ 100 とビームフォーミ 101、102 それぞれの間では通信が滞ることになり、所定の精度の同期通信を行うことができない。

本発明は、かかる事情に鑑みてなされるもので、チャネルの相関が高いビームフォーミが安定的に通信を行うことができる MU-MIMO システムと MU-MIMO の通信方法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

[0013] 前記目的に沿う第 1 の発明に係る MU-MIMO システムは、ビームフォーマが、複数のビームフォーミそれぞれに対応する複数のデータを、ストリームに割り当ててプリコーディングし、前記複数のビームフォーミそれぞれに送信する MU-MIMO システムであって、複数の前記ビームフォーミ間でチャネルの相関が高くなっているビームフォーミグループごとに、該複数のビームフォーミそれぞれに対応する複数の前記データを一つにまとめたデータ群を、1 つ又は複数の前記ストリームに割り当てる割り当て手段と、前記データ群をプリコーディングする演算手段と、プリコーディングされた前記データ群を該データ群に含まれる複数の前記データにそれぞれ対応する前記ビームフォーミに送信する送出手段とを備える。

ここで、チャネルの相関が高いとは、チャネルの相関によるビームフォーミの packet エラー率、あるいは、符号誤り率が所定の値以上となるチャネルの相関レベルであることを意味する。

[0014] 第 1 の発明に係る MU-MIMO システムにおいて、前記割り当て手段は、前記複数のビームフォーミそれぞれのチャネル状態から検出した該ビームフォーミ間のチャネルの相関を基にして、前記データ群にまとめる複数の前記データを決定するのが好ましい。

[0015] 第1の発明に係るM U - M I M Oシステムにおいて、前記ビームフォーミは産業用ロボットであり、前記ビームフォーマは前記産業用ロボットに指令信号を送る制御装置であるのが好ましい。

[0016] 前記目的に沿う第2の発明に係るM U - M I M Oの通信方法は、ビームフォーマが、複数のビームフォーミそれぞれに対応する複数のデータを、ストリームに割り当ててプリコーディングし、前記複数のビームフォーミにそれぞれ送信するM U - M I M Oの通信方法において、複数の前記ビームフォーミ間でチャンネルの相関が高くなっているビームフォーミグループごとに、該複数のビームフォーミそれぞれに対応する複数の前記データを一つにまとめたデータ群を、1つ又は複数の前記ストリームに割り当てる工程Aと、前記データ群をプリコーディングする工程Bと、プリコーディングされた前記データ群を、該データ群に含まれる複数の前記データそれぞれに対応する前記ビームフォーミに送信する工程Cとを有する。

[0017] 第2の発明に係るM U - M I M Oの通信方法において、前記データ群にまとめる複数の前記データを、前記複数のビームフォーミそれぞれのチャンネル状態から検出した該ビームフォーミ間のチャンネルの相関を基に決定するのが好ましい。

発明の効果

[0018] 第1の発明に係るM U - M I M Oシステム、及び、第2の発明に係るM U - M I M Oの通信方法は、複数のビームフォーミ間でチャンネルの相関が高くなっているビームフォーミグループごとに、複数のビームフォーミそれぞれに対応する複数のデータを一つにまとめたデータ群を、1つ又は複数のストリームに割り当て、データ群をプリコーディングし、プリコーディングされたデータ群を、データ群に含まれる複数のデータそれぞれに対応するビームフォーミに送信するので、チャンネルの相関が高い複数のビームフォーミが、そのビームフォーミそれぞれに対応するデータを一つにまとめたデータ群の受信によって、そのビームフォーミに対応するデータを取得でき、安定的に通信を行うことが可能である。

図面の簡単な説明

- [0019] [図1]本発明の一実施の形態に係るMU-MIMOシステムの説明図である。
- [図2]同MU-MIMOシステムのデータの処理を示す説明図である。
- [図3] (A)、(B)はそれぞれ、同MU-MIMOシステムのデータの処理を示す説明図、及び、変形例に係るMU-MIMOシステムのデータの処理を示す説明図である。
- [図4]実施例及び比較例それぞれにおけるビームフォーミ1のBER特性を示すグラフである。
- [図5]実施例及び比較例それぞれにおけるビームフォーミ2のBER特性を示すグラフである。
- [図6]実施例及び比較例それぞれにおけるビームフォーミ3のBER特性を示すグラフである。
- [図7]実施例及び比較例それぞれにおけるビームフォーミ4のBER特性を示すグラフである。
- [図8]従来例に係るMU-MIMOシステムの説明図である。

発明を実施するための形態

- [0020] 続いて、添付した図面を参照しつつ、本発明を具体化した実施の形態につき説明し、本発明の理解に供する。

図1、図2に示すように、本発明の一実施の形態に係るMU-MIMOシステム10は、ビームフォーマ11が、複数のビームフォーミ12、13、14、15それぞれに対応する複数のデータ12a、13a、14a、15aを、ストリーム12s、13s、14s、15sに割り当ててプリコーディングし、複数のビームフォーミ12、13、14、15それぞれに送信する無線通信システムである。以下、詳細に説明する。

- [0021] MU-MIMOシステム10は1つのビームフォーマ11を有し、そのビームフォーマ11は、図1、図2に示すように、複数の送受信アンテナ16、17、18、19と、その複数の送受信アンテナ16、17、18、19に接続された送受信処理回路20を備えている。

OSI参照モデルを含む複数のレイヤから構成された送受信処理回路20は、ビームフォーミ12、13、14、15それぞれに対して送信するデータ12a、13a、14a、15aを生成し、プリコーディング処理を行う。

[0022] 送受信処理回路20で生成されプリコーディングされたデータ12a、13a、14a、15aは、複数の送受信アンテナ16、17、18、19及び図示しない複数のアンプを備える送出手段21を介して、ビームフォーミ12、13、14、15にそれぞれ送信される。

ビームフォーマ11と無線通信を行う複数のビームフォーミ12、13、14、15もそれぞれ、図示しないアンプに接続された送受信アンテナ22を有し、ビームフォーマ11から送られたデータ12a、13a、14a、15aを受信する。

本実施の形態では、ビームフォーミ12、13、14、15はそれぞれ産業用ロボットであり、ビームフォーマ11は、ビームフォーミ12、13、14、15に指令信号を送る制御装置である。指令信号とは、ビームフォーミ12、13、14、15の動作を決定する信号を意味する。

[0023] 送受信処理回路20には、図2に示すように、ビームフォーミ12、13、14、15それぞれに対応した（供給すべき）データ12a、13a、14a、15aを生成するデータ処理手段23と、データ処理手段23で生成されたデータ12a、13a、14a、15aを複数のストリーム12s、13s、14s、15sに割り当てる（あてがう）割り当て手段24と、データ12a、13a、14a、15aをプリコーディングし送出手段21に与える演算手段25が設けられている。データ処理手段23、割り当て手段24及び演算手段25は、例えば、記憶媒体の中に格納されたプログラムである。

[0024] データ12a、13a、14a、15aはそれぞれ、ビームフォーミ12、13、14、15に対応する指令信号を含んだ所定長（本実施の形態では6バイト）のデジタル情報列である。

ビームフォーミ12は複数の動作パターンを行うことができ、各動作パター

ンに対して異なる指令信号が設けられている。データ 12 a を構成するデジタル情報列は、ビームフォーミ 12 の動作パターンごとに異なり、ビームフォーミ 12 はデータ 12 a のデジタル情報列に応じて所定の動作パターンを行う。この点、ビームフォーミ 13 とデータ 13 a の関係、ビームフォーミ 14 とデータ 14 a の関係、及び、ビームフォーミ 15 とデータ 15 a の関係も、ビームフォーミ 12 とデータ 12 a の関係とそれぞれ同じである。

[0025] データ 12 a、13 a、14 a、15 a は、まず、データ処理手段 23 により、予め定められた設定に従って生成され、データ処理手段 23 から割り当て手段 24 に与えられる。

割り当て手段 24 は、ビームフォーミ 12、13、14、15 のチャネル状態（情報）を、所定の時間間隔でビームフォーミ 12、13、14、15 からそれぞれ取得する。次に、割り当て手段 24 は、ビームフォーミ 12、13、14、15 の各チャネル状態を基にして、データ処理手段 23 から受け取ったデータ 12 a、13 a、14 a、15 a それぞれの割り当て先を、ストリーム 12 s、13 s、14 s、15 sの中から選択する。

[0026] 複数のデータ 12 a、13 a、14 a、15 a のストリーム 12 s、13 s、14 s、15 s への割り当ては、具体的には、以下のように行われる。

複数のビームフォーミ 12、13、14、15 がそれぞれ他のビームフォーミ 12、13、14、15 との関係でチャネルの相関が低い場合、複数のデータ 12 a、13 a、14 a、15 a はそれぞれ別個のストリーム 12 s、13 s、14 s、15 s に割り当てられる。本実施の形態では、データ 12 a、13 a、14 a、15 a が、図 2 に示すように、ストリーム 12 s、13 s、14 s、15 s にそれぞれ割り当てられる。

ここで、チャネルの相関が低いとは、チャネルの相関によるビームフォーミ 12、13、14、15 のパケットエラー率が X%（所定の値）未満となるチャネルの相関レベルを意味し、反対に、パケットエラー率が X%以上のチャネルの相関レベルはチャネルの相関が高いということになる。X%は、例えば、20～80%の範囲の値であり、この値は、MU-MIMOシステム

を利用する現場で要求される通信レベルに応じて異なる。

[0027] 一方、割り当て手段24が、複数のビームフォーミ12、13、14、15の中に、他のビームフォーミ12、13、14、15との関係でチャンネルの相関が高い（チャンネルの相関によるパケットエラー率がX%以上となるチャンネルの相関レベルである）ものを検出した場合、割り当て手段24は、チャンネルの相関の高くなっている組み合わせを基に複数のビームフォーミ12、13、14、15を、1又は複数のビームフォーミグループにグループ分けする。そして、割り当て手段24は、ビームフォーミグループごとに、ビームフォーミグループに属する複数のビームフォーミそれぞれに対応する複数のデータを一つにまとめたデータ群をストリーム12s、13s、14s、15sに割り当てる。

なお、1つのデータ群は複数のデータを備えたデジタル情報列のかたまり（パケット）である。

[0028] 割り当て手段が、複数のビームフォーミの中に、例えば、合計M組のチャンネルの相関が高いビームフォーミの群を検出したとすると、割り当て手段は、チャンネルの相関が高くなっている複数のビームフォーミをM個のビームフォーミグループにグループ分けし、M個のビームフォーミグループ各々に対して、ビームフォーミグループに属する複数のビームフォーミそれぞれに対応する複数のデータを一つにまとめたデータ群を、ストリームに割り当てる。そして、K番目のビームフォーミグループにおいて、N個（Nは2以上の整数）のビームフォーミ間でチャンネルの相関が高くなっているとすると、割り当て手段は、そのN個のビームフォーミそれぞれに対応するデータを1つにまとめたデータ群（以下、「データ群K」とも言う）を、1つ又は複数のストリームに割り当てる。データ群Kが割り当てられるストリームは、データ群Kに含まれるデータに対応するビームフォーミに対して割り当てられた（対応した）ストリームである。

[0029] ここで、各ビームフォーミに1つのストリームが割り当てられている場合、割り当て手段は、データ群KをN個のストリームにそれぞれ割り当てる。

一方、各ビームフォーミが L ($L \geq 2$) 個の送受信アンテナを備え、各ビームフォーミに L 個のストリームが割り当てられる場合、割り当て手段は、データ群 K を、 $(N \times L)$ 個のストリームにそれぞれ割り当てる。

なお、一つのビームフォーミに複数のストリームを対応させることで、ダイバーシチ (diversity) 効果による通信の安定性向上を図れることは言うまでもない。

[0030] MU-MIMOシステム10においては、ビームフォーマ11が、ビームフォーミ12、13、14、15にストリーム12s、13s、14s、15sをそれぞれ割り当てて通信を行う。このMU-MIMOシステム10において、割り当て手段24が、ビームフォーミ12、13間でチャンネルの相関が高く、ビームフォーミ14、15はそれぞれ、他のビームフォーミ12、13、14、15との関係でチャンネルの相関が低いのを検出した場合、図3(A)に示すように、ビームフォーミ12、13間でチャンネルの相関が高くなっているビームフォーミグループについて、データ12a、13aを一つにまとめたデータ群1213aを、ストリーム12s、13sにそれぞれ割り当てる。

[0031] データ14a、15aは、まとめられることなく、データ14aがストリーム14sに割り当てられ、データ15aがストリーム15sにそれぞれ割り当てられる。

因って、割り当て手段24は、複数のビームフォーミ12、13、14、15それぞれのチャンネル状態から検出したビームフォーミ間のチャンネルの相関を基にして、どのデータをデータ群として一つにまとめるかを決定し、更に、データ群にまとめるデータが存在する場合、そのデータ群にまとめる複数のデータを決定することになる。

なお、データ14a、15a及びデータ群1213aをストリームに割り当てるアルゴリズムとしては、最大チャンネル容量選択法や、最大最小特異値法等の周知の方法を採用することができる。

[0032] そして、ストリーム12s、13sにそれぞれ割り当てられたデータ群12

13aは、演算手段25によってプリコーディングされ、送受信アンテナ16、17から発信され、ビームフォーミ12、13によってそれぞれ受信される。

ビームフォーミ12（ビームフォーミ13についても同じ）は、ビームフォーマ11から受け取ったプリコーディングされたデータ群1213aに含まれているデータ12a（ビームフォーミ13については、データ13a）を基に、次に行うべき動作パターンを決定する。

[0033] ここで、ビームフォーミ12、13はチャネルの相関が高いため、ビームフォーミ12、13は共に、送受信アンテナ16から発信されたプリコーディングされたデータ群1213aと、送受信アンテナ17から発信されたプリコーディングされたデータ群1213aを受信することができる。

従って、ビームフォーミ12、13はそれぞれ、少なくとも送受信アンテナ16、17のうち一方から発信されたデータ群1213aの受信に成功することで、次に行うべき動作パターンを決定可能なダイバーシチ効果を得られる状態にある。

[0034] また、データ14a、15aは、演算手段25によりプリコーディングされ、ビームフォーマ11の送受信アンテナ18、19から発信され、それぞれビームフォーミ14、15によって受信される。ビームフォーミ14、15はそれぞれ、プリコーディングされたデータ14a、15aを基に、次に行うべき動作パターンを決定する。

プリコーディングには、演算方法が異なるCI（Channel Inversion）、RCI（Regularized Channel Inversion）、及び、BD（Block Diagonalization）の各手法があり、本実施の形態では、プリコーディングの手法として、BDを採用しているが、これに限定されないのは言うまでもない。

[0035] BD手法では、まず、ビームフォーミのチャネル状態を基に得られるチャネル行列Hを特異値分解することで重み行列 W^{BD} が生成され、この重み行列 W^{BD} をデータ（送信シンボル）uに乗算してプリコーディングが行われる。

データ u と、データ u をプリコーディングしたデータ s は、以下の式 1 の関係にある。

[0036] [数1]

$$\mathbf{s} = \mathbf{W}^{BD} \mathbf{u} \quad \dots (式1)$$

[0037] 正規化ゲインを $1/\sqrt{\gamma_{BD}}$ とし、正規化後の送信信号を x とすると、ビームフォーマからビームフォーミに伝搬した信号である受信信号 y_{BD} は以下の式 2 で表される。なお、 $x = (1/\sqrt{\gamma_{BD}}) s$ である。式 2 において、 H_{BD} は、BD 手法によるプリコーディングがなされたチャネル行列であり、具体的にはチャネル行列 H に W^{BD} を乗算したものであり、 n は、熱雑音ベクトルである。

[0038] [数2]

$$\begin{aligned} y_{BD} &= \mathbf{H} \mathbf{x} + \mathbf{n} \\ &= \frac{1}{\sqrt{\gamma_{BD}}} \mathbf{H} \mathbf{s} + \mathbf{n} \\ &= \frac{1}{\sqrt{\gamma_{BD}}} \mathbf{H} \mathbf{W}^{BD} \mathbf{u} + \mathbf{n} \\ &= \frac{1}{\sqrt{\gamma_{BD}}} \mathbf{H}_{BD} \mathbf{u} + \mathbf{n} \end{aligned} \quad \dots (式2)$$

[0039] このとき、チャネルは以下の式 3 に示すチャネル H_{BD} として取り扱うことができる。ここで、 M_k は、ビームフォーマの送受信アンテナからビームフォーミ k の送受信アンテナへの行列を表す。

[0040]

[数3]

$$\mathbf{H}_{BD} = \mathbf{H}\mathbf{W}^{BD} = \begin{bmatrix} \mathbf{M}_1 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \mathbf{M}_2 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \mathbf{M}_k & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mathbf{M}_K \end{bmatrix} \cdots \text{(式3)}$$

[0041] 式3より、チャネル行列 $\mathbf{H}_{BD}$ は各ビームフォーミのチャネル行列 $\mathbf{M}_1$ 、 $\mathbf{M}_2$ 、 $\cdots$ 、 $\mathbf{M}_k$ 、 $\cdots$ 、 $\mathbf{M}_K$ で構成される部分対角行列となり、相関を生じる成分を除去、あるいは、減少した状態で、通信が行われる。

そして、重み行列 $\mathbf{W}^{BD}$ は、以下の式4で示すように、各ビームフォーミへの重み行列 $\mathbf{w}_k$ で構成されるため、各ビームフォーミごとの重み行列 $\mathbf{w}_k$ を求めることで、重み行列 $\mathbf{W}^{BD}$ を得ることができる。

[0042] [数4]

$$\mathbf{W}^{BD} = [\mathbf{w}_1 \quad \mathbf{w}_2 \quad \cdots \quad \mathbf{w}_k \quad \cdots \quad \mathbf{w}_K] \cdots \text{(式4)}$$

[0043] ビームフォーミ k の重み行列の生成は、はじめに、チャネル行列 $\mathbf{H}$ からビームフォーミ k のチャネル行列を除去したチャネル行列 $\mathbf{H}_k'$ を得る。チャネル行列 $\mathbf{H}_k'$ はビームフォーミの全ての送受信アンテナからビームフォーミ k を除くビームフォーミの送受信アンテナへのチャネルを意味する。チャネル行列 $\mathbf{H}$ 及びチャネル行列 $\mathbf{H}_k'$ は以下の式5及び式6でそれぞれ示される。

[0044]

[数5]

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} \mathbf{H}_1 \\ \mathbf{H}_2 \\ \vdots \\ \mathbf{H}_{k-1} \\ \mathbf{H}_k \\ \mathbf{H}_{k+1} \\ \vdots \\ \mathbf{H}_K \end{bmatrix} \quad \dots \text{(式5)}$$

$$\mathbf{H}_k' = \begin{bmatrix} \mathbf{H}_1 \\ \mathbf{H}_2 \\ \vdots \\ \mathbf{H}_{k-1} \\ \mathbf{H}_{k+1} \\ \vdots \\ \mathbf{H}_K \end{bmatrix} \quad \dots \text{(式6)}$$

[0045] ここで、ビームフォーマの送受信アンテナの数を N_{TX} 、1つのビームフォーマミが備える送受信アンテナの数を N_{RX} 、ビームフォーマミの数を K として、 $\mathbf{H}_k'$ に特異値分解を適用すると、 $\mathbf{H}_k'$ は以下の式7で表される。

[0046] [数6]

$$\mathbf{H}_k' = \mathbf{U}_k' [\Sigma_k' \quad 0] [\mathbf{V}_k' \quad \mathbf{V}_k''] \quad \dots \text{(式7)}$$

[0047] $\mathbf{H}_k'$ は、 $N_{RX} (K-1) \times N_{TX}$ の非正方行列であり、ランク落ちが生じない前提で、 $N_{RX} \times (K-1)$ 個の特異値を持ち、 Σ_k' と表される。それぞれの特異値に対する特異ベクトルを $\mathbf{V}_k'$ とし、 $\mathbf{H}_k'$ に、 $N_{TX} - N_{RX} (K-1)$ の零空間と零ベクトル $\mathbf{V}_k''$ が存在するとすると、零ベクトル $\mathbf{V}_k''$ をチャネル行列 $\mathbf{H}$ に乗算することで、ビームフォーマミ k 以外のビームフォーマミに対しヌルを向け相関成分を除去することが可能となる。全てのビームフォーマミについて、特定のビームフォーマミ以外のビームフォーマミに対してヌルを向ける零ベクトル $\mathbf{V}_k''$ を求めることで、以下の式8に示す重み行列 $\mathbf{W}^{BD}$ を得ることができる。

[0048] [数7]

$$\mathbf{W}^{BD} = [\mathbf{V}_1'' \quad \mathbf{V}_2'' \quad \dots \quad \mathbf{V}_k'' \quad \dots \quad \mathbf{V}_K''] \quad \dots \text{(式8)}$$

[0049] MU-MIMOシステム10において、ビームフォーミ12、13間、及び、ビームフォーミ14、15間でそれぞれ相関が高くなっていると、データ群1213aはストリーム12s、13sにそれぞれ割り当てられ、データ14a、15aを一つにまとめたデータ群1415aはストリーム14s、15sにそれぞれ割り当てられる。

このとき、ビームフォーミ12に対応する $H_{1,2}'$ は以下の式9で表される。

[0050] [数8]

$$H_{1,2}' = \begin{bmatrix} H_3 \\ H_4 \end{bmatrix} \quad \dots (式9)$$

[0051] $H_{1,2}'$ を特異値分解することで、ビームフォーミ12、13以外にヌルを向ける零ベクトル $V_{1,2}''$ が算出され、この $V_{1,2}''$ をビームフォーミ12、13に対する重み行列 $w_{1,2}$ とする。

この処理を、ビームフォーミ13、14、15について行うことにより、以下の式10で示される重み行列 W^{BD2} が生成される。

[0052] [数9]

$$W^{BD2} = \begin{bmatrix} V_{1,2}'' & V_{3,4}'' \end{bmatrix} \quad \dots (式10)$$

[0053] 重み行列 W^{BD2} は、 4×2 の行列であり、相関を生じる成分を除去した HW^{BD2} は、以下の式11で表される。

[0054]

[数10]

$$\begin{aligned}
 \mathbf{H}\mathbf{W}^{BD2} &= \begin{bmatrix} h_{1,1} & h_{1,2} & h_{1,3} & h_{1,4} \\ h_{2,1} & h_{2,2} & h_{2,3} & h_{2,4} \\ h_{3,1} & h_{3,2} & h_{3,3} & h_{3,4} \\ h_{4,1} & h_{4,2} & h_{4,3} & h_{4,4} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_{1,1} & w_{1,2} \\ w_{2,1} & w_{2,2} \\ w_{3,1} & w_{3,2} \\ w_{4,1} & w_{4,2} \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} h_{1,1}w_{1,1} & 0 \\ h_{2,2}w_{2,1} & 0 \\ 0 & h_{3,3}w_{3,2} \\ 0 & h_{4,4}w_{4,2} \end{bmatrix} \quad \dots (\text{式 } 11)
 \end{aligned}$$

[0055] ここで、MU-MIMOシステム10においては、相関が高いビームフォーミ12、13に対し、同じデータ群1213aが送信されるので、ビームフォーミ12、13はそれぞれ、データ12、13を安定的に得ることができ、結果として、ビームフォーミ12、13間の高い相関による影響を抑制可能である。この点、ビームフォーミ14、15についても同じことが言える。

[0056] また、各ビームフォーミのチャンネルの相関関係が固定されている現場では、複数のビームフォーミ間でチャンネルの相関が高くなっているビームフォーミグループそれぞれに対し、1つのストリームを割り当てるようにしてもよい。

MU-MIMOシステム10の変形例である図3(B)に示すMU-MIMOシステム30は、ビームフォーミ12、13、14、15のチャンネルの相関が固定されている。

以下、MU-MIMOシステム30について説明する。なお、MU-MIMOシステム10と同様の構成については、MU-MIMOシステム10と同一の符号を付して詳しい説明は省略する。

[0057] MU-MIMOシステム30においては、ビームフォーマ31及びビームフォーミ12、13、14、15の配置が固定され、ビームフォーミ12、1

3、14、15それぞれのチャネル状態が固定されている。本実施の形態では、ビームフォーミ12、13間でチャネルの相関が高く、ビームフォーミ14、15間でチャネルの相関が高い。

ビームフォーマ31が備える割り当て手段24は、ストリーム32s、33sそれぞれに割り当てデータ群が定められた設定テーブルを有している。本実施の形態では、その設定テーブルに、データ12a、13aを一つにまとめたデータ群1213aをストリーム32sに割り当て、データ14a、15aを一つにまとめたデータ群1415aをストリーム33sに割り当てることが予め定められている。

[0058] 割り当て手段24は、設定テーブルに従い、ストリーム32sにデータ群1213aを割り当て、ストリーム33sにデータ群1415aを割り当てる。

そして、ストリーム32sに割り当てられたデータ群1213aは、ビームフォーマ31が備える演算手段25によりプリコーディングされ、送受信アンテナ16からビームフォーミ12、13に送信される。ストリーム33sに割り当てられたデータ群1415aもデータ群1213aと同様に、演算手段25によりプリコーディングされ、送受信アンテナ17からビームフォーミ14、15に送信される。

[0059] 従って、MU-MIMOシステム10では、ビームフォーマ11が複数のビームフォーミ12、13、14、15と同数の送受信アンテナ16、17、18、19を備えていたのに対し、MU-MIMOシステム30においては、ビームフォーマ31が、複数のビームフォーミ12、13、14、15より少ない送受信アンテナ16、17を備えることで無線通信を行うことができる。

ここまで記載したように、MU-MIMOシステムのシステム設計に応じて、割り当て手段は、複数のデータを一つにまとめたデータ群を1つ又は複数のストリームに割り当てることになる。

[0060] なお、MU-MIMOシステム10は、4つのビームフォーミ12、13、

14、15に対し4つのストリーム12s、13s、14s、15sにより無線通信を行うシステムであり、MU-MIMOシステム30は、4つのビームフォーミ12、13、14、15に対し2つのストリーム32s、33sで無線通信を行うシステムであるが、ビームフォーミの数や、ストリームの数はこれに限定されない。

[0061] 次に、MU-MIMOシステム10に適用可能な本発明の一実施の形態に係るMU-MIMOの通信方法を、以下に説明する。

まず、割り当て手段は、所定の時間間隔で取得する複数のビームフォーミそれぞれのチャネル状態から検出したビームフォーミ間のチャネルの相関を基に、データ群にまとめる複数のデータを動的に決定する。

そして、割り当て手段は、決定した内容に従って、複数のビームフォーミ間でチャネルの相関が高くなっているビームフォーミグループごとに、複数のデータをデータ群にまとめ、その複数のデータを一つにまとめたデータ群を1つ又は複数のストリームに割り当てる（工程A）。

[0062] また、割り当て手段は、チャネルの相関がないビームフォーミに対応したデータを、データ群を割り当てたストリームとは別のストリームに割り当てる。

そして、演算手段は、ストリームに割り当てられたデータ群、及び、ストリームに割り当てられたデータをプリコーディングし（工程B）、それらを送出手段に与える。

送出手段は、プリコーディングされたデータ群を、そのデータ群に含まれる複数のデータそれぞれに対応するビームフォーミに送信すると共に、プリコーディングされたデータを、そのデータに対応するビームフォーミに送信する（工程C）。

実施例

[0063] 次に、本発明の作用効果を確認するために行った実施例について説明する。

本実施例では、IEEE 802.11ac規格に準拠したシミュレータを用いて、1つのビームフォーマと4つのビームフォーミの通信をシミュレーシ

ョンした。シミュレーション諸元を以下に記載する。

SNR [dB] : 30 ~ 50 (5 刻み)

各ビームフォーミに対する総送信パケット数 : 1000

各ビームフォーミに対する総送信ビット数 : 8.0×10^6

各ビームフォーミのアンテナ数 : 1

ビームフォーマのアンテナ数 : 4

変調方式 : 64 QAM

符号比率 : 5 / 6

チャネルモデル : T G a c M o d e l B

プリコーディング手法 : B D

ストリーム割り当てアルゴリズム : 最大チャネル容量選択法

[0064] ビームフォーミ 1 はビームフォーミ 2 とチャネルの相関が高い関係にあり、ビームフォーミ 3、4 は他のビームフォーミ 1、2、3、4 との関係でチャネルの相関が低い条件設定をし、ビームフォーミ 1 ~ 4 それぞれの BER (Bit Error Rate) をシミュレーションにより算出した。ストリームへのデータの割り当ては、1) ビームフォーミ 1 ~ 4 それぞれのデータをそれぞれ 4 つのストリームに割り当てる比較例の方法と、2) ビームフォーミ 1、2 のデータをまとめたデータ群を 2 つのストリームにそれぞれ割り当て、ビームフォーミ 3 のデータを他の 1 つのストリームに割り当て、ビームフォーミ 4 のデータを残りの 1 つのストリームに割り当てる実施例の方法とでそれぞれ行った。

[0065] ビームフォーミ 1 ~ 4 それぞれについて、比較例の方法と実施例の方法の各シミュレーション結果を図 4 ~ 図 7 のグラフに示す。なお、図 4 ~ 図 7 で、User 1、2、3、4 は、それぞれビームフォーミ 1、2、3、4 を示し、Conventional method は比較例の方法を表し、Proposed method は実施例の方法を意味する。

シミュレーション結果より、ビームフォーミ 1、2 で、実施例の方法が、比較例の方法に比べ、BER 特性が良くなり、通信の安定性が大幅に増すこと

が明らかとなった。比較例の方法では、ビームフォーミ 1、2 のいずれにおいても、BER が 10^{-1} 以下になることはなく、これは、通信ができない状態であると考えられる。

[0066] また、ビームフォーミ 3、4 においても、実施例の方法で、比較例の方法に比べ、BER 特性が良くなっている。これは、ビームフォーマの 2 つの送受信アンテナで同じデータ群を送信することで、この 2 つのアンテナから異なるデータを送信するのに比較して、ビームフォーマの送受信アンテナ間の相関が低減したことによるものと考えられる。

また、最大チャネル容量選択法の代わりに、最大最小特異値法を採用した場合も、同様のシミュレーション結果が得られることが確認されている。

[0067] 以上、本発明の実施の形態を説明したが、本発明は、上記した形態に限定されるものでなく、要旨を逸脱しない条件の変更等は全て本発明の適用範囲である。

例えば、ビームフォーミは産業用ロボットに限定されず、タブレット端末等の通信端末であってもよく、ビームフォーマも産業用ロボットの動作を制御する制御装置に限定されず、通信端末に信号を送信する基地局端末であってもよい。

符号の説明

[0068] 10 : MU-MIMO システム、11 : ビームフォーマ、12 ~ 15 : ビームフォーミ、12a ~ 15a : データ、12s ~ 15s : ストリーム、16 ~ 19 : 送受信アンテナ、20 : 送受信処理回路、21 : 送出手段、22 : 送受信アンテナ、23 : データ処理手段、24 : 割り当て手段、25 : 演算手段、30 : MU-MIMO システム、31 : ビームフォーマ、32s、33s : ストリーム、1213a、1415a : データ群

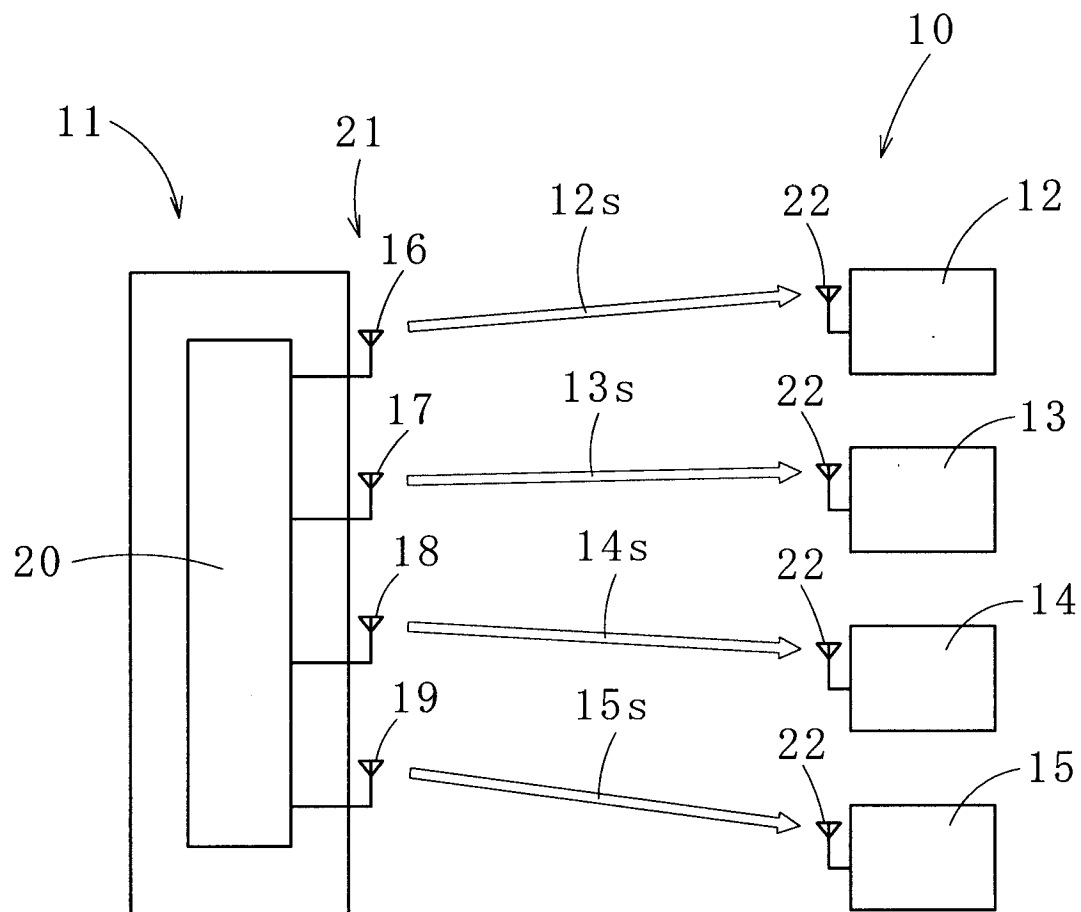
請求の範囲

- [請求項1] ビームフォーマが、複数のビームフォーミそれぞれに対応する複数のデータを、ストリームに割り当ててプリコーディングし、前記複数のビームフォーミそれぞれに送信するMUEMIMOシステムであって、
- 複数の前記ビームフォーミ間でチャンネルの相関が高くなっているビームフォーミグループごとに、該複数のビームフォーミそれぞれに対応する複数の前記データを一つにまとめたデータ群を、1つ又は複数の前記ストリームに割り当てる割り当て手段と、
- 前記データ群をプリコーディングする演算手段と、
- プリコーディングされた前記データ群を該データ群に含まれる複数の前記データにそれぞれ対応する前記ビームフォーミに送信する送出手段とを備えることを特徴とするMUEMIMOシステム。
- [請求項2] 請求項1記載のMUEMIMOシステムにおいて、前記割り当て手段は、前記複数のビームフォーミそれぞれのチャンネル状態から検出した該ビームフォーミ間のチャンネルの相関を基にして、前記データ群にまとめる複数の前記データを決定することを特徴とするMUEMIMOシステム。
- [請求項3] 請求項1又は2記載のMUEMIMOシステムにおいて、前記ビームフォーミは産業用ロボットであり、前記ビームフォーマは前記産業用ロボットに指令信号を送る制御装置であることを特徴とするMUEMIMOシステム。
- [請求項4] ビームフォーマが、複数のビームフォーミそれぞれに対応する複数のデータを、ストリームに割り当ててプリコーディングし、前記複数のビームフォーミにそれぞれ送信するMUEMIMOの通信方法において、
- 複数の前記ビームフォーミ間でチャンネルの相関が高くなっているビームフォーミグループごとに、該複数のビームフォーミそれぞれに対応

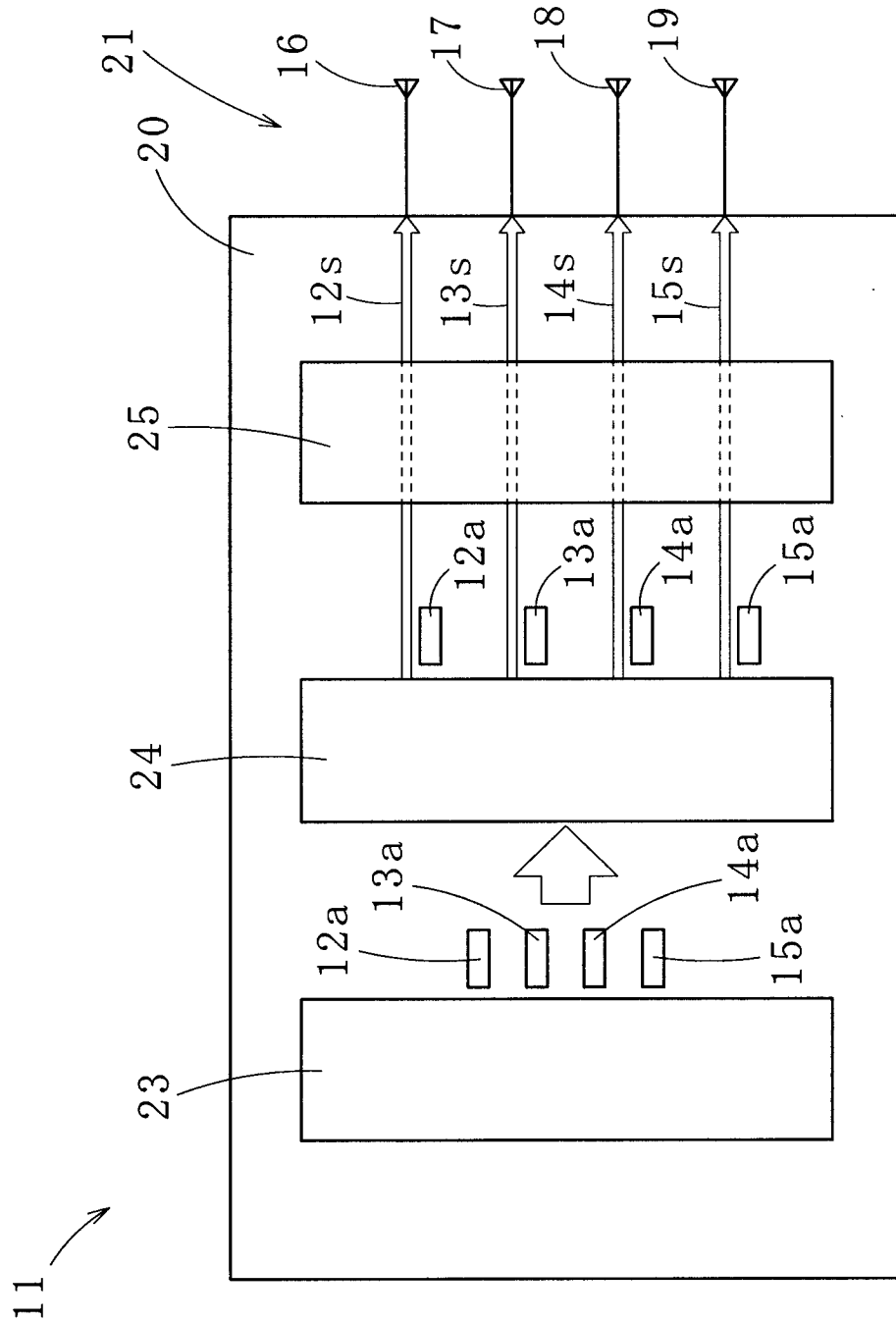
する複数の前記データを一つにまとめたデータ群を、1つ又は複数の前記ストリームに割り当てる工程Aと、
前記データ群をプリコーディングする工程Bと、
プリコーディングされた前記データ群を、該データ群に含まれる複数の前記データそれぞれに対応する前記ビームフォーミに送信する工程Cとを有するMU-MIMOの通信方法。

[請求項5] 請求項4記載のMU-MIMOの通信方法において、前記データ群にまとめる複数の前記データを、前記複数のビームフォーミそれぞれのチャネル状態から検出した該ビームフォーミ間のチャネルの相関を基に決定することを特徴とするMU-MIMOの通信方法。

[図1]

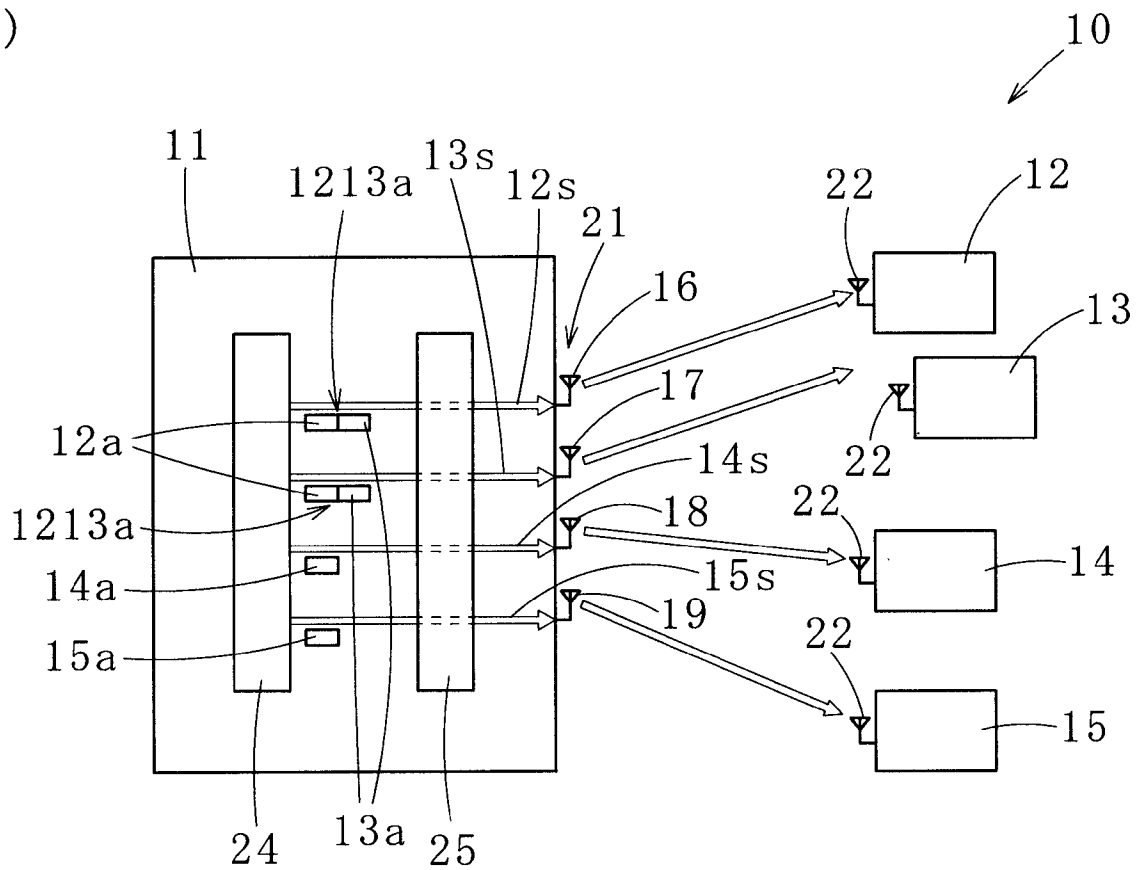


[図2]

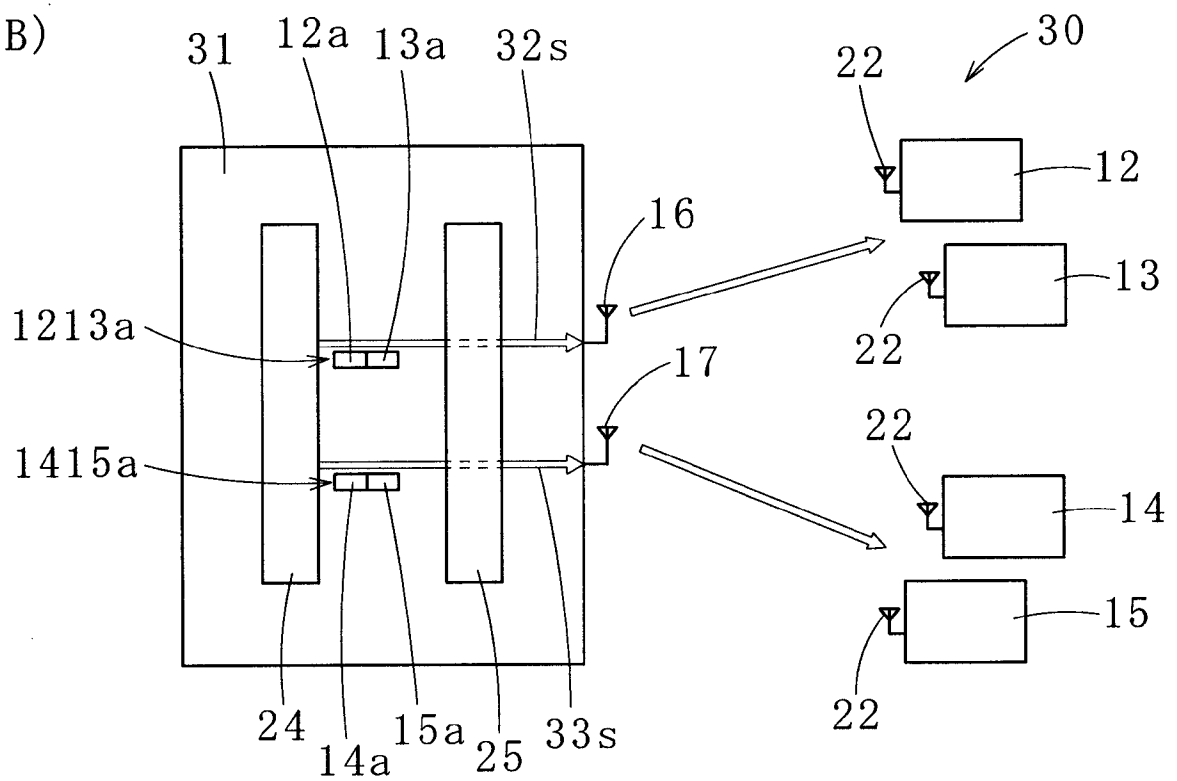


[図3]

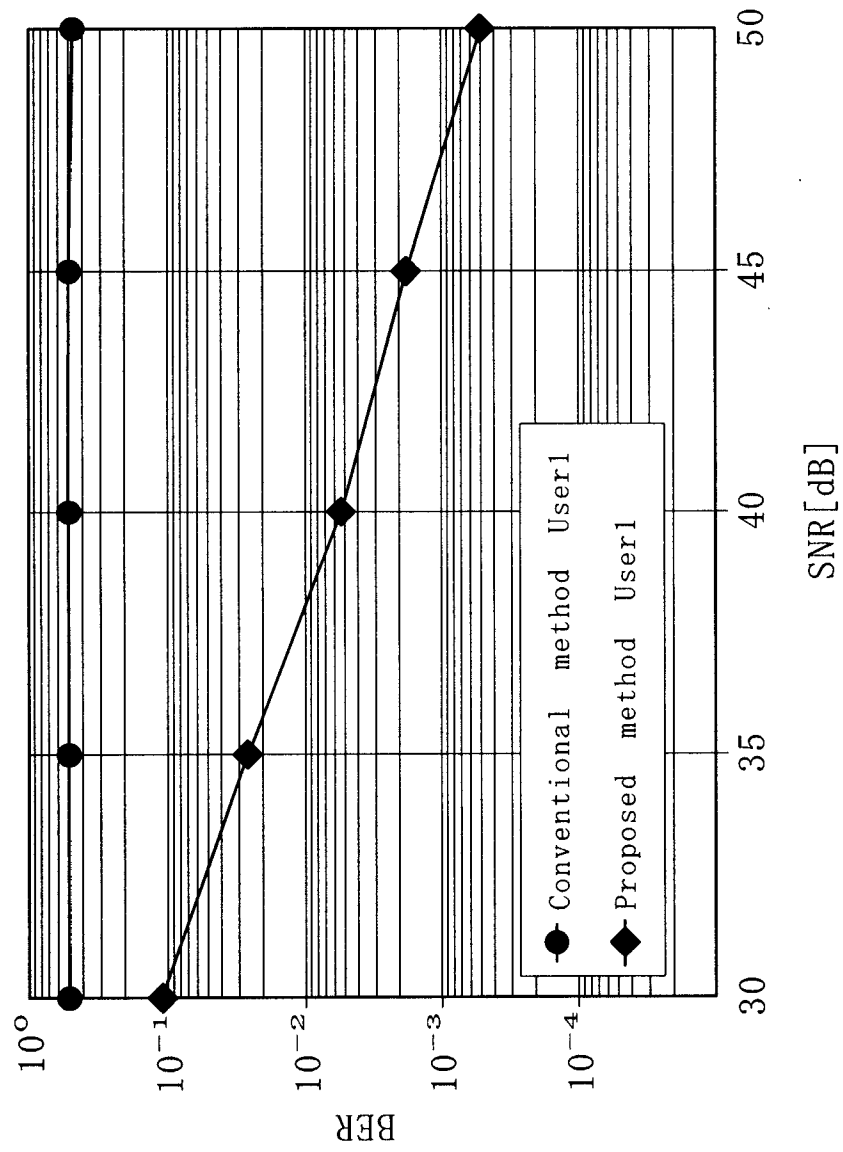
(A)



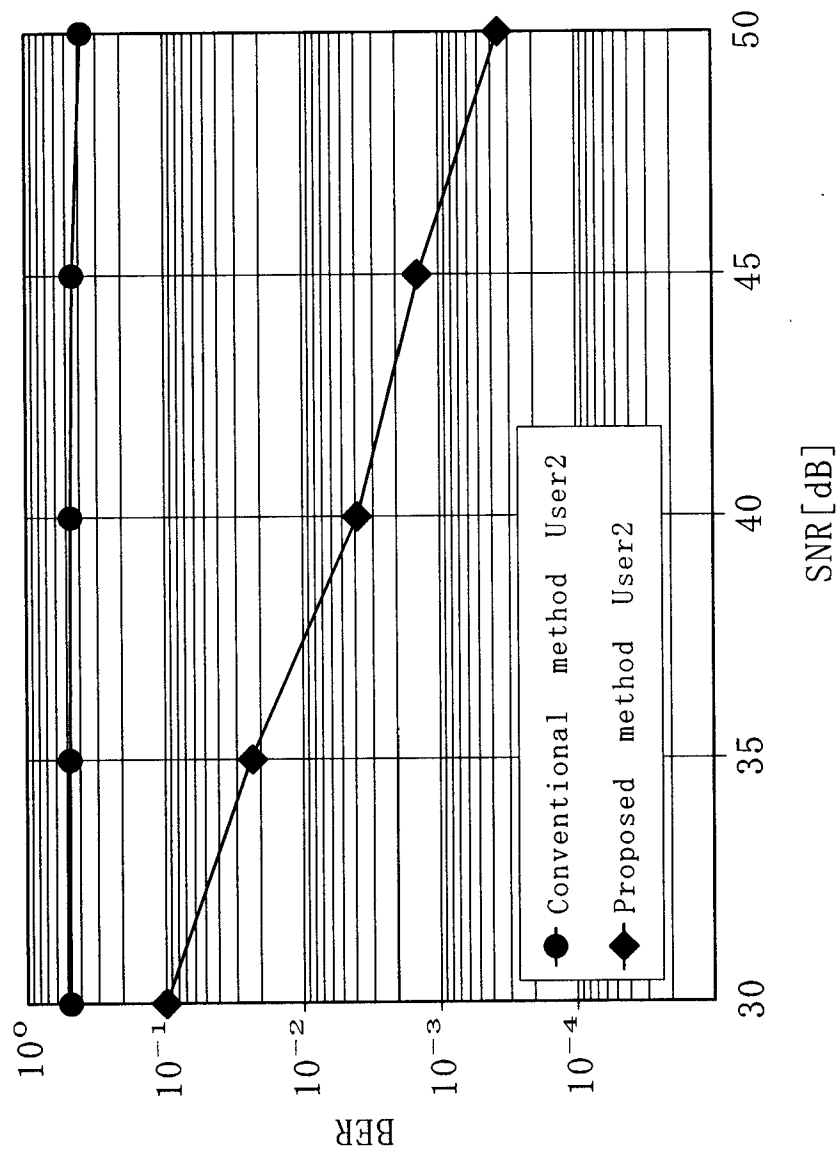
(B)



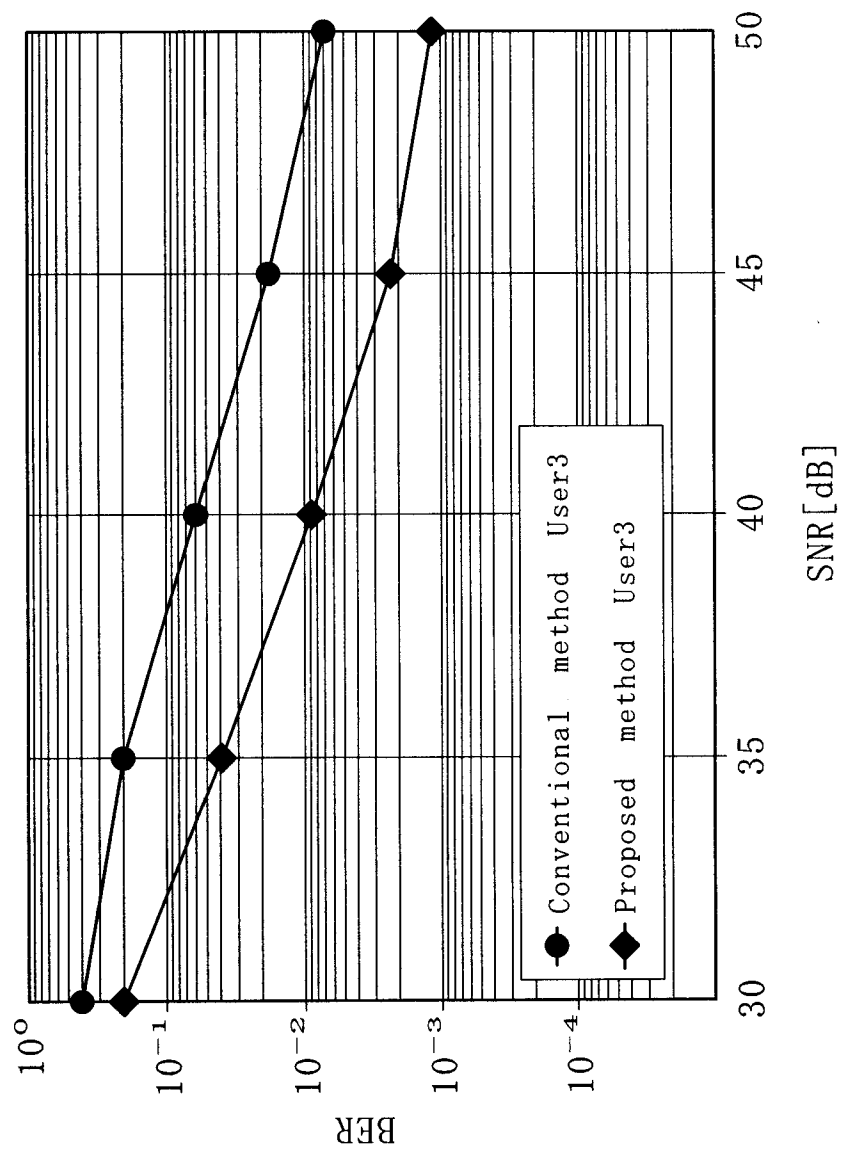
[図4]



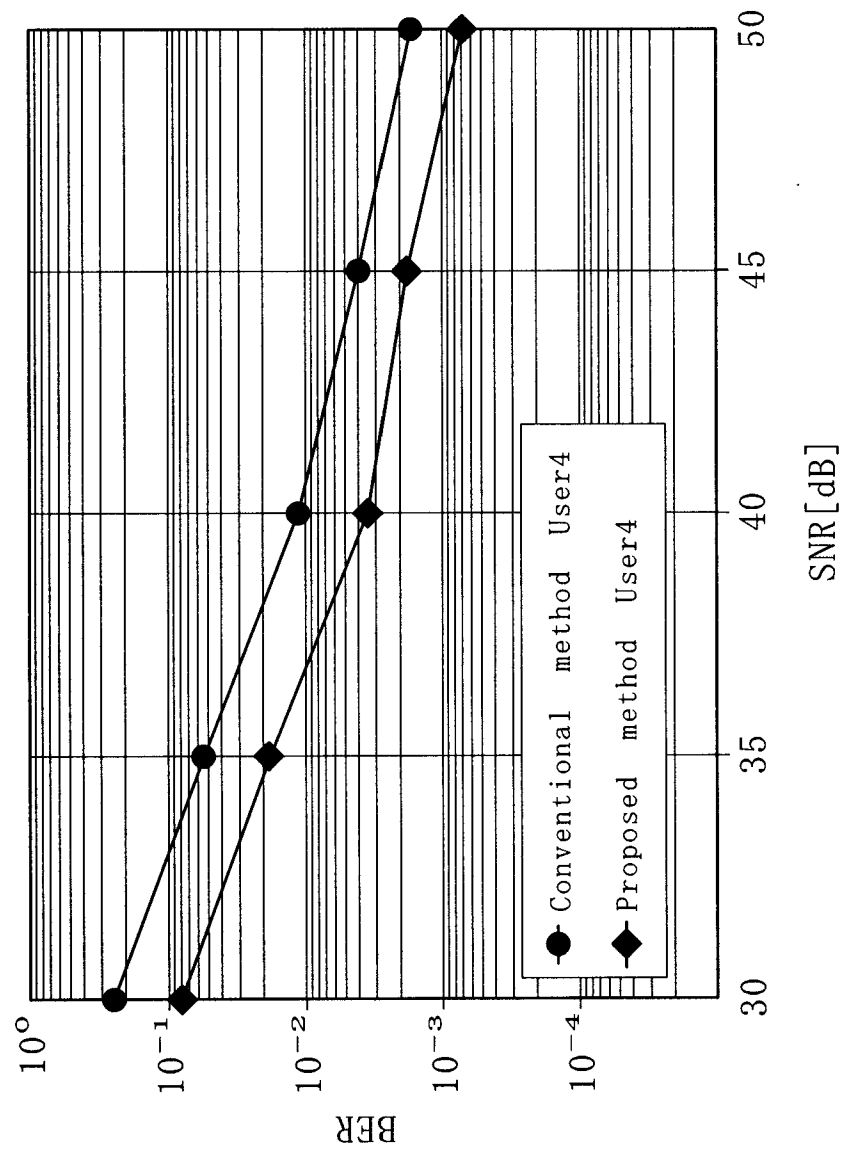
[図5]



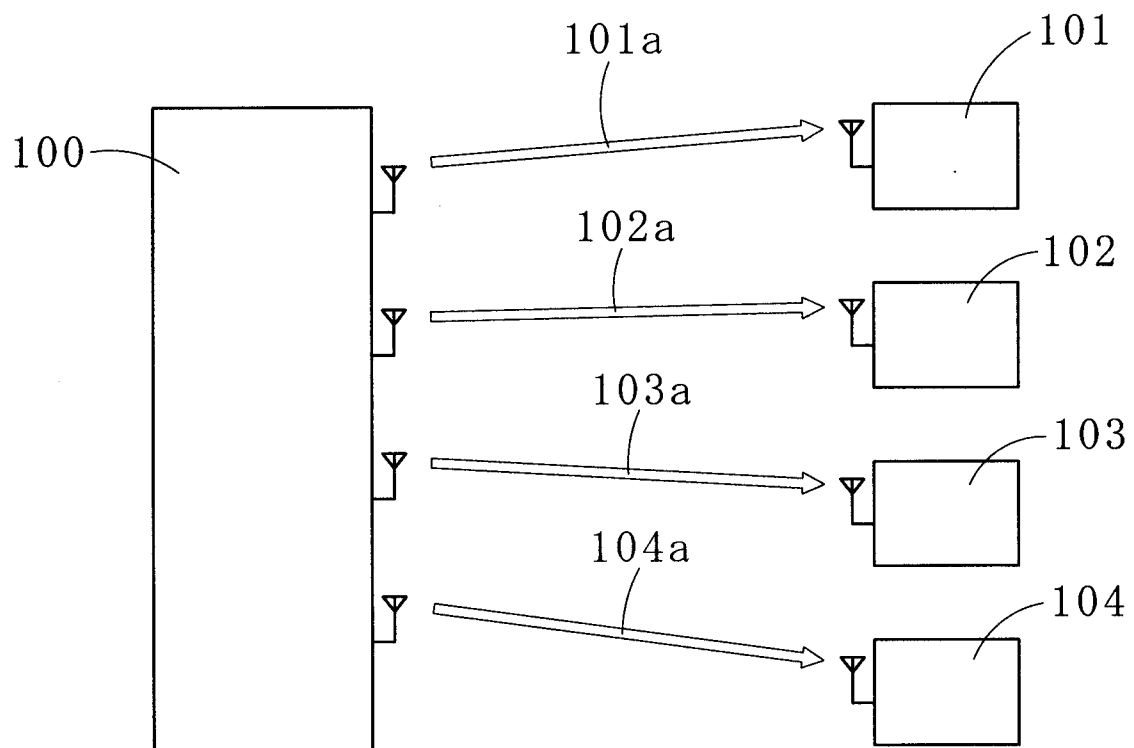
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/067004

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04J99/00(2009.01)i, H04B7/04(2006.01)i, H04B7/10(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, H04B7/10

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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

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.
A	Mitsuteru YOSHIDA et al., "Study on user scheduling with fairness and correlation among the users", IEICE Technical Report, vol.108, no.249, 15 October 2008 (15.10.2008), pages 31 to 35, RCS2008-108	1-5
A	Therdkiat Aphichartsuphaphajorn et al., "User Scheduling Algorithm with User grouping for Multi-user MIMO Downlink System utilizing Block Diagonalization", IEICE Technical Report, vol. 112, no.351, 06 December 2012 (06.12.2012), pages 263 to 268, RCS2012-227	1-5



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

23 July, 2014 (23.07.14)

Date of mailing of the international search report

05 August, 2014 (05.08.14)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/067004

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Cheng Wang et al., Adaptive Downlink Multi-User MIMO Wireless Systems for Correlated Channels with Imperfect CSI, IEEE Transactions on Wireless Communications, Vol:5, Issue:9, 2006. 09, P.2435-2446	1-5
A	Zhang Chengwen et al., Resource allocation with CCI suppression for multiuser MIMO-OFDM downlink in correlated channels, Journal of Systems Engineering and Electronics, Volume:19, Issue:2, 2008.04, P.213-219	1-5
A	JP 2010-28737 A (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 04 February 2010 (04.02.2010), paragraphs [0004] to [0005], [0019] to [0022], [0048]; fig. 1, 3 (Family: none)	1-5
P,X	Satoshi MORITA et al., "A Study on Wireless Synchronous Communication System Using MU-MIMO for FA", The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers 2013 Nen Tsushin Society Taikai Koen Ronbunshu 1, 03 September 2013 (03.09.2013), page 467, B-5-104	1-5

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, H04B7/10(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, H04B7/10			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2 0 1 4 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 1 4 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 1 4 年			
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語） 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	
A	吉田光輝 他, ユーザ間の相関と公平性を考慮したユーザスケジューリングの一検討, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 108, No. 249, 2008. 10. 15, P. 31-35, RCS2008-108	1-5	
A	アピシャットスパカジョン ターキャット 他, ブロック対角化マルチユーザMIMO下り回線システムのユーザグルーピング方式, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 112, No. 351, 2012. 12. 06, P. 263-268, RCS2012-227	1-5	
☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 2 3 . 0 7 . 2 0 1 4		国際調査報告の発送日 0 5 . 0 8 . 2 0 1 4	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官（権限のある職員） 羽岡 さやか 電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 5 6	5 K 3 1 4 9

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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	Cheng Wang et al., Adaptive Downlink Multi-User MIMO Wireless Systems for Correlated Channels with Imperfect CSI, IEEE Transactions on Wireless Communications, Vol:5, Issue:9, 2006.09, P. 2435-2446	1-5
A	Zhang Chengwen et al., Resource allocation with CCI suppression for multiuser MIMO-OFDM downlink in correlated channels, Journal of Systems Engineering and Electronics, Volume:19, Issue:2, 2008.04, P. 213-219	1-5
A	JP 2010-28737 A (日本電信電話株式会社) 2010.02.04, [0004]-[0005], [0019]-[0022], [0048], 第1図, 第3図 (ファミリーなし)	1-5
P, X	森田賢史 他, MU-MIMOを用いたFA用無線同期通信システムに関する検討, 電子情報通信学会2013年通信ソサイエティ大会講演論文集1, 2013.09.03, P. 467, B-5-104	1-5