

(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
2020年12月24日(24.12.2020)



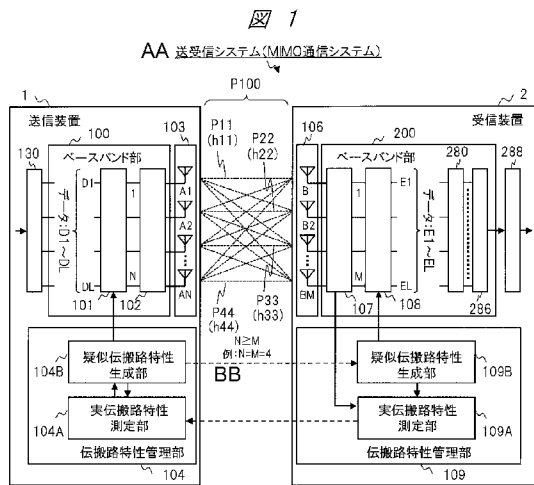
(10) 国際公開番号

WO 2020/256061 A1

- (51) 国際特許分類:
H04B 7/0413 (2017.01) *H04W 28/18* (2009.01)
H04W 16/28 (2009.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/023937
- (22) 国際出願日: 2020年6月18日(18.06.2020)
- (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 2019-115472 2019年6月21日(21.06.2019) JP
特願 2019-189558 2019年10月16日(16.10.2019) JP
- (72) 発明者; および
(71) 出願人: 太田 現一郎 (OHTA, Genichiro) [JP/
JP]; 〒2380246 神奈川県三浦市尾上町 1
5-1 2 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人筒井国際特許事務所(TSUTSUI & ASSOCIATES); 〒1600022 東京都新宿区新宿 2 丁目 3 番 1 0 号 新宿御苑ビル3階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,

(54) Title: TRANSMISSION AND RECEPTION METHOD, AND TRANSMISSION AND RECEPTION SYSTEM

(54) 発明の名称: 送受信方法および送受信システム



101: 疑似伝搬路特性装置
102: MIMO送信装置
103: 送信アンテナ部
106: 受信アンテナ部
107: MIMO受信装置
108: 疑似伝搬路特性解析抽出装置
A1~AN: 送信アンテナ
B1~BM: 受信アンテナ

1...Transmission device
2...Reception device
100, 200...Baseband unit
101...Pseudo propagation path characteristic device
102...MIMO transmission device
103...Transmission antenna unit
104, 109...Propagation path characteristics management unit
104A, 109A...Actual propagation path characteristic measurement unit
104B, 109B...Pseudo propagation path characteristic generation unit
106...Reception antenna unit
107...MIMO reception device
108...Pseudo propagation path characteristic analysis extraction device
A1~AN...Transmission antenna
B1~BM...Reception antenna
D1~DL, E1~EL...Data
AA...Transmission and reception system (MIMO communication system)
BB...Example

(57) Abstract: Provided is a technology which can implement to enhance the utilization efficiency of a resource such as a frequency, with respect to MIMO, beamforming, or the like. This transmission and reception method according to an embodiment is a transmission and reception method for transmitting and receiving data between a transmission device 1 which has a plurality of transmission antennas and a reception device 2 which has reception antennas, wherein the method includes: a generation step in which the transmission device 1 or the reception device 2 generates the characteristics of a plurality of pseudo propagation paths, which are similar to the degree of being able to be approximated by the frequency characteristics on the basis of the characteristics of a plurality of actual propagation paths between the plurality

KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, 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：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

of transmission antennas and a plurality of the reception antennas; a transmission step in which the first transmission device 1 constructs one or more transmission data by reflecting the characteristics of the plurality of pseudo propagation paths to a plurality of parallel and independent data, and transmits, as radio waves, the transmission data from the plurality of transmission antennas; and a reception step in which the reception device 2 extracts a plurality of data from one or more reception data received as the radio waves from the reception antennas on the basis of the characteristics of the plurality of pseudo propagation paths.

(57) 要約：MIMOやビームフォーミング等に関して、周波数等のリソースの利用効率向上等を実現できる技術を提供する。実施の形態の送受信方法は、複数の送信アンテナを持つ送信装置1と、受信アンテナを持つ受信装置2との間でデータを送受信する送受信方法であって、送信装置1または受信装置2が、複数の送信アンテナと受信アンテナとの間の複数の実伝搬路の特性に基づいて、周波数特性が近似できる程度に類似する特性である複数の疑似伝搬路の特性を生成する生成ステップと、送信装置1が、並列かつ独立の複数のデータに複数の疑似伝搬路の特性を反映して1つ以上の送信データを作成し、複数の送信アンテナから電波として送信する送信ステップと、受信装置2が、受信アンテナで電波として受信した1つ以上の受信データから、複数の疑似伝搬路の特性に基づいて、複数のデータを抽出する受信ステップと、を有する。

明 細 書

発明の名称：送受信方法および送受信システム

技術分野

[0001] 本発明は、移動通信・無線通信・光通信等の電磁波を利用する通信技術に関し、周波数等のリソースを用いたデータ送受信および多重化方式等の技術に関する。

背景技術

[0002] 既存の通信システムは、周波数等のリソースの利用効率向上が必要とされている。既存の通信システムにおける多重化方式には、時分割多元接続（TDM A）や周波数分割多元接続（FDM A）や直交周波数分割多元接続（OFDM A）等がある。OFDM Aは、複数の加入者を、OFDM方式（OFDM：直交波周波数分割多重化変調）により生成されるサブキャリア群を周波数と時間の分割ブロックすなわちリソースブロックを設けることによってユーザ個別の周波数選択性フェージングに対応した割り当てを行い、複数のユーザに同時アクセスできるようにする方式である。

[0003] また、第5世代移動通信等に関わる既存の技術として、MIMO（Multiple Input Multiple Output）やビームフォーミング等の技術がある。MIMOは、無線通信において、送信局の複数のアンテナと受信局の複数のアンテナとの間における複数の電波伝搬路の伝搬路特性の違いを利用して、複数対複数の情報伝送を行う技術である。ビームフォーミングは、所定方向への電磁波の指向性を高める技術であり、対応するアンテナ技術としてはフェーズド・アレイ・アンテナ等がある。従来のビームフォーミングはパラボラアンテナやハードウェアによるマルチ・アンテナであったが、近年ではMIMOを用いてアンテナ素子毎に振幅制御と位相制御をソフトウェアで行うことも可能となっている。

[0004] 例えば、非特許文献1、2は、第4世代移動通信用のMIMOシステムの基本技術についての記載がある。非特許文献3は、マルチ・アンテナ無線伝

送技術についての記載がある。非特許文献4は、ビームフォーミング方式の基本技術についての記載がある。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第6497472号公報

非特許文献

[0006] 非特許文献1：3GPP Technical Specification; 3GPP TS 36.101V8.5.0 (2009-03), 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-ULTRA); User Equipment (UE) radio transmission and reception (Release 8), 2009年3月.

非特許文献2：3GPP Technical Specification; 3GPP TS 36.211V8.5.0 (2008-12), 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-ULTRA); Physical channels and modulation (Release 8), 2008年12月.

非特許文献3：樋口、田岡、「マルチアンテナ無線伝送技術」、NTT DoCoMoテクニカル・ジャーナル Vol.14 No.1 (2006年4月).

非特許文献4：3GPP Technical Report; 3GPP TR 36.873 V12.7.0 (2017-12), 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Study on 3D channel model for LTE, (2017年12月)

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 従来のMIMOやビームフォーミング等の送受信方法およびシステムは、周波数等のリソースの利用効率等に関して改善余地がある。本発明の目的は、MIMOやビームフォーミング等に関して、周波数等のリソースの利用効率向上等を実現できる技術を提供することである。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明のうち代表的な実施の形態は、以下に示す構成を有する。一実施の形態の送受信方法は、複数の送信アンテナを持つ送信装置と、受信アンテナを持つ受信装置との間でデータを送受信する送受信方法であって、前記送信装置または前記受信装置が、前記複数の送信アンテナと前記受信アンテナとの間の複数の実伝搬路の特性に基づいて、前記複数の実伝搬路の特性に対し周波数特性が近似できる程度に類似する特性である複数の疑似伝搬路の特性を生成する生成ステップと、前記送信装置が、並列かつ独立の複数のデータに前記複数の疑似伝搬路の特性を反映して1つ以上の送信データを作成し、前記複数の送信アンテナから電波として送信する送信ステップと、前記受信装置が、前記受信アンテナで電波として受信した1つ以上の受信データから、前記複数の疑似伝搬路の特性に基づいて、前記複数のデータを抽出する受信ステップと、を有し、前記送信装置は、MIMO送信機能を有し、前記受信装置は、前記受信アンテナとして複数の受信アンテナを持ち、MIMO受信機能を有し、前記生成ステップは、前記送信装置または前記受信装置が、前記複数の送信アンテナと前記複数の受信アンテナとの間の対角線上の伝搬路を含む複数の実伝搬路の特性に基づいて、前記複数の疑似伝搬路の特性を生成するステップであり、前記対角線上の伝搬路は、前記複数の送信アンテナと前記複数の受信アンテナとの間で一対一で対向する伝搬路以外の伝搬路であり、前記送信ステップは、前記送信装置が、前記複数のデータに前記複数の疑似伝搬路の特性を反映して並列かつ独立の複数の送信データを作成し、前記MIMO送信機能を用いて前記複数の送信アンテナから電波として送信するステップであり、前記受信ステップは、前記受信装置が、前記複数の受信アンテナで電波として受信した信号から前記MIMO受信機能を用いて複数の受信データを作成し、前記複数の受信データから前記複数の疑似伝搬路の特性に基づいて前記複数のデータを抽出するステップである。

発明の効果

[0009] 本発明のうち代表的な実施の形態によれば、MIMOやビームフォーミング等に関して、周波数等のリソースの利用効率向上等を実現できる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明の実施の形態1の送受信方法およびシステムの構成を示す図である。

[図2]実施の形態1の送受信方法およびシステムの要所の詳細構成例を示す図である。

[図3]実施の形態1で、実伝搬路特性の測定方法を示す図である。

[図4]実施の形態1で、疑似伝搬路特性の生成方法を示す図である。

[図5]実施の形態1で、MIMOにおける対角線上の伝搬路の相互相関性軽減の方法について示す図である。

[図6]実施の形態1で、疑似伝路特性を用いた拡張に関する相互相関性の能力比較を示す図である。

[図7]本発明の実施の形態2の送受信方法およびシステムとして、MIMOシステムの構成例を示す図である。

[図8]実施の形態2で、周波数選択性フェージングのシミュレーション例を示す図である。

[図9]実施の形態2で、周波数選択性フェージングの除去効果について示す図である。

[図10]実施の形態2で、周波数選択性フェージング軽減のための信号変換を示す図である。

[図11]本発明の実施の形態3の送受信方法およびシステムとして、ビームフォーミングシステムの構成例を示す図である。

[図12]実施の形態3における利用例を示す図である。

[図13]実施の形態3で、複数の疑似遅延プロファイルモデルの生成方法のその1を示す図である。

[図14]実施の形態3で、複数の疑似遅延プロファイルモデルの生成方法のその2を示す図である。

[図15]実施の形態3で、複数の疑似遅延プロファイルモデルの生成方法のその3を示す図である。

[図16]実施の形態3で、OFDMのフレームおよびCPの構成を示す図である。

[図17]本発明の実施の形態4の送受信方法およびシステムとして、ビームフォーミングシステムの構成例を示す図である。

[図18]実施の形態4における利用例を示す図である。

[図19]実施の形態3，4に関する変形例の構成を示す図である。

[図20]実施の形態の補足として、疑似伝搬路のFIRフィルタの構成例を示す図である。

[図21]従来技術例のMIMOにおける送受信方法およびシステムの構成を示す図である。

[図22]従来技術例のビームフォーミングにおける送受信方法およびシステムの構成を示す図である。

[図23]従来技術例のMIMOにおける詳細構成例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、全図面において同一部には原則として同一符号を付し、繰り返しの説明は省略する。

[0012] [課題等(1)]

課題等について補足説明する。第5世代移動通信の高速化を支える主たる技術として、第3世代の後半に誕生したMIMO技術が挙げられる。

[0013] 図21は、MIMO通信の基本機能についての構成を示す。図21は、4×4MIMOの例を示す。図21のシステムは、無線基地局等の送信局X1と、ユーザ端末等の受信局X2とを有し、送信局X1から受信局X2へデータをMIMOで送受信する。送信局X1側の4本の入力データをデータD1，D2，D3，D4とする。送信局X1において、4本の入力データは、MIMO変調の後、4×4MIMO通信用アンテナであるアンテナX3の4本のアンテナ素子から4本の電波X4として受信局X2へ送信される。4本の電波X4は、4本のそれぞれの伝搬路の特性X5として特性h11，h22

、 h_{33} 、 h_{44} を持つ。4本の電波 X_4 は、各特性 X_5 の伝搬路を伝わり、加入者であるユーザ端末である受信局 X_2 に届く。受信局 X_2 は、4本の電波 X_4 について、 4×4 MIMO通信用アンテナであるアンテナ X_6 を通じてMIMO受信を行う。伝搬路別の4本の出力データを、データ D_{1b} 、 D_{2b} 、 D_{3b} 、 D_{4b} とする。受信局 X_2 は、受信信号からこれらの4本のデータを解析して抽出する。これらのデータは、若干の雑音成分を含むが、送信側で送られた4本の入力データに等しい。こうして、 4×4 MIMOシステムは、同一の周波数帯上で4本のデータを伝送できる。すなわち、 4×4 MIMOシステムは、送受信アンテナが1本であるSISOシステムに比して、4倍の伝送高速化を図ることができる。

[0014] しかし、図21の下側にも示すように、本来、4本の送信アンテナから4本の受信アンテナまでの間には、 $4 \times 4 = 16$ 本の伝搬路が存在する。その16本の伝搬路の特性は、相互に相関性があり、言い換えると相互相関性が高く、すなわち独立性が低い。そのため、実際の既存のMIMOシステムでは、対角線上の伝搬路については使用されていない。対角線上の伝送路とは、各データに対応して一対一で対向する伝搬路以外の伝搬路である。例えば、アンテナA1からアンテナB1へ向かうのが対向する伝搬路であるとする、アンテナA1からアンテナB2等へ向かうのが対角線上の伝搬路である。

[0015] 一方、第5世代移動通信では、同じくMIMOシステムが使用されるが、その使い方には新たな機能が加わっており、それはビームフォーミングと呼ばれる。

[0016] [課題等(2)]

図22は、ビームフォーミングに用いるMIMOシステム、言い換えるとビームフォーミングシステムの概要を示す。図22の例は、 $4 \times N$ のMIMOシステムにおけるビームフォーミング機能による通信概要を示す。ここでは、数 N は、受信側の受信局数を表し、 $N \geq 1$ であり、本例では $N = 4$ である。図22は、加入者が複数人おり、加入者 $YU_1 \sim YU_4$ で示す。各加入

者の持つユーザ端末である受信局を、受信局 Y 2 1 ~ Y 2 4 で示す。送信局 Y 1 側の送信データとしてデータ D 1 ~ D 4 を有する。図 2 2 の例では、データ D 1 を加入者 Y U 1 へ、データ D 2 を加入者 Y U 2 へ、データ D 3 を加入者 Y U 3 へ、データ D 4 を加入者 Y U 4 へ伝送する場合を示す。

[0017] 送信局 Y 1 において、データ D 1 の信号は、MIMO アンテナであるアンテナ Y 3 の複数のアンテナ A 1 ~ A 4 のすべてに給電されるが、その際、アンテナ別に振幅および位相遅延が施されて給電される。この振幅および位相遅延が施された、加入者別の宛先のそれぞれの給電信号を、給電信号 Y 4 1 , Y 4 2 , Y 4 3 , Y 4 4 で示す。この給電信号に基づいて各アンテナから送信されて各加入者の受信局に達する電波を、電波 Y 5 1 , Y 5 2 , Y 5 3 , Y 5 4 で示す。電波群 Y 5 0 は、これらの電波を含む。この際、加入者毎の電波は、加入者の受信局毎に異なる位置に向かうビームとなる。各受信局へのビームは、他の受信局での受信電力が低くなるように考慮されている。これにより、各受信局は、同一の周波数帯を共用しながらも、それぞれに送られた電波を高品質に受信できる。各受信局は、その電波で搬送された送信信号を復号し、それぞれ受信信号であるデータを抽出する。抽出されるデータをデータ D 1 c , D 2 c , D 3 c , D 4 c で示す。こうして、4 人の加入者の端末は、個別に送られたデータを受け取ることができる。

[0018] しかし、図 2 1 の MIMO システムでは SISO に対し 4 倍の高速でデータを得ることができたのに対し、図 2 2 のビームフォーミングシステムでは、4 人の加入者に伝送できる代わりに、加入者毎では 4 本の送信アンテナから発射される電波の振幅と位相を制御して 1 本の電波ビームにするため、4 本の送信アンテナに給電するデータは同一のものであることが必然となり、加入者当たりとしては 1 倍のデータしか受け取れないことになる。このため、第 5 世代移動通信では、ビームフォーミング機能におけるビームは 1 本としつつ、通信高速化の手段として、変調多値数の高度化の手段が採られている。これは、第 4 世代までの変調多値数が 16QAM (QAM: 直角位相振幅変調) であったのに対し、64QAM や 256QAM といった誤り率の高

いモードが使われる。

[0019] [課題等 (3)]

図23は、図21のMIMOに対応するMIMOシステムの装置内部や伝搬路等の構成を示す。送信局X1は、無線基地局等の送信装置であり、受信局X2は、ユーザ端末等の受信装置である。送信局X1の送信アンテナ部X50は、送信側MIMOアンテナ部であり、複数の送信アンテナである個別MIMOアンテナとして、本例では送信アンテナX51, X52, X53, X54を有する。受信局X2の受信アンテナ部X60は、受信側MIMOアンテナ部であり、複数の受信アンテナである個別MIMOアンテナとして、本例では受信アンテナX61, X62, X63, X64を有する。

[0020] 送信局X1は、送信データ処理部X30、送信側MIMO処理部X40、送信アンテナ部X50、およびMIMO制御部X55等を有する。受信局X2は、受信アンテナ部X60、受信側MIMO処理部X70、誤り訂正部X80、パラレルーシリアル変換器X86、符号復号器X88、および伝搬路特性推定部X89等を有する。なお、図21や図23では、送信局から受信局への下りリンクの送受信の場合を示している。上りリンクの場合には、送信局と受信局の立場を入れ替えて考えればよい。

[0021] 下りリンクにおいて、送信局X1は、送信用のデータXD1を送信データ処理部X30で符号化する。送信データ処理部X30は符号化およびマルチプレクサの機能を持つ。符号化されたデータは、次段の送信側MIMO処理部X40へ分配される。本例では4個のデータXD1, XD2, XD3, XD4として分配される。送信側MIMO処理部X40の個別MIMO処理部X41, X42, X43, X44からの送信データ信号は、送信側MIMOアンテナ部X50の各送信アンテナX51～X54から自由空間へ電波として送信される。

[0022] 受信局X2の受信側MIMOアンテナ部X60では、各送信アンテナX51～X54からの電波を各受信アンテナX61～X64で受信する。そして、受信側MIMO処理部X70は、個別MIMO処理部X71, X72, X

7 3, X 7 4 において、それぞれ電波情報を抽出する。例えば、個別MIMO処理部X 7 1は、伝搬路の特性h 1 1に基づいた送信アンテナX 5 1からの電波情報を抽出する。個別MIMO処理部X 7 2は、伝搬路特性h 2 2に基づいた送信アンテナX 5 2からの電波情報を抽出する。個別MIMO処理部X 7 3は、伝搬路特性h 3 3に基づいた送信アンテナX 5 3からの電波情報を抽出する。個別MIMO処理部X 7 4は、伝搬路特性h 4 4に基づいた送信アンテナX 5 4からの電波情報を抽出する。受信側MIMO処理部X 7 0の各出力は、誤り訂正部X 8 0へ出力X 8 1, X 8 2, X 8 3, X 8 4として供給され、より正しい情報に改められる。誤り訂正部X 8 0の出力X 8 5は、パラレルーシリアル変換器X 8 6によって本来の時系列データX 8 7となる。時系列データX 8 7は、符号復号器X 8 8によって送信側のデータX 3 1に相当するデータである受信データX 9 0となる。

[0023] 図23の例では、実伝搬路X 1 0 0として、4×4MIMOにおける対角線上の伝搬路を含む16本の伝搬路等を示している。実伝搬路X 1 0 0における対向する対の4本の伝搬路を伝搬路P 1 1, P 2 2, P 3 3, P 4 4で示し、対応する特性が特性h 1 1, h 2 2, h 3 3, h 4 4である。これらの特性は、受信信号に基づいて伝搬路特性推定部X 8 9によって把握できる。把握された伝搬路特性は、受信側MIMO処理部X 7 0および誤り訂正部X 8 0に供給される。これにより、このMIMOシステムは、送受アンテナ対の電波伝搬路数、すなわち本例では4本に対応して、SISOシステムに対し、4倍の伝送高速化が達成される。

[0024] [課題等(4)]

図21および図23のように、従来のMIMOシステムは、送信装置と受信装置との間で、送受アンテナ対で対向する伝搬路を利用している。実際には、図示のように、対角線として多数の伝搬路が存在する。例えば、送信側の第1送信アンテナX 5 1についてみると、第2受信アンテナX 6 2への伝搬路P 2 1、第3受信アンテナX 6 3への伝搬路P 3 1、および第4受信アンテナX 6 4への伝搬路P 4 1がある。また、受信側の第1受信アンテナX

6 1 についてみると、第 2 送信アンテナ X 5 2 からの伝搬路 P 1 2、第 3 送信アンテナ X 5 3 からの伝搬路 P 1 3、および第 4 送信アンテナ X 5 4 からの伝搬路 P 1 4 がある。他の伝搬路も同様である。

[0025] 従来の MIMO システムでこのような対角線上の伝搬路を用いない理由は、伝搬路間の特性の相互相関性が高いため、それぞれの伝搬路を独立して扱えないことにある。そこで、実施の形態 1 の送受信方法は、このような対角線上の伝搬路を含む伝搬路間の相互相関性が低くなるように疑似伝搬路特性を用いる。例えば、 4×4 MIMO において、上記のように 16 本の伝搬路が存在し、仮にそれぞれの伝搬路の特性間の相互相関性が十分に低い場合には、16 種類のデータを同時並列的に伝送できることになる。実施の形態 1 では、疑似伝搬路特性を生成して、このような複数対複数の送受アンテナ間での対角線の伝搬路を含む複数の伝搬路において多重の伝送を実現する。

[0026] 本発明は、第 5 世代移動通信等に関する MIMO やビームフォーミングを用いた通信時の新たな送受信方法を提供する。本発明に関連する技術として、本発明者による特願 2018-118353 号（対応する特許第 6497472 号公報）の送受信方法等がある。この技術は、送信装置が伝搬路特性に基づいて疑似伝搬路特性を生成し、複数のデータにその疑似伝搬路特性を重畳および合成し、そうしてできた送信信号に対応する電波をアンテナから送信する技術である。この技術によれば、OFDM システムにおける通信高速化に伴う MIMO システムのアンテナ数の増大等の課題を、1 本のアンテナで解決できる。

[0027] 本発明は、特願 2018-118353 号の発明を、既存の MIMO 方式の有する主要な課題、ならびに第 5 世代移動通信の主要機能であるビームフォーミングの課題に関する解決に応用する。本発明は、利用環境に限定されていた MIMO の制限に対して対処する。それとともに、本発明は、MIMO 本来の $n \times m$ MIMO の全ブランチ数 $n \times m$ (n, m は複数。ただし $n \geq m$) に匹敵する通信容量を実現する。本発明は、複数のアンテナを有する MIMO システムにおいて複数のアンテナによる機能を維持した上で、その機

能の抱える課題を解決する。

[0028] (実施の形態 1)

図 1 ～図 6 を用いて、本発明の実施の形態 1 の送受信方法およびシステムについて説明する。実施の形態 1 の送受信システムは、実施の形態 1 の送受信方法を実施するシステムの例である。

[0029] [概要]

実施の形態 1 の送受信方法は、複数 (N) の送信アンテナを持ち MIMO 送信機能を有する送信装置と、複数 (M , $N \geq M$) の受信アンテナを持ち MIMO 受信機能を有する受信装置との間で、MIMO 通信を行う送受信方法である。この送受信方法は、送信装置または受信装置が、複数 (N) の送信アンテナと複数 (M) の受信アンテナとの間の複数 ($N \times M$) の実伝搬路の特性を測定する測定ステップと、送信装置または受信装置が、複数 ($N \times M$) の実伝搬路の特性に基づいて、周波数特性が近似できる程度に類似する特性である複数 ($N \times M$) の疑似伝搬路特性を生成する生成ステップと、送信装置が、複数 (L) のデータに複数 ($N \times M$) の疑似伝搬路特性を反映した複数 (N) の送信信号を作成し、複数 (N) の送信アンテナから電波として送信する送信ステップと、受信装置が、複数 (M) の受信アンテナで電波として受信した複数 (M) の受信信号から、複数 (最大 $N \times M$) の疑似伝搬路特性に基づいて複数 (L) のデータを抽出する受信ステップと、を有する。

[0030] 実施の形態 1 の送受信システムは、送信装置および受信装置の各ベースバンド部に、疑似伝搬路特性を用いた送受信のための機能を実装する。実施の形態 1 の送受信方法は、測定ステップで、送信装置または受信装置が、送受アンテナ間の伝搬路 (実伝搬路と記載する場合がある) の特性を測定する。なお、この測定については、既存の仕組みを利用でき、省略も可能である。実施の形態 1 の送受信方法は、生成ステップでは、測定で取得した実伝搬路特性に類似する複数の疑似伝搬路特性を生成する。複数の疑似伝搬路特性は、複数の実伝搬路の特性の相互相関性よりも低い相互相関性を持つ。実施の形態 1 の送受信方法は、送信ステップでは、送信装置が、ベースバンド部内

で、送信対象データに対し、複数の疑似伝搬路特性を用いて、並列かつ独立の複数の送信データ群を作成し、複数の送信アンテナから送信する。実施の形態1の送受信方法は、受信ステップでは、受信装置が、ベースバンド部内で、受信アンテナで受信した信号群から、複数の疑似伝搬路特性を用いて、並列かつ独立の複数のデータ群を抽出する。受信側で使用する複数の疑似伝搬路特性情報は、送信側で利用した疑似伝搬路特性情報と同じであるレプリカである。

[0031] 実施の形態1の送受信方法は、従来のMIMO通信システムでは利用していない、前述の送受アンテナ間の対角線上の伝搬路を利用する。この送受信方法は、そのために、相互相関性が低い複数の疑似伝搬路特性（対応するモデル等）を生成して用いる。この送受信システムでは、送信装置は、ベースバンド部の内部または外部に、疑似伝搬路特性の生成および管理等を行う管理部を備え、ベースバンド部内に、送信対象データに疑似伝搬路特性を反映（例えば重畳および合成）するための疑似伝搬路特性装置を備える。この送受信方法は、対角線上の伝搬路を含むMIMO伝搬路について、それらの疑似伝搬路特性を用いて、各伝搬路間の相互相関性、言い換えると独立性を補強する。これにより、この送受信方法は、MIMOの $N \times M$ の伝搬路を用いて、最大で $N \times M$ 倍の情報伝送高速化およびリソース利用効率向上を実現する。

[0032] [送受信方法およびシステム(1)]

図1は、実施の形態1の送受信方法を実施する実施の形態1の送受信システムの構成を示す。図1では概要を示し、要所の詳細な構成例を図2に示す。実施の形態1の送受信システムは、送信局である送信装置1と、受信局である受信装置2とを有し、送信装置1から受信装置2へ実伝搬路P100を通じて無線でのデータ送受信を行うシステムである。

[0033] 送信装置1は、ベースバンド部100、送信アンテナ部103、伝搬路特性管理部104、送信データ処理部130等を備える。ベースバンド部100には、疑似伝搬路特性装置101、MIMO送信装置102を含む。送信

アンテナ部 130 は、複数 (N) の送信アンテナとして送信アンテナ A1, A2, …… , AN を有する。伝搬路特性管理部 104 は、実伝搬路特性測定部 104A、疑似伝搬路特性生成部 104B を含む。

[0034] 受信装置 2 は、ベースバンド部 200、受信アンテナ部 106、伝搬路特性管理部 109、符号復号器 288 等を備える。ベースバンド部 200 には、MIMO 受信装置 107、疑似伝搬路特性解析抽出装置 108、誤り訂正部 280、パラレルーシリアル変換器 286 を含む。受信アンテナ部 106 は、複数 (M) の受信アンテナとして受信アンテナ B1, B2, …… , BM を有する。伝搬路特性管理部 109 は、実伝搬路特性測定部 109A、疑似伝搬路特性生成部 109B を含む。アンテナ数 N, M は、複数であり、 $N \geq M$ である。本例では $N = M = 4$ であり、すなわち 4×4 MIMO システムの場合を示す。

[0035] 実伝搬路 P100 は、図 23 の例と同様であり、 $4 \times 4 = 16$ 本の伝搬路を有し、それぞれ対応する特性を有する。例えば、図 23 の対角線上の伝搬路 P12 は、第 2 送信アンテナ A2 から第 1 受信アンテナ B1 への伝搬路を表す。符号の前側の添字が受信アンテナを、後側の添字が送信アンテナを表している。例えば、特性 h12 は、伝搬路 P12 に対応する実伝搬路特性である。

[0036] 実施の形態 1 の送受信システムで、送信装置 1 の実伝搬路特性測定部 104A、または受信装置 2 の実伝搬路特性測定部 109A は、既存の SRS 信号 (Sounding Reference Signal) 等の仕組みを用いて、実伝搬路 P100 の複数 ($N \times M$) の伝搬路の特性を測定する。例えば、送信装置 1 の実伝搬路特性測定部 104A が、受信装置 2 から受信する SRS 信号によって特性を測定してもよい。あるいは、受信装置 2 の実伝搬路特性測定部 109A が、送信装置 1 から受信する SRS 信号によって特性を測定し、測定した特性の情報を送信装置 1 へ送信してもよい。なお、実伝搬路特性の測定は、実伝搬路特性測定部 104A と実伝搬路特性測定部 109A とのいずれを用いてもよい。また、方式によっては、実伝搬路特性の測定を省略してもよい。また、

一方の実伝搬路特性測定部は、他方の実伝搬路特性測定部で測定した特性の情報を、通信によって取得してもよい。送信装置1と受信装置2との間で適宜にその通信を行ってもよい。例えば、送信装置1は、受信装置2の実伝搬路特性測定部109Aが測定した実伝搬路特性の情報を、通信で取得してもよい。

[0037] 次に、送信装置1の疑似伝搬路特性生成部104Bまたは受信装置2の疑似伝搬路特性生成部109Bは、複数($N \times M$)の実伝搬路の特性に基づいて、それらの特性に対し周波数特性が近似できる程度に類似する特性である複数($N \times M$)の疑似伝搬路特性を生成する。例えば、送信装置1の疑似伝搬路特性生成部104Bは、実伝搬路特性測定部104Aで測定した特性に基づいて、疑似伝搬路特性の基本モデルを作成し、さらに、基本モデルから所定の演算の操作によって他のモデルを作成する。これらの複数のモデルは、モデル間の相互相関性が低いものとして作成される。送信装置1または受信装置2は、複数のモデルの相互相関性が十分に低いこと、少なくとも複数の実伝搬路の相互相関性よりも低いことを確認する。送信装置1または受信装置2は、そのような相互相関性の条件を満たさないモデル、すなわち相互相関性が高いモデルについては、別のモデルを生成しなおす。

[0038] 実施の形態1では、疑似伝搬路特性生成部104Bは、予めストレージのDB(データベース)に、使用候補となる複数の疑似伝搬路特性(対応する疑似遅延プロファイルモデル)のすべてを保持する。疑似伝搬路特性生成部104Bは、実伝搬路特性に基づいて、データ送信に使用する好適な複数の疑似伝搬路特性(対応する複数のモデル)を選択する。疑似伝搬路特性生成部104Bは、使用する複数の疑似伝搬路特性の情報を、疑似伝搬路特性装置101に与えて設定する。疑似伝搬路特性装置101は、具体的には後述のFIRフィルタ回路等で実装でき、そのフィルタ回路のパラメータとして疑似伝搬路特性を設定できる。

[0039] なお、疑似伝搬路特性の生成に関しては、疑似伝搬路特性生成部104Aと疑似伝搬路特性生成部109Bとのいずれを用いてもよい。例えば、送信

側の疑似伝搬路特性生成部 104B が疑似伝搬路特性を生成すると共に、受信側の疑似伝搬路特性生成部 109B が同様に疑似伝搬路特性を生成してもよい。あるいは、送信側の疑似伝搬路特性生成部 104B が疑似伝搬路特性を生成し、データ送信に使用する疑似伝搬路特性の情報を、送信データのフレームまたはガード・インターバルに記述することで、受信局 2 へ与えてもよい。受信側の疑似伝搬路特性生成部 109B は、送信局 1 から受信した情報から特性情報を参照して使用する。なお、送信装置 1 または受信装置 2 は、リアルタイムで疑似伝搬路特性情報を生成する演算を行ってもよいが、予め生成して DB に保持してあるモデルから選択する構成とすることで、高速化が可能である。

[0040] 送信データ処理部 130 は、送信対象データに関する符号化およびマルチプレクサの機能を持つ。送信データ処理部 130 では、送信対象データを符号化して複数のデータ D1 ~ DL として疑似伝搬路特性装置 101 に分配する。疑似伝搬路特性装置 101 は、送信対象データである複数 (L) のデータについて、複数の疑似伝搬路特性を反映して複数 (N) の送信データを作成する。疑似伝搬路特性装置 101 は、データ毎に疑似伝搬路特性を重畳し、重畳後の信号を合成する。

[0041] MIMO 送信装置 102 は、疑似伝搬路特性装置 101 からの複数 (N) の送信データに MIMO 送信処理を施し、送信アンテナ部 103 の複数 (N) のアンテナから送信させる。複数 (N) のアンテナからの電波群は、複数 (N × M) の伝搬路を通じて受信アンテナ部 106 に到達する。

[0042] 受信装置 2 は、受信アンテナ部 106 の複数 (M) のアンテナによって複数の電波を受信する。MIMO 受信装置 107 は、複数 (M) のアンテナの受信信号から MIMO 受信処理によって複数 (M) の受信信号を得る。疑似伝搬路特性解析抽出装置 108 は、複数 (M) の受信信号に対し、送信側で使用了特性と同じである複数の疑似伝搬路特性を用いて解析し、複数 (L) のデータを抽出する。疑似伝搬路特性解析抽出装置 108 の出力のデータ E1 ~ EL は、誤り訂正部 280 へ供給される。誤り訂正部 280、パラレ

ルーシリアル変換器 286、および符合復号器 288 の機能は、図 23 と同様である。誤り訂正部 280 では、出力データが誤り訂正処理によってより正しい情報に改められる。誤り訂正部 280 の出力は、パラレルーシリアル変換器 286 によって、本来の時系列データとなる。その時系列データは、符合復号器 288 によって、送信側のデータに相当する受信データとなる。受信装置 2 のプロセッサ等はその受信データを得る。

[0043] 受信側の疑似伝搬路特性生成部 109B は、送信側の疑似伝搬路特性生成部 109B と同様に、実伝搬路特性に基づいて複数の疑似伝搬路特性（送信側と同じレプリカ）を生成する。あるいは、受信側の疑似伝搬路特性生成部 109B は、送信装置 1 から、使用した複数の疑似伝搬路特性の情報を取得してもよい。疑似伝搬路特性生成部 109B は、それらの複数の疑似伝搬路特性の情報を、疑似伝搬路特性解析抽出装置 108 に設定する。また、送信装置 1 の伝搬路特性管理部 104 と、受信装置 2 の伝搬路特性管理部 109 との間では、データ送受信用の複数の伝搬路の接続とは別に、制御通信用の接続を設定し、その接続を用いて、実伝搬路特性の測定や疑似伝搬路特性情報の授受に係わる通信を行ってもよい。

[0044] 図 1 のように、この送受信システムは、実伝搬路 P 100 の対角線上の伝搬路も利用できるように、データに疑似伝搬路特性を反映することで、多重化の伝送を実現する。これにより、 $N \times M$ の MIMO 送受信において周波数利用効率を向上できる。なお、送信装置 1 と受信装置 2 との一方のみに実伝搬路特性測定部や疑似伝搬路特性生成部を備える形態としてもよい。

[0045] [送受信方法およびシステム (2)]

図 2 は、実施の形態 1 の送受信方法およびシステムの詳細構成例を示す。なお、図 2 では、送信局 1 側の受信部や、受信局 2 側の送信部については省略している。本例は、 4×4 MIMO システムの場合を示す。本例における伝送速度向上は、最大では、 $4 \times 4 = 4^2 = 16$ 倍となる。

[0046] 一般に、 4×4 MIMO システムにおいて、送信側の 1 個のアンテナから受信側の 4 個のアンテナへ向かう 4 本の伝搬路の特性は、相互に独立とは言

えない。特に、送信側アンテナ列と受信側アンテナ列とが正対した場合には、それらの伝搬路での伝搬遅延時間はほぼ等しくなる。もしも、それらの近傍に反射体が少ない場合には、反射波の伝搬遅延効果も低くなり、相互相関性は1に近づく。

[0047] このため、例えば $N \times N$ のMIMOシステムでは、本来 N^2 本の伝搬路が存在するにもかかわらず、正対するアンテナ本数、すなわち N 本に対応する伝搬路のみを用いて通信を行っている。 $N=4$ の場合、伝搬路数は16本であるが、4本しか実用していない。 $N=16$ の場合、伝搬路数は256本にもなるが、16本しか実用していない。

[0048] 図2の実施の形態1の送受信方法およびシステムは、このような対角線の伝搬路も用いる。そのため、この送受信システムは、16基の疑似伝搬路を設ける。図2の疑似伝搬路特性装置101および疑似伝搬路特性解析抽出装置108は、それぞれ16基の疑似伝搬路を含む。この送受信システムは、これらの疑似伝搬路を用いて、各実伝搬路の電波（対応するデータ信号）に対し、相互相関性を低くするための補強の特性である疑似伝搬路特性を乗じる。

[0049] 図2で、送信局1は、無線基地局等の送信装置であり、受信局2は、ユーザ端末等の受信装置である。図2では、主な構成要素として、送信局1内のベースバンド部や受信局2内のベースバンド部の構成を示し、他の既存の構成要素の図示を省略している。なお、受信局2がユーザ端末である場合、他の構成要素の例としては、コントローラ、メモリ、ストレージ、他の通信インタフェースの通信装置、表示装置、入力装置およびバッテリー等が挙げられる。

[0050] 送信局1は、図1と同様に、疑似伝搬路特性装置101、MIMO送信装置102、送信側MIMOアンテナ部である送信アンテナ部103、および伝搬路特性管理部104を備える。なお、実施の形態1では、伝搬路特性管理部104は、送信局1のベースバンド部内に設けられているが、他の実施の形態としては、ベースバンド部外に設けられてもよい。

[0051] 受信局 2 は、受信側 MIMO アンテナ部である受信アンテナ部 106、MIMO 受信装置 107、疑似伝搬路特性解析抽出装置 108、および伝搬路特性管理部 109 を有する。なお、実施の形態 1 では、伝搬路特性管理部 109 は、受信局 2 のベースバンド部内に設けられているが、他の実施の形態としては、ベースバンド部外に設けられてもよい。送信局 1 の伝搬路特性管理部 104 は、通信システム全体が FDD (frequency division duplex) の場合には送信周波数による伝搬路の周波数伝搬路特性が相手局すなわち図 1 においては受信局 2 側でのみ測定できるので、受信局 2 の伝搬路特性管理部 109 からの報告を得る。その際、送信局 1 側からは測定に必要な SRS 参照信号を通信規約にしたがい送信する。また通信システム全体が TDD (Time division duplex) の場合には、同一周波数で相互に通信を行うので、受信局 2 側に SRS 参照信号を送信させて、送信局 1 側で測定を行い測定制御と測定結果の管理を伝搬路特性管理部 104 が行う。図 1 の伝搬路特性管理部 104 と伝搬路特性管理部 109 の間の双方向の破線は、以上のプロセスを示すものである。なお、伝搬路特性管理部 104 または伝搬路特性管理部 109 は、生成した疑似伝搬路特性の相互の間の相互相関性が高い場合には新しいものを廃棄し改めて生成する。

[0052] 送信アンテナ部 103 は、複数（本例では $N=4$ 個）の送信側個別 MIMO アンテナである送信アンテナ A1, A2, A3, A4 を有する。送信側 MIMO アンテナ部 103 の各送信アンテナから自由空間へ電波が放出される。受信アンテナ部 107 は、複数（本例では $M=4$ 個）の受信側個別 MIMO アンテナである受信アンテナ B1, B2, B3, B4 を有する。受信側 MIMO アンテナ部 107 の各受信アンテナは自由空間から電波を受信する。

[0053] 送信局 1 の疑似伝搬路特性装置 101 は、制御用プロセッサ等の上位層から、送信対象である複数のデータとして、送信データ群 D100, D200, D300, D400 を受ける。各送信データ群は、それぞれ 4 個のデータから成る。例えば、送信データ群 D100 は、4 個のデータとしてデータ D1, D2, D3, D4 から成る。送信データ群は、並列かつ独立の複数のデ

ータ群である。1つの送信データ群のデータ数を L とし、本例では $L = 4$ である。

[0054] 送信側の疑似伝搬路特性装置101は、大別して複数（本例ではアンテナ数 N に合わせた4基）の疑似伝搬路装置部1011, 1012, 1013, 1014を含む。各疑似伝搬路装置部は、さらに複数（本例ではデータ数 L に合わせた4基）の疑似伝搬路である個別疑似伝搬路を含む。すなわち、疑似伝搬路特性装置101は、合計では $4 \times 4 = 16$ 基の疑似伝搬路を含む。例えば、疑似伝搬路装置部1011は、疑似伝搬路PP11, PP12, PP13, PP14を含む。疑似伝搬路装置部1012は、疑似伝搬路PP21, PP22, PP23, PP24を含む。例えば、疑似伝搬路PP11は、入力データD1に対し第1疑似伝搬路特性を重畳する回路である。疑似伝搬路PP12は、入力データD2に対し第2疑似伝搬路特性を重畳する回路である。疑似伝搬路PP13は、入力データD3に対し第3疑似伝搬路特性を重畳する回路である。疑似伝搬路PP14は、入力データD4に対し第4疑似伝搬路特性を重畳する回路である。例えば、疑似伝搬路装置部1011は、4個の疑似伝搬路PP11～PP14の4個の出力を加算等によって合成して出力する。合成後の出力D121は、個別MIMO処理部1021に供給される。4基の疑似伝搬路装置部からの4個の出力を出力D121, D122, D123, D124で示す。

[0055] MIMO送信装置102は、複数（本例ではアンテナ数 N に合わせた4個）の個別MIMO処理部を含み、個別MIMO処理部1021, 1022, 1023, 1024で示す。疑似伝搬路特性装置101からの各出力は、それぞれに対応付けられる個別MIMO処理部1021, 1022, 1023, 1024に入力されて、それぞれMIMO処理が施される。図2では、4個の個別MIMO処理部の各MIMO処理を、 $\Psi 1 \sim \Psi 4$ で表している。 Ψ は、関数であり、変数として (ω, a, θ, t) を持つ。 ω は角周波数を、 a は振幅を、 θ は位相を、 t は時間を示す。

[0056] それぞれの個別MIMO処理部でのMIMO処理後の各信号は、送信アン

テナ部 103 の対応する送信アンテナに送られて、それぞれ電波として送信される。例えば、個別 MIMO 処理部 1021 での MIMO 処理後の信号は、送信アンテナ A1 に送られる。これらの送信アンテナから送信される電波は、実空間の伝搬路である伝搬路 P100 を伝搬し、受信局 2 の受信アンテナ部 106 の複数（本例では $M=4$ 個）の受信アンテナで受信される。複数の送信アンテナと複数の受信アンテナとの間の伝搬路 P100 は、図示のように、対角線上の伝搬路を含む複数（ $N \times M = 4 \times 4 = 16$ ）の伝搬路を有する。各伝搬路の特性を、特性 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} として示す。対向するアンテナ対の伝搬路（前述の伝搬路 P11, P22, P33, P44）の特性は、特性 h_{11} , h_{22} , h_{33} , h_{44} であり、他の特性は、対角線上の伝搬路の特性である。

[0057] MIMO 送信装置 102 の 4 個の個別 MIMO 処理部は、対向する 4 本の伝搬路の特性 h_{11} , h_{22} , h_{33} , h_{44} に対応した MIMO 処理を行う。疑似伝搬路特性装置 101 の 16 基の疑似伝搬路は、実空間の伝搬路 P100 における特性 h_{11} から特性 h_{44} までの複数（ $4 \times 4 = 16$ ）の伝搬路間の特性と対応しており、それらの伝搬路間の相互相関性を低くするための複数（ $4 \times 4 = 16$ ）の疑似伝搬路特性を有する。これらの複数の疑似伝搬路の疑似伝搬路特性を、疑似伝搬路 PP11 から PP44 まで順に、 Φ_{11} , Φ_{12} , Φ_{13} , Φ_{14} , Φ_{21} , Φ_{22} , Φ_{23} , Φ_{24} , Φ_{31} , Φ_{32} , Φ_{33} , Φ_{34} , Φ_{41} , Φ_{42} , Φ_{43} , Φ_{44} で表す。これらの複数の疑似伝搬路特性の生成については後述する。

[0058] 疑似伝搬路特性装置 101 の各疑似伝搬路装置部の複数の個別疑似伝搬路は、伝搬路特性管理部 104 から、疑似遅延プロファイルモデル情報（言い換えると疑似伝搬路特性情報）を得る。送信データ群は、疑似伝搬路特性装置 101 の 4 基の疑似伝搬路装置部の複数の疑似伝搬路が有する伝達関数に載せられる。疑似伝搬路特性装置 101 の 4 個の出力（対応する送信データの信号）は、4 基の MIMO 処理部に供給される。各出力の信号は、各 M I

MO処理部でMIMO機能を付加される（言い換えるとMIMOフレーム信号となる）。その後、各信号は、4基の送信アンテナに給電され、電波として送信される。これらの電波群を、受信局2の4基の受信アンテナが受信する。

[0059] 受信アンテナB1は、4基の送信アンテナからの電波を4本の各伝搬路の特性 h_{11} , h_{21} , h_{31} , h_{41} を通じて受ける。受信アンテナB2は、4基の送信アンテナからの電波を各伝搬路の特性 h_{12} , h_{22} , h_{32} , h_{42} を通じて受ける。受信アンテナB3は、4基の送信アンテナからの電波を各伝搬路の特性 h_{13} , h_{23} , h_{33} , h_{43} を通じて受ける。受信アンテナB4は、4基の送信アンテナからの電波を各伝搬路の特性 h_{14} , h_{24} , h_{34} , h_{44} を通じて受ける。

[0060] 4基の受信アンテナによる受信信号は、MIMO受信装置107の対応する4基のMIMO受信部に入力される。各MIMO受信部1071, 1072, 1073, 1074は、それぞれMIMO解析処理を行い、それぞれの処理出力 D_{171} , D_{172} , D_{173} , D_{174} を生成する。4個のMIMO受信部の各MIMO解析処理を、受信側伝搬路解析関数 $\psi_{1r} \sim \psi_{4r}$ で表している。この受信側伝搬路解析関数 $\psi_{1r} \sim \psi_{4r}$ と送信側の伝搬路特性 $h_{11} \sim h_{44}$ および疑似伝搬路特性 $\phi_{11} \sim \phi_{44}$ までの対応を次の式Aに示す。

[0061] 式A：

$$\psi_{1r} = D_{100D1} \times \phi_{11} * h_{11} + D_{200D1} \times \phi_{12} * h_{12} + D_{300D1} \times \phi_{13} * h_{13} + D_{400D1} \times \phi_{14} * h_{14}$$

$$\psi_{2r} = D_{100D2} \times \phi_{21} * h_{21} + D_{200D2} \times \phi_{22} * h_{22} + D_{300D2} \times \phi_{23} * h_{23} + D_{400D2} \times \phi_{24} * h_{24}$$

$$\psi_{3r} = D_{100D3} \times \phi_{31} * h_{31} + D_{200D3} \times \phi_{32} * h_{32} + D_{300D3} \times \phi_{33} * h_{33} + D_{400D3} \times \phi_{34} * h_{34}$$

$$\psi_{4r} = D_{100D4} \times \phi_{41} * h_{41} + D_{200D4} \times \phi_{42} * h_{42} + D_{300D4} \times \phi_{43} * h_{43} + D_{400D4} \times \phi_{44} * h_{44}$$

上の式において、数式記号 $\times$ は乗算を示し、数式記号 $*$ は、演算が周波数領域で行われる場合には畳み込み積分を、時間領域で行われる場合には乗算を行うことを示している。また例えばデータD100D1は、図2の送信データ群D100のうちのデータD1に対応する。受信部1071, 1072, 1073, 1074は、図1において述べたSRS参照信号に基づいて伝搬路特性の測定を行い、 $\Psi 1_r$, $\Psi 2_r$, $\Psi 3_r$, $\Psi 4_r$ の特性データを取得し、管理し、後続の実データ送信期間での信号抽出に用いる。上の式においてSRS参照信号生成時には、データ群D100D1～D400D4を通信規約に基づく一定の値にする。すなわち、D100D1～D400D4の値が同一の場合には、受信部1071, 1072, 1073, 1074では、次の式Bの伝搬路特性が測定できる。

[0062] 式B：

$$\Psi 1_r\text{-srs} = \langle \Phi 11 * h11, \Phi 12 * h12, \Phi 13 * h13, \Phi 14 * h14 \rangle$$

$$\Psi 2_r\text{-srs} = \langle \Phi 21 * h21, \Phi 22 * h22, \Phi 23 * h23, \Phi 24 * h24 \rangle$$

$$\Psi 3_r\text{-srs} = \langle \Phi 31 * h31, \Phi 32 * h32, \Phi 33 * h33, \Phi 34 * h34 \rangle$$

$$\Psi 4_r\text{-srs} = \langle \Phi 41 * h41, \Phi 42 * h42, \Phi 43 * h43, \Phi 44 * h44 \rangle$$

ここで、SRS参照信号測定時には、送信側のアンテナ1つつつを時間を置いて作動させるので、受信側では伝搬路特性をブランチ毎に測定できる。そのため、上の式ではそれぞれの伝搬路特性情報の集合として表記している。これら16個の伝搬路特性測定結果は、相互に相関性が低いものに管理されている。すなわち、従来の 4×4 MIMOにおいては、それぞれのアンテナが受信したSRS参照信号は、サフィックスにpを付けて表すと、次の式Cとなる。

[0063] 式C：

$$\Psi 1_r\text{-srs-p} = \langle h11, h12, h13, h14 \rangle$$

$$\Psi 2_r\text{-srs-p} = \langle h21, h22, h23, h24 \rangle$$

$$\Psi 3_r\text{-srs-p} = \langle h31, h32, h33, h34 \rangle$$

$$\Psi 4_r\text{-srs-p} = \langle h41, h42, h43, h44 \rangle$$

これらの信号は、相互相関性に問題があるが、実施の形態1が示す前述の式Bにおいては疑似伝搬路特性 $\Phi 11 \sim \Phi 44$ がそれぞれに重畳するため、疑似伝搬路特性の重畳作用により相互相関性を低くすることが可能となるのである。

[0064] なお、これらSRS参照信号の制御と測定した伝搬路特性情報の管理は、図1の伝搬路特性管理部104および伝搬路特性管理部109にて行う。これらの4個の処理出力は、疑似伝搬路特性解析抽出装置108の4基の疑似伝搬路解析ブロックに入力される。4基の疑似伝搬路解析ブロックは、疑似伝搬路解析ブロック1081, 1082, 1083, 1084である。各疑似伝搬路解析ブロックは、さらに、4基の疑似伝搬路解析抽出部を含む。例えば、疑似伝搬路解析ブロック1081は、疑似伝搬路解析抽出部PR11, PR12, PR13, PR14を含む。疑似伝搬路解析ブロック1082は、疑似伝搬路解析抽出部PR21, PR22, PR23, PR24を含む。

[0065] 例えば、疑似伝搬路解析ブロック1081の4基の疑似伝搬路解析抽出部は、処理出力D171について、それぞれ、対応する疑似伝搬路特性を用いて解析し、信号を抽出する。この受信側の疑似伝搬路特性解析抽出装置108で使用する疑似伝搬路特性（対応する疑似遅延プロファイルモデル）は、送信側の疑似伝搬路特性装置101で使用した疑似伝搬路特性と同じレプリカである。例えば、疑似伝搬路PP11と疑似伝搬路解析抽出部PR11とは同じ疑似伝搬路特性 $\Phi 11$ を使用する。

[0066] 例えば、疑似伝搬路解析抽出ブロック1081では、4基の疑似伝搬路解析抽出部において、実伝搬路の特性 $h 11, h 21, h 31, h 41$ を補強する疑似遅延プロファイルモデルと相互相関演算を行う。疑似伝搬路解析抽出ブロック1082では、4基の疑似伝搬路解析抽出部において、伝搬路の特性 $h 12, h 22, h 32, h 42$ を補強する疑似遅延プロファイルモデルと相互相関演算を行う。疑似伝搬路解析抽出ブロック1083では、4基の疑似伝搬路解析抽出部において、伝搬路の特性 $h 13, h 23, h 33,$

h 4 3 を補強する疑似遅延プロファイルモデルと相互相関演算を行う。疑似伝搬路解析抽出ブロック 1 0 8 4 では、4 基の疑似伝搬路解析抽出部において、伝搬路の特性 h 1 4, h 2 4, h 3 4, h 4 4 を補強する疑似遅延プロファイルモデルと相互相関演算を行う。これにより、疑似伝搬路特性解析抽出装置 1 0 8 は、出力として、 $4 \times 4 = 16$ 個のデータを得る。疑似伝搬路特性解析抽出装置 1 0 8 は、4 個の受信データ群としては受信データ群 E 1 0 0, E 2 0 0, E 3 0 0, E 4 0 0 を得る。例えば、疑似伝搬路解析抽出ブロック 1 0 8 1 は、データ E 1 ~ E 4 を抽出し、対応する受信データ群 E 1 0 0 となる。これらのデータ E 1 ~ E 4 は、送信局 1 側の送信データ群 D 1 0 0 のデータ D 1 ~ D 4 に相当する。

[0067] 以上のことについて数式で説明する。各ブランチから受信される受信信号の間の伝搬路特性は、疑似伝搬路特性の重畳により十分に相互相関性が低くなっているとする。こうして送信された信号群は、式 A で示したものとする。例えば M I M O 受信部 1 0 7 1 では、取得した 4 種の伝搬路特性 $\langle \Phi_{11} * h_{11}, \Phi_{12} * h_{12}, \Phi_{13} * h_{13}, \Phi_{14} * h_{14} \rangle$ を用いて相関抽出を行い、次の式 D のデータ群を得る。

[0068] 式 D :

$$\langle D_{100} D_1 \times \Phi_{11} * h_{11}, D_{200} D_1 \times \Phi_{12} * h_{12}, D_{300} D_1 \times \Phi_{13} * h_{13}, D_{400} D_1 \times \Phi_{14} * h_{14} \rangle$$

このデータ群が M I M O 受信部 1 0 7 1 の出力 D 1 7 1 となり、次段の疑似伝搬路解析ブロック 1 0 8 1 に供給される。疑似伝搬路解析ブロック 1 0 8 1 では、4 基の疑似伝搬路解析抽出部 P R 1 1, P R 1 2, P R 1 3, P R 1 4 が並列に出力 D 1 7 1 を受ける。このとき、伝送路特性管理部 1 0 9 から上記 4 基の疑似伝搬路解析抽出部 P R 1 1, P R 1 2, P R 1 3, P R 1 4 へ、それぞれ S R S 参照信号測定結果の $\Phi_{11} * h_{11}, \Phi_{12} * h_{12}, \Phi_{13} * h_{13}, \Phi_{14} * h_{14}$ が提供される。各疑似伝搬路特性解析抽出部は、それぞれが得た S R S 参照信号測定結果データと式 D に示したデータ群との相関抽出演算を行う。例えば疑似伝搬路解析抽出部 P R 1 1 では S R S 参照信号測定結果デ

ータ $\Phi_{11} * h_{11}$ を用いて式 D に示したデータ群との相関演算を次の式 E のように行う。

[0069] [数1]

式 E :

$$E1 = \int_F \left\{ \begin{pmatrix} D100D1 \times \Phi_{11} * h_{11} + \\ D200D1 \times \Phi_{12} * h_{12} + \\ D300D1 \times \Phi_{13} * h_{13} + \\ D400D1 \times \Phi_{14} * h_{14} \end{pmatrix} (\Phi_{11} * h_{11}) \right\} dt$$

$$= D100D1 + \Delta(D200D1 + D300D1 + D400D1)$$

[0070] 式 E 中の Δ は、相互相関性が低い他ブランチ h_{12} , h_{13} , h_{14} からの信号との相互相関演算結果で、疑似伝搬路特性が良好に作用すれば Δ はほぼゼロになる。以上により、疑似伝搬路解析抽出部 PR_{11} を例にとれば、対応するブランチ h_{11} で得られるデータ D_1 をデータ E_1 として抽出できる。

[0071] [疑似伝搬路特性]

図 3 および図 4 は、疑似伝搬路特性である疑似遅延プロファイルモデルの生成方法について示す。図 3 は、その 1 として、実伝搬路特性の測定方法、および測定された無線伝搬路特性と、それに基づいて導出される遅延プロファイルに基づく疑似伝搬路モデルとを示す。図 4 は、その 2 として、疑似伝搬路特性の生成方法、および生成された疑似遅延プロファイルモデルを示す。実施の形態 1 および後述の実施の形態 2 では、複数の疑似伝搬路の特性としては、複数の実伝搬路の特性の測定結果を用いて特徴部分をモデル化しモデル間の相互相関性を低くする変形を施した特性を用いる。

[0072] 図 3 の (a) は、一方の装置（例えば受信局 2）から送信される SR_S 信号を示す。グラフの横軸は周波数 (f) [Hz]、縦軸は送信される電波の強度を示す。 SR_S 信号は、電波伝搬路の周波数特性を測定するための信号であり、利用周波数帯域内において振幅および位相はすべて同一である。1 本の縦線はサブキャリアに対応している。

[0073] 図 3 の (b) は、(a) の SR_S 信号を受信する他方の装置（例えば送信局 1）に届く電波として、実伝搬路の周波数特性が加味された電波を示す。

破線枠は、複数のサブキャリアを束ねたリソースブロックに対応している。

[0074] 前述の図23の例では、FDD方式（FDD：周波数分割多重）の場合、下りリンクと上りリンクとで周波数が異なる。そのため、例えば送信局1は、データ送信の直前に相手側の受信局2からSRSS信号を送信させる。TDD方式（TDD：時分割多重）の場合、下りリンクと上りリンクとで周波数が同一である。そのため、例えば送信局1は、相手側の受信局2からのSRSS信号に基づいて実伝搬路特性を測定するか、または相手側に実電波路特性を測定させた結果をレポートとして送らせる。

[0075] 図3の(c)は、(b)の周波数特性と対を為す、伝搬路特性の位相特性を示す。グラフの横軸は位相[rad]である。縦軸は0を中心として $-\pi$ から π までの範囲である。

[0076] 次に、図3の(b)と(c)の情報を、周波数領域から時間領域へ変換（周波数－時間変換）することで、図3の(d)と(e)の遅延プロファイル特性が得られる。この周波数－時間変換は、逆FFT処理で実現できる（FFT：高速フーリエ変換）。(d)は遅延プロファイル特性の振幅を表す。グラフの横軸は時間(t)である。特に、直接波d0、第1反射波d1、第2反射波d2、第3反射波d3、第4反射波d4を示す。(e)は遅延プロファイル特性の位相を表す。

[0077] 次に、図3の(d)と(e)の遅延プロファイル中の顕著な成分を取り出してシンプルにしたもの、すなわちモデル化したものを、図4の(f)および(g)の擬似遅延プロファイルモデルとして示す。図3の(d)と(e)の遅延プロファイルに、両側Z変換を施すことで、図4の(f)と(g)のモデルが得られる。

[0078] 図4の(f)および(g)のモデルは、両側Z変換によって、時間軸上で正負の成分を持たせている。この変換、言い換えるとモデル化は、電波の伝搬によって例えば壁面反射によって発生する偏波面の反転等を、位相軸上で正しく反映させるために必要である。(f)および(g)で、横軸は時間(t)である。(f)で、縦軸は電波の強度である。(g)で、縦軸は位相で

あり、0を中心として $-\pi$ から π までの範囲である。(f)で、縦線として見えているのは、直接波 a_0 、第1反射波 a_1 、第2反射波 a_2 、第3反射波 a_3 、第4反射波 a_4 を示す。(g)のグラフでも、(f)の各波の時間位置に対応する時間位置に位相が見えている。

[0079] [相互相関性の軽減方法]

疑似遅延プロファイルモデルは、図23の16本の伝搬路のすべてについて生成される。すなわち、例えば16個の相互相関性が低い疑似遅延プロファイルモデルが使用される。図5は、MIMOにおける対角線上の伝搬路の相互相関性軽減の方法について示す。図5は、図2の 4×4 MIMOシステムの16本の電波伝搬路に対応する疑似遅延プロファイルモデルを示す。図5の(f1), (g1)は第1モデルを示し、(f2), (g2)は第2モデルを示し、(f3), (g3)は第3モデルを示し、(f4), (g4)は第4モデルを示し、同様に省略するが各モデルがあり、(f16), (g16)は第16モデルを示す。

[0080] 図5の(f1), (f2), (f3), (f4), (f16)の各グラフは、図4の(f)と同様に、横軸が時間、縦軸が強度である。図5の(g1), (g2), (g3), (g4), (g16)の各グラフは、図4の(g)と同様に、横軸が時間、縦軸が位相である。これらの16個のモデルは、図2の16本の伝搬路の各特性の振幅および位相に対応している。(g1)と(g1)は特性 h_{11} の振幅と位相に対応する。(f2)と(G2)は特性 h_{21} に対応する。(f3)と(g3)は特性 h_{31} に対応する。(f4)と(g4)は特性 h_{41} に対応する。同様にして、(f16)と(g16)は特性 h_{44} に対応する。

[0081] それぞれのモデルにおける遅延波の状態は、時間上で微妙に異なり、さらに位相がわずかず異なる。相互相関性を低くするためには、遅延波成分を強化することが効果的である。ここで、大きな調整を施す場合、周波数特性に変化を与えるので、好ましくない。遅延プロファイル特性の周波数特性は、遅延波間隔をサンプリング時間と考えた場合に、その遅延波間隔が最も影

響を与える。

[0082] そこで、図2の構成では、図5の擬似遅延プロファイルモデルをそのまま疑似伝搬路（疑似伝搬路特性装置101および疑似伝搬路特性解析抽出装置108）に送る。これにより、実伝搬路の遅延プロファイル特性ではモデル波の時刻の周辺に多数存在しているサイドローブのような成分の作用を低める作用が得られ、相互相関性が低くなる。

[0083] 〔相互相関性の能力比較〕

図6は、上記複数の疑似伝搬路特性（対応する疑似遅延プロファイルモデル）を用いた拡張に関する相互相関性の能力比較を示す。図6のグラフは、横軸が送受間アンテナ数であり、縦軸がチャネル容量 C_{ave} [bps/Hz] である。直線600は、現行の $N \times N$ のMIMO方式の能力を示す。相関率 ρ を用いて、 $\rho = \{0, 0.5, 0.8, 0.9\}$ の各場合を示す。直線601は、上記拡張として第1方式の場合の改善効果を示す。第1方式は、特願2018-118353号に記載の方式である。曲線602は、実施の形態1に対応する第2方式の場合の改善効果を示す。直線600のMIMO方式の場合と直線601の第1方式の場合とでは、送受間アンテナ数に比例してチャネル容量が増大する。一方、曲線602の第2方式の場合では、送受間アンテナ数の2乗に比例してチャネル容量が増大する。図6のように、上記拡張に関する効果として、実施の形態1の方式の場合、理想的には、現行のMIMO方式よりも格段に高い容量を実現できる。

[0084] 〔SRS信号の影響〕

なお、MIMO方式では前述のSRS信号により伝搬路特性の測定・推定を行うため、そのSRS信号の影響によって、厳密にはユーザデータの伝送速度の低下につながり得る。これについて、 2×2 MIMOの例と 16×16 MIMOの例とで比較して補足説明する。SRS信号は送信側のアンテナ別に必要となるため、 2×2 MIMOでは2回、 16×16 MIMOでは16回のSRSスロット（SRS信号を伝送するスロット）が必要となる。第2方式は、 2×2 MIMOの場合では伝送速度が $2^2 = 4$ 倍になり、 16×16

6 MIMOの場合では伝送速度が $16^2 = 256$ 倍となる。1フレームの時間を T とし、1フレーム内のSRS期間（SRS信号のための期間）を τ とすると、それぞれの場合の効率 η は以下ようになる。2×2 MIMOの場合、 $\eta_{2 \times 2} = 4 / (T - 2\tau)$ となる。16×16 MIMOの場合、 $\eta_{16 \times 16} = 256 / (T - 16\tau)$ となる。したがって、それらの比は、 $\eta_{16 \times 16} / \eta_{2 \times 2} = 256 / 4 \times (T - 2\tau) / (T - 16\tau) \div 256 / 4 = 64$ となる。よって、送受間アンテナ数が多いほど、SRS期間の影響が低いことが分かる。

[0085] [効果等（1）]

上記のように、実施の形態1によれば、MIMOに関して、周波数等のリソース利用効率向上等を実現できる。従来のMIMOシステムでは利用していない送受アンテナ間の対角線上の伝搬路について、実施の形態1の送受信システムでは、ベースバンド部の疑似伝搬路特性の生成および反映のための回路を用いて、MIMO伝搬路の特性間の独立性を補強する。これにより、実施の形態1によれば、 $N \times M$ のMIMOシステムにおいて、最大で $N \times M$ 倍の情報伝送高速化が実現できる。また、特筆すべきは、従来のMIMOにおいては送受のアンテナ数の間に $N \geq M$ の制限があるが、本発明による疑似伝搬路特性の利用ではこの制限を受けないという新たなMIMO方式の提供が可能であることは明らかである。また、実施の形態1によれば、送受アンテナ数を多数（例えば16×16、256×256等）にすることが難しく送受アンテナ数が少数（例えば2×2）の場合でも、疑似伝搬路を用いた多重化によって、周波数利用効率および情報伝送速度を向上することができる。

[0086] （実施の形態2）

図7～図10を用いて、本発明の実施の形態2の送受信方法およびシステムについて説明する。以下では、実施の形態2等における実施の形態1とは異なる構成部分について説明する。実施の形態2の送受信方法は、実施の形態1の送受信方法の変形例に相当する。

[0087] [周波数帯域の課題について]

前述の図6に示したMIMOシステムにおける伝送速度等の特性は、周波数利用効率等の観点で改善余地がある。送信信号は、所定の広い周波数帯域を持つ。図3の(b)に示したように、実伝搬路で伝搬された広帯域信号は、周波数選択性フェージングによって、平坦ではない。極端な場合、図2の4×4MIMOの16本の伝搬路は、どれを採っても通信に不十分な周波数部分が存在する。そのため、全周波数帯域を利用することにより得られるMIMOの通信速度の期待値は、このままでは得られない。数値で示せば、周波数帯域幅を20MHzとし、直交変調をQPSKとし、MIMOのレベルを2×2MIMOとした場合に、周波数選択性フェージング作用を無視すれば、伝送速度Rは以下のような式となる。

$$[0088] \quad R = BW \times \text{eff}_{\text{DSB}} \times \text{eff}_{16\text{QAM-spectrum}} \times n_{\text{MIMO}} = 20\text{MHz} \times 1/2 \times 4\text{bit/sec} \cdot \text{Hz} \times 2 = 80\text{Mbit/sec.}$$

ここで、BWは帯域幅、 eff_{DSB} は両側SSB変調による周波数利用効率、 $\text{eff}_{16\text{QAM-spectrum}}$ は16値QAM変調における伝送速度効率、 n_{MIMO} は $n \times n$ のMIMOにおける伝送速度倍率を示す。しかし、前述の通り、帯域幅が広いほど、周波数選択性フェージングの影響を受けるので、上記式の20MHzなる帯域をすべて利用することは困難になる。実施の形態2は、このような課題についても解決する。

[0089] [送受信システム]

図7は、実施の形態2の送受信システムとして、MIMOシステムの構成例を示す。図7は、実施の形態1の図2のMIMOシステムのうちの2×2MIMO部分に、実施の形態2に特有の要素を付加したものである。送信局1は、MIMO処理部102と送信アンテナ部103との間に、ダイバーシティ機構110が追加されている。受信局2は、MIMO受信装置107の構成が実施の形態1とは異なっており、また、MIMO受信装置107と疑似伝搬路特性解析抽出装置108との間に、受信側ダイバーシティ処理部120が追加されている。

- [0090] 送信局 1 側の個別 MIMO 処理部 1021, 1022 の 2 つの出力を出力 SA1, SA2 とする。2 つの出力 SA1, SA2 は、ダイバーシティ機構 110 に入り、2 つの出力 SA1, SA2 の和（和信号 SB1 とする）を生成する加算器 151 と、2 つの出力 SA1, SA2 の差（差信号 SB2 とする）を生成する加算器 152 とに供給される。和信号 SB1 は送信アンテナ A1 から送信され、差信号 SB2 は送信アンテナ A2 から送信される。それぞれの送信電波は、実伝搬路 P100 における 2×2 のアンテナ間の 4 本の伝搬路 P11, P21, P12, P22（対応する特性 h_{11} , h_{21} , h_{12} , h_{22} ）を経て、受信アンテナ部 106 の受信アンテナ B1, B2 で受信される。
- [0091] 受信アンテナ部 106 での受信信号 C1, C2 は、MIMO 受信装置 107 に入り、それぞれ、大別して MIMO 処理部 107A, 107B に入る。MIMO 処理部 107A は、個別 MIMO 処理部 1071a, 1071b を含み、MIMO 処理部 107B は、個別 MIMO 処理部 1072a, 1072b を含む。受信信号 C1 は、2 つの個別 MIMO 処理部 1071a, 1071b に入力され、受信信号 C2 は、2 つの個別 MIMO 処理部 1072a, 1072b に入力される。
- [0092] MIMO 受信装置 107 の 4 つの個別 MIMO 処理部には、伝搬路特性管理部 109 内の受信側 MIMO 制御部から、それぞれ対応する実伝搬路の特性 h_{11} , h_{12} , h_{21} , h_{22} が伝達される。これに基づいて、各個別 MIMO 処理部は、それぞれの特性により、受信電波の信号から、送信側の和信号 SB1 と差信号 SB2 を抽出する。例えば、第 1 受信アンテナ B1 には、送信アンテナ A1 から伝搬路 P11 の特性 h_{11} に載った和信号 SB1 が到達し、送信アンテナ A2 から伝搬路 P12 の特性 h_{12} に載った差信号 SB2 が到達する。同様に、第 2 受信アンテナ A2 には、送信アンテナ A1, A2 から特性 h_{21} に載った和信号 SB1 と特性 h_{21} に載った差信号 SB2 が到達する。
- [0093] 個別 MIMO 処理部 1071a は、受信信号 C1 から特性 h_{11} に基づい

て第1送信アンテナA1からの和信号SB1を抽出できる。個別MIMO処理部1071bは、受信信号C1から特性h12に基づいて第2送信アンテナA2からの差信号SB2を抽出できる。個別MIMO処理部1072aは、受信信号C2から特性h21に基づいて第1送信アンテナA1からの和信号SB1を抽出できる。個別MIMO処理部1072bは、受信信号C2から特性h22に基づいて第2送信アンテナA2からの差信号SB2を抽出できる。

[0094] 以上から、MIMO受信装置107の4つの出力D21, D22, D23, D24においては、和信号SB1が2系統得られ、差信号SB2が2系統得られる。ただし、これらの2系統の対応する信号同士は同一ではない。なぜなら、異なる伝搬路を通して送受信されたものであって、周波数選択性フェージングの作用が異なるためである。

[0095] なお、図7では送受アンテナおよび伝搬路として2×2の部分のみを示したが、他の送受アンテナおよびMIMOの他の部分についても同様の構成とすることができる。

[0096] [周波数選択性フェージング]

図8は、5GHz帯の15MHz幅のマルチパスフェージングによる周波数選択性フェージングのシミュレーション例を示す。図8の(A)は、シミュレーションに用いた遅延プロファイルを示す。グラフの横軸は遅延時間[ns]、縦軸は遅延波相対電力[dB]である。図8の(B)は、5GHz帯におけるマルチパスフェージングによる異なる2地点の位置での周波数選択性フェージングのシミュレーション結果を示す。グラフの横軸は周波数[GHz]、縦軸は相対電力[dB]である。スペクトル801は第1地点の場合、スペクトル802は第2地点の場合である。周波数幅は約15MHzであり、フェージングの山谷の間隔は約2MHzである。さらに、強度の減衰は約5MHz毎に現れることが分かる。図8では、図7のような4本の電波伝搬路の周波数選択性フェージングが及ぼす作用のイメージを伝搬路毎に描いており、4系統の伝搬路を通った信号を合成した場合の周波数スペクトルのイメージを示している。

[0097] [周波数選択性フェージングの除去効果]

図9は、実施の形態2でのダイバーシティ化を図った、 2×2 MIMOにおける周波数選択性フェージングの除去効果について示す。図9のグラフの横軸は周波数（ f ）である。図9で、（ s ）は、送信側の周波数帯域特性を示す。（ a ）～（ d ）は、上記4本の伝搬路の各特性による周波数選択性フェージングの作用を受けた周波数スペクトルを示す。（ a ）は伝搬路P11の特性 h_{11} によるもの、（ b ）は伝搬路P12の特性 h_{12} によるもの、（ c ）は伝搬路P21の特性 h_{21} によるもの、（ d ）は伝搬路P22の特性 h_{22} によるものを示す。例えば、（ a ）のスペクトルをみると、周波数領域 r_1 、 r_4 、 r_5 、 r_8 では山となっているが、周波数領域 r_2 、 r_3 、 r_6 、 r_7 では減衰によって谷となっている。

[0098] 各伝搬路が相互に独立である場合、言い換えると相互相関性が低い場合、図9のように、周波数選択性フェージングの作用も独立となり、ダイバーシティ効果が期待できる。すなわち、これらの（ a ）～（ d ）のスペクトルを合成すると、図9の（ r ）に示すスペクトルのようになり、相互の減衰した周波数領域を補完することができる。

[0099] 図7で、受信側ダイバーシティ処理部120は、MIMO受信装置107からの4系統の受信出力（出力D21～D24）から、送信側の疑似伝搬路特性装置101の8基の個別疑似伝搬路の加算された出力D121、D122に相当する信号D171、D172を得る。これらの信号D171、D172が、疑似伝搬路特性解析抽出装置108に供給され、実施の形態1と同様の処理が行われる。疑似伝搬路特性解析抽出装置108は、疑似伝搬路特性解析抽出部1081、1082を含む。例えば、疑似伝搬路特性解析抽出部1081は、4個の疑似伝搬路特性解析抽出部PR11～PR14を含む。各疑似伝搬路特性解析抽出部は、各疑似伝搬路特性に基づいた解析によって信号を抽出する。例えば、疑似伝搬路特性解析抽出部1081は、4個のデータE1～E4を取得し、これらが出力（受信データ群）E100となる。

[0100] [信号変換]

図10を用いて、図7のダイバーシティ機構部110の2つの加算器151, 152が行う信号変換について説明する。図10は、MIMOシステムの周波数選択性フェージング軽減のための信号変換を示し、直交性の2系統の信号を合成する方法を示す。ここでは、直交性の2系統を、 x 軸上と y 軸上で考える。図10の(A)は、 x 軸上のベクトル信号 $V1$ とベクトル信号 $V2$ が、 x/y 平面上で $\pi/4$ 回転位置にある $(x+y, -x-y)/ (x-y, -x+y)$ 平面からはどのように見えるかを示す。図10の(B)は、 y 軸上のベクトル信号 $U1$ とベクトル信号 $U2$ が、同じく、 $(x+y, -x-y)/ (x-y, -x+y)$ 平面からはどのように見えるかを示す。それぞれのベクトル信号は以下ようになる。 $V1 = V1a + V1b$, $V2 = V2a + V2b$, $U1 = U1a + U1b$, $U2 = U2a + U2b$ 。

[0101] ここで、ベクトル信号 $V1$ とベクトル信号 $U1$ の加算は、 $V1 + U1 = V1a + V1b + U1a + U1b = 2U1a$ となり、ベクトル信号 $V1$ とベクトル信号 $U1$ の差は、 $V1 - U1 = V1a + V1b - (U1a + U1b) = 2U2a$ となる。いずれも、ベクトルは $\pi/4$ の回転座標軸上に移る。

[0102] 他方、 $V1a = U1a$, $V1b = U2a$, $V2a = U1b$, $V2b = U2b$ であるから、 $V1a + U2a = V1$, $V1a - U2a = U1$ となる。すなわち、受信局2側で2つの信号を加算あるいは差をつくると、元の $x-y$ 平面のベクトル信号に戻る。受信側ダイバーシティ処理部120は、このように元に戻す処理を行う。

[0103] [効果等(2)]

上記のように、実施の形態2によれば、実施の形態1の効果に加え、以下の効果を有する。従来のMIMOシステムの各伝搬路に内在する周波数選択性フェージングによる伝送効率の低下について、実施の形態2の送受信システムでは、ベースバンド部の疑似伝搬路特性の生成および反映のための回路を用いて、送信信号間の和信号および差信号の生成と伝送を行う。受信局側には、それらの信号を復元する回路を設ける。これにより、実施の形態2に

よれば、アンテナ数に匹敵する周波数選択性フェージングの補完効果を実現でき、さらなる伝送速度高度化に利する。

[0104] (実施の形態3)

図11～図16を用いて、本発明の実施の形態3の送受信方法およびシステムについて説明する。実施の形態3および後述の実施の形態4では、ビームフォーミングに適用する場合を説明する。これらの形態では、ビームフォーミング機能を用いた送受信の際に、複数の疑似伝搬路の信号を、通信用途別に分配できる構成を示す。本発明の実施の形態3、4では、ビームフォーミングにおける疑似伝搬路特性は、実伝搬路特性の測定を必要としない自由な生成（相互相関性の要件の範囲内での自由な生成）が可能である。

[0105] [概要]

実施の形態3では、第5世代移動通信の主役となるビームフォーミング機能についての課題と解決方法を示す。ビームフォーミング機能は、複数のアンテナを用いて各アンテナからの無線信号の振幅や位相を制御することで所望の地点（受信点）に電波ビームの焦点を生成する機能であるが、入力条件として全アンテナに同一の信号を配する必要がある。そのため、複数のアンテナを個別に利用できるMIMO動作時には同時に複数のデータを伝送できるのに対し、ビームフォーミング時には同時に単一のデータしか送ることができない。

[0106] 他方、第5世代移動通信においては、通信の高速化や低遅延性の確保、あるいは高信頼性の確保等の標準化目標を達成するために、通信経路の分離並行化が必須となっている。通信経路の分離並行化の主なものには、CU分離と呼ばれる、制御信号系（C：Control signal/data）とユーザデータ系（U：User signal/data）との分離並行化がある。また他には、伝搬路特性の測定に用いるSRS信号とユーザデータ系との分離並行化がある。また他には、端末の初期接続処理に不可欠な報知信号（BCH：Broadcast Control Channel）やランダムアクセス信号（RACH：Random Access Channel）と、接続後の通信信号PDSCH（Physical Downlink Shared Channel）やPDCCH（Ph

ysical Downlink Control Channel)との分離並行化等がある。

[0107] しかし、複数のアンテナをビームフォーミング機能として用いる場合には、ビームの伝送路が単一となるので、上記の第5世代移動通信が求める信号の分離並行化が不可能となる。実施の形態3では、このような課題を解決できる方法を示す。

[0108] 実施の形態3の送受信方法は、複数(N)の送信アンテナを持つ送信装置と、1個以上の受信アンテナを持つ受信装置との間でデータを送受信する送受信方法であって、送信装置は、複数(N)の送信アンテナ、ビームフォーミング送信回路およびビーム制御部を含むビームフォーミング送信機能を有し、受信装置は、受信アンテナおよびビームフォーミング受信回路を含むビームフォーミング受信機能を有し、送信装置と受信装置との間でビームフォーミングによってデータを送受信する方法である。ビームフォーミング送信機能は、1個のデータに基づいて複数(N)の送信アンテナからビームを構成する電波群として送信する機能である。ビーム制御部の機能は、複数(N)の送信アンテナと受信アンテナとの間の複数の実伝搬路の特性に基づいて所望の受信点にビームの焦点を結ぶための伝搬制御を行う機能を含む。ビームフォーミング受信機能は、受信アンテナで受信したビームの電波群から送信側の1個のデータに対応する信号群を受信する機能である。

[0109] この送受信方法は、以下の生成ステップ、作成ステップ、送信ステップ、受信ステップ、および抽出ステップを有する。生成ステップは、送信装置または受信装置が、複数(N)の送信アンテナと受信アンテナとの間の複数の疑似伝搬路の特性を生成するステップである。次に、作成ステップは、送信装置が、種類が異なる複数のデータ群として少なくとも第1データ群(例えば1個のデータ)と第2データ群(例えばJ個のデータ)とを含む、送信対象である並列かつ独立の複数(例えば1+J個)のデータにおける各データを、複数(1+J個)の疑似伝搬路の特性における各特性に対応する疑似伝搬路に個別に載せた複数(1+J個)の出力(変調出力群)から合成・集約によって1つの送信データ/送信信号を作成するステップである。次に、送

信ステップは、送信装置が、1つの送信データ／送信信号に基づいて、ビームフォーミング送信機能によって所望の受信点に焦点を結ぶように伝搬特性を制御した複数（N）の送信アンテナからビームを構成する電波群を送信するステップである。次に、受信ステップは、受信装置が、ビームの状態で到来した電波群から、受信アンテナを含むビームフォーミング受信機能によって信号を受信するステップである。次に、抽出ステップは、受信装置が、受信した信号から、送信側と対応する複数（I + J 個）の疑似伝搬路の特性の解析に基づいて、複数（I + J 個）の疑似伝搬路の特性に載せられていた上記種類が異なる複数のデータ群を含む並列かつ独立の複数（I + J 個）のデータに対応する複数のデータを抽出するステップである。なお、上記送信ステップおよび受信ステップは、現行のビームフォーミング技術を適用できる。上記種類が異なる複数のデータ群は、プロトコルスタック上の異なるプレーン、異なるベアラ、異なるチャネル、異なるスライス、異なる帯域制御サービス種別、または、緊急度の異なる通信におけるデータ群である、あるいは、制御・管理系の信号とアプリケーション系の信号とのデータ群である。異なる帯域制御サービス種別は、G B R (guaranteed bit rate)やC B R (constant bit rate)やV B R (variable bit rate)やA B R (Available bit rate)やU B R (unspecified bit rate)といった帯域制御またはサービス種別が挙げられる。

[0110] [送受信方法およびシステム]

図11は、実施の形態3の送受信方法およびシステムとして、ビームフォーミングシステムの構成を示す。例えば、送信局1は無線基地局等の送信装置であり、受信局2はユーザ端末等の受信装置である。送信局1は、送信側のベースバンド部（図示を省略）内に、複数の疑似伝搬路特性装置301、ビームフォーミング制御回路302、送信アンテナ部303、1基以上の伝搬路特性管理部304、およびビーム制御部305、等を備える。ビームフォーミング制御機能は、ビームフォーミング制御回路302、送信アンテナ部303、およびビーム制御部305によって構成されている。複数の疑似

伝搬路特性装置 301 は、例えば 2 つの疑似伝搬路特性装置として、疑似伝搬路特性装置 301 A および疑似伝搬路特性装置 301 B を有する。1 基以上の伝搬路特性管理部 304 は、例えば 2 つの伝搬路特性管理部として、伝搬路特性管理部 304 A および伝搬路特性管理部 304 B を有する。本例では、1 台の送信局 1 内の送信側のベースバンド部内に 2 つの疑似伝搬路特性装置を備える構成としたが、これに限らず、3 つ以上の疑似伝搬路特性装置、および対応する伝搬路特性管理部を備える構成も可能である。

[0111] 疑似伝搬路特性装置 301 A は、送信対象のデータ群（例えば第 1 送信データ群）である複数（I とする）のデータとしてデータ D A 1, D A 2, …, D A I を供給する分配器 311 A と、それらの複数（I）のデータに対応させた複数（I）の疑似伝搬路 P A 1, P A 2, …, P A I とを有する。同様に、疑似伝搬路特性装置 301 B は、送信対象のデータ群（例えば第 2 送信データ群）である複数（J とする）のデータとしてデータ D B 1, D B 2, …, D B J を供給する分配器 311 B と、それらの複数（J）のデータに対応させた複数（J）の疑似伝搬路 P B 1 ~ P B J とを有する。なお、I と J は、同じ数としてもよいし、異ならせてもよい。分配器 311 A には、通信路 NW 31 から信号／データ D 31 が入力される。分配器 311 B には、通信路 NW 32 から信号／データ D 32 が入力される。通信路 NW 31, NW 32 は、送信局 1 内にある通信路またはネットワークであり、実装例としては光ファイバが挙げられる。なお、少なくとも 2 本の通信路 NW 31, NW 32 を有するが、これに限らず、3 本以上の通信路が疑似伝搬路特性装置 301 に接続されてもよい。

[0112] 受信局 2 は、ベースバンド部（図示を省略）内に、受信アンテナ部 306、1 基以上の疑似伝搬路特性解析抽出装置 307、および伝搬路特性管理部 309 を備える。疑似伝搬路特性解析抽出装置 307 は、例えば 2 つの疑似伝搬路特性解析抽出装置として、疑似伝搬路特性解析抽出装置 307 A および疑似伝搬路特性解析抽出装置 307 B を有する。また、伝搬路特性管理部 309 は、2 つの伝搬路特性管理部として、伝搬路特性管理部 309 A およ

び伝搬路特性管理部309Bを備える。疑似伝搬路特性解析抽出装置307Aは、受信アンテナ部306（受信アンテナB1）に接続されている複数（I）の疑似伝搬路特性解析抽出回路（PC1～PCI）と、それらに接続される集約器312Aとを有する。疑似伝搬路特性解析抽出装置307Bは、複数（J）の疑似伝搬路特性解析抽出回路（PD1～PDJ）と、それらに接続される集約器312Bとを有する。

[0113] 図示の例では、ビームフォーミングを介した信号／データの送受信のための経路／通信回線として、大別して2つの経路／通信回線がある。一方を第1通信回線、他方を第2通信回線とする。第1通信回線は、通信路NW31、疑似伝搬路特性装置301A、疑似伝搬路特性解析抽出装置307A、通信路NW33を用いる経路である。第2通信回線は、通信路NW32、疑似伝搬路特性装置301B、疑似伝搬路特性解析抽出装置307B、通信路NW34を用いる経路である。実施の形態3では、CU分離等の信号の分離並行化の用途に応じて、これらの複数（2つ）の経路を、複数の種類のデータ（第1データ群、第2データ群）を伝送するために用いる。例えば、第1データ群はCU分離における制御プレーンデータ、第2データ群はユーザプレーンデータとすることができる。

[0114] 送信局1側における送信データ（第1データD31および第2データD32）は、通信路NW31および通信路NW32から、対応する分配器311Aおよび分配器311Bに供給され、それぞれ、分配によって、並列かつ独立の複数のデータ群となる。例えば、通信路NW31からは、第1データD31として制御プレーンデータが供給され、通信路NW32からは第2データD32としてユーザプレーンデータが供給される。第1データD31に基づいて分配器311Aから出力される第1送信データ群DAは、複数（I）のデータ（データDA1, DA2, …… , DA I）で構成される。第2データD32に基づいて分配器311Bから出力される第2送信データ群DBは、複数（J）のデータ（データDB1, DB2, …… , DB J）で構成される。

[0115] 第1送信データ群DA (DA1～DAI) および第2送信データ群DB (DB1～DBJ) の各データは、それぞれ対応する疑似伝搬路特性装置301A, 301Bにおいて、それぞれの疑似伝搬路特性が反映される。第1送信データ群DA (DA1～DAI) の各データは、そのデータ数(I)に対応する複数(I)の疑似伝搬路PA (PA1～PAI) における各疑似伝搬路の有する伝達関数に載せられる。第2送信データ群DB (DB1～DBJ) の各データは、そのデータ数(J)に対応する複数(J)の疑似伝搬路PB (PB1～PBJ) における各疑似伝搬路の有する伝達関数に載せられる。

[0116] 実施の形態3では、複数(例えばI+J個)の疑似伝搬路の特性は、それらの相互相関性が十分低いものとして、実伝搬路P300の特性とは独立に生成され設定される。複数(I)の疑似伝搬路PAを第1グループとし、複数(J)の疑似伝搬路PBを第2グループとする。第1グループの複数(I)の疑似伝搬路PAには、伝搬路特性管理部304Aから、相互相関性が低い複数(I)の疑似遅延プロファイルモデルが設定される。同様に、第2グループの複数の疑似伝搬路PBには、伝搬路特性管理部304Bから、相互相関性が低い複数(J)の疑似遅延プロファイルモデルが設定される。複数(I)の疑似伝搬路PAと複数(J)の疑似伝搬路PBとを合わせた複数(I+J)の疑似伝搬路の全体でみた場合でも、それらの相互相関性が低くなるように、複数(I+J)の疑似遅延プロファイルモデルが設定される。なお、2つの伝搬路特性管理部304A, 304Bを1つにまとめた構成としても構わない。

[0117] 疑似伝搬路特性装置301Aの複数の疑似伝搬路PAからの複数(I)の出力(出力信号)OAと、疑似伝搬路特性装置301Bの複数(J)の疑似伝搬路PBからの複数(J)の出力(出力信号)OBとを合わせた複数(I+J)の出力は、1つの出力(出力信号)D301に合成される。この合成は、例えば加算や変調等のデジタル処理で実現できる。言い換えれば、出力信号D301は、CU分離等における複数の種類(例えば2種類)のデータ

(例えば第1データ群と第2データ群)が重畳されている信号である。そして、出力信号D301は、ビームフォーミング制御回路302内の複数(N)のビームフォーミング回路(回路3031~303N)のそれぞれに供給される。ビームフォーミング制御回路303は、送信アンテナ部303の複数(N)の送信アンテナに対応した複数(N)のビームフォーミング回路として回路3021, 3022, …… , 302Nを含む。

[0118] ビームフォーミング制御回路302は、ビーム制御部305からの制御に基づいて、1つの出力信号D301に対し、送信アンテナ部303の個々のアンテナ素子毎に振幅位相調整等の制御を行い、制御後の各信号を、対応する各アンテナ素子(アンテナA1~AN)へ供給する。各ビームフォーミング回路での振幅位相調整等の制御処理を、関数 $\Psi 1 \sim \Psi N$ で示す。ビーム制御部305は、複数の送信アンテナと受信アンテナとの間の実伝搬路P300の特性に基づいて、ビームフォーミングで所望の受信点に焦点を結ぶように伝搬特性を制御する機能を有する部分である。送信局1または受信局2の少なくとも一方は、実伝搬路P300の特性を測定する。ビーム制御部305は、無線回線313を通じて、実伝搬路P300の特性の測定情報(周波数および位相の特性の情報を含む)を取得し、その測定情報に基づいて、ビームフォーミング制御のための、実伝搬路P300の周波数の特性をフラットにして焦点を合わせるための演算処理(現行の技術でのプリコーディング)を行う。ビーム制御部305は、その演算結果に基づいてビームフォーミング制御回路302の各回路を設定および制御する。ビームフォーミング制御回路302は、その制御に従って、入力データ信号D301に対し、振幅および位相の制御を行う。

[0119] 送信アンテナ部303は、ビームフォーミング機能に対応した複数(N)の送信アンテナ(対応するアンテナ素子)として、アンテナA1, A2, A3, …… , ANを有する。実伝搬路P300は、送信側の複数(N)のアンテナと受信側の1個以上のアンテナとの間の複数の伝搬路P51, P52, …… , P5Nを含む。各伝搬路の特性は特性 $h 5 1, h 5 2, \dots, h 5 N$

とする。各伝搬路に対応する電波を電波 2 1, 2 2, 2 3, 2 4, …… , 2 N とし、それらを電波群 2 0 とする。ビームフォーミング制御の結果、送信アンテナ部 3 0 3 からの電波群 2 0 は、所定のビームを形成し、主ビームが、受信局 2 の受信アンテナ部 3 0 6 のアンテナ B 1 に到達し、受信点としての焦点を結ぶ。

[0120] 受信アンテナ部 3 0 6 は、少なくとも 1 個のアンテナ B 1 を有し、複数のアンテナがあってもよい。1 個のアンテナ B 1 は、複数 (N) のアンテナからの電波群 2 0 を受信する。アンテナ B 1 による受信信号 D 3 0 2 は、複数の疑似伝搬路特性解析抽出装置 3 0 7 (3 0 7 A, 3 0 7 B) に入る。複数の疑似伝搬路特性解析抽出装置 3 0 7 は、例えば 2 つの疑似伝搬路特性解析抽出装置として、疑似伝搬路特性解析抽出装置 3 0 7 A および疑似伝搬路特性解析抽出装置 3 0 7 B を有する。疑似伝搬路特性解析抽出装置 3 0 7 A は、第 1 通信回線のデータ数 (I) に対応した複数 (I) の疑似伝搬路特性解析抽出部 (抽出回路) P C として、抽出回路 P C 1, P C 2, …… , P C I と、集約器 3 1 2 A とを有する。疑似伝搬路特性解析抽出装置 3 0 7 B は、第 2 通信回線のデータ数 (J) に対応した複数 (J) の疑似伝搬路特性解析抽出部 (抽出回路) P D として、抽出回路 P D 1, P D 2, …… , P D J と、集約器 3 1 2 B とを有する。抽出回路 P C, P D の数 (I, J) は、送信側のデータ群および疑似伝搬路特性装置 3 0 1 の疑似伝搬路 (対応するモデル) の数 (I, J) と対応している。

[0121] 疑似伝搬路特性解析抽出装置 3 0 7 A の複数 (I) の抽出回路 P C には、伝搬路特性管理部 3 0 9 A から、相互相関性が低い複数 (I) の疑似遅延プロファイルモデルが設定される。これらの複数 (I) の疑似遅延プロファイルモデルは、送信側の疑似伝搬路特性装置 3 0 1 A で使用された複数 (I) の疑似伝搬路特性 (対応するモデル) と同じレプリカである。同様に、疑似伝搬路特性解析抽出装置 3 0 7 B の複数 (J) の抽出回路 P D には、伝搬路特性管理部 3 0 9 B から、相互相関性が低い複数 (J) の疑似遅延プロファイルモデルが設定される。これらの複数 (J) の疑似遅延プロファイルモデル

ルは、送信側の疑似伝搬路特性装置 301B で使用された複数 (J) の疑似伝搬路特性 (対応するモデル) と同じレプリカである。疑似伝搬路特性解析抽出装置 307A, 307B を合わせた全体でみた場合でも、相互相関性が低くなるように、複数 (I + J) の疑似遅延プロファイルモデルが設定される。なお、2つの伝搬路特性管理部 309A, 309B は 1 つにまとめられてもよい。

[0122] 疑似伝搬路特性解析抽出装置 307A, 307B の各抽出回路は、受信信号 D302 に対し、抽出回路毎の疑似遅延プロファイルモデルとの相互相関演算を行う。これにより、各抽出回路は、対応する疑似伝搬路に載せられていたデータを抽出する。例えば、抽出回路 PC1 は、受信信号 D302 に対し、複数 (I) のモデルのうちの第 1 モデルを用いて解析および抽出処理を行うことで、データ EA1 を抽出する。同様に、抽出回路 PC2, …… , PC I からデータ EA2, …… , EA I が抽出される。疑似伝搬路特性解析抽出装置 307A の複数の抽出回路 PC (PC1 ~ PC I) から抽出されたデータ群を、第 1 受信データ群 EA (EA1 ~ EA I) とする。第 1 受信データ群 EA は、第 1 送信データ群 DA (DA1 ~ DA I) に対応する内容を持つデータ群である。同様に、疑似伝搬路特性解析抽出装置 307B の複数 (J) の抽出回路 PD (PD1 ~ PD J) から抽出されたデータ群を、第 2 受信データ群 EB (EB1 ~ EB J) とする。第 2 受信データ群 EB は、第 2 送信データ群 DB (DB1 ~ DB J) に対応する内容を持つデータ群である。疑似伝搬路特性解析抽出装置 307A の複数 (I) の抽出回路 PC からの第 1 受信データ群 EA (EA1 ~ EA I) は、集約器 312A によって、1 つの受信データ D33 に集約されて、通信路 NW33 に接続、出力される。疑似伝搬路特性解析抽出装置 307B の複数 (J) の抽出回路 PD からの第 2 受信データ群 EB (EB1 ~ EB J) は、集約器 312B によって、1 つの受信データ D34 に集約されて、通信路 NW34 に接続、出力される。

[0123] 例えば実施の形態 3 を C U 分離として用いている場合、以下のように通信路を用いることができる。例えば上記通信路 NW31 と通信路 NW33 をユ

ーザデータ通信回線として用いて、端末である受信局 2 では、通信路 NW 3 3 をユーザプレーン受端部にて終端して例えば 8 K 高画質画像提供サービスに付随する音声用ユーザプレーンベアラ (dedicated bearer) と映像用ユーザプレーンベアラを 8 K 高画質画像復号器へ接続し、ユーザに 8 K 高画質画像サービスを提供する。また、通信路 NW 3 2 と通信路 NW 3 4 を制御信号通信回線として用いて、受信局 2 では、通信路 NW 3 4 を制御プレーン受端部にて制御プレーン用ベアラ、例えばデフォルトベアラ (default bearer) と帯域保証 (G B R :guaranteed bit rate) 制御などの制御プレーンの終端を行い、端末の通信制御を行う。

[0124] 送信局 1 側の伝搬路特性管理部 3 0 4 (3 0 4 A, 3 0 4 B) は、S R S 信号によって受信局 2 側の複数の伝搬路特性管理部 3 0 9 (3 0 9 A, 3 0 9 B) で得られた実伝搬路 P 3 0 0 の特性の測定情報 (周波数特性もしくは遅延プロファイル情報) を、無線回線 3 1 3 を通じて得る。無線回線 3 1 3 は、実伝搬路 P 3 0 0 を通じて受信局 2 (例えばユーザ端末) 側から送信局 1 (例えば基地局) へ信号が送られる通信回線であるが、図 1 1 では、実施の形態 3 の特徴の説明のために、送信局 1 から受信局 2 への下りリンクの通信を論じているため、その通信の実伝搬路 P 3 0 0 とは敢えて分けた通信経路として示している。無線回線 3 1 3 は、実施の形態 1 (図 1) で説明した伝搬路特性管理部 1 0 4, 1 0 9 間での制御用の通信路に対応し、上記実特性測定情報に関するやり取りや、疑似伝搬路特性装置 3 0 1 および疑似伝搬路特性解析抽出装置 3 0 7 のそれぞれにどのモデルを設定するかに関するやり取りに使用される。実施の形態 3 では、伝搬路特性管理部 3 0 4 は、疑似伝搬路特性装置 3 0 1 等の疑似伝搬路の設定に、実伝搬路 P 3 0 0 の特性 (測定値) とは独立に生成したモデルを使用する。

[0125] ビームフォーミング制御回路 3 0 2 は、受信局 2 からのパイロット信号もしくは S R S 信号によって、受信局 2 の位置を特定する。ビームフォーミング制御回路 3 0 2 は、ビーム制御部 3 0 5 からの制御に基づいて、複数 (N) のビームフォーミング回路 (回路 3 0 2 1 ~ 3 0 2 N) に、受信局 2 に主

ビームが焦点を結ぶように、振幅と位相の制御情報を与える。伝搬路特性管理部304(304A, 304B)は、後述する疑似伝搬路モデル生成方法により得た複数のモデル(疑似遅延プロファイルモデル)を、ストレージのDBに格納する。例えば、疑似伝搬路特性装置301Aは、伝搬路特性管理部304AのDBのモデルを参照して、各疑似伝搬路(PA1~PAI)に設定する。なお、伝搬路特性管理部304AのDBのモデルと、伝搬路特性管理部304BのDBのモデルとは、同じモデルが重複しないように、かつ、それらを合わせた複数のモデルが高い相互相関性を有さないように管理される。

[0126] 上記のように、送信局1の疑似伝搬路特性装置301(301A, 301B)では、相互相関性の低い複数(I, J)の疑似伝搬路のモデルを用いて、それぞれ別個のデータ(第1送信データ群DAおよび第2送信データ群DB)を載せた各疑似伝搬路の出力(OA, OB)が1つの出力信号D301に合成される。この1つの出力信号D301は、1つの送信信号であれば可能となるビームフォーミング機能の入力条件に合致する。送信局1は、その出力信号D301に基づいて、ビームフォーミング機能によって所望の受信点に焦点を結ぶように伝搬特性を制御した複数(N)の送信アンテナから電波群20として放出し、受信点として目標とする受信局2のアンテナB1に到達させる。このような1つの出力信号D301であっても、受信局2側の疑似伝搬路特性解析抽出装置307では、送信側と同じ複数(I, J)の疑似伝搬路のモデルを用いて、複数(I, J)のデータの各データを分離して抽出することができる。

[0127] なお、受信局2のアンテナ部306のアンテナを2個以上として受信ダイバーシティ効果を備える構成とする場合は、さらに通信の信頼性を容易に高めることができる。

[0128] [利用例]

図12を用いて、実施の形態3の送受信方法およびシステムを用いた具体的な利用例およびその効果等について説明する。図12には、実施の形態3

の送受信方法およびシステムにおけるビームフォーミング機能の利用例として、C U分離の実現を示す。図12の上側には、ビームフォーミングによるC U分離を示し、下側には、概念のイメージとして、通信回線状態を示す。図12では、送信局1は基地局であり、受信局2はユーザ端末である。送信局1側は、前述の仕組みで、複数のデータ（例えばx個のData#11~#1x、y個のデータData#21~Data#2Y）を複数（x+y）の疑似伝搬路に載せて重畳して1つの出力信号D301に合成し、送信アンテナ部303の複数のアンテナA1~ANからビームフォーミングによる電波群20を送信する。なお、前述の図11の第1送信データ群DAや第2送信データ群DBにおけるデータ数（I，J）は、複数に限定されず、1にすることも可能であり、例えば制御プレーンデータ310を1個としてもよい。用途によるが、例えばユーザプレーンデータ320の並列のデータ数（x）は、制御プレーンデータ310の並列のデータ数（y）よりも多くなることが想定される。

[0129] 本例では、ビームフォーミングに重畳される複数の通信回線（言い換えると仮想通信路）として、第1通信回線と第2通信回線を有し、第1通信回線は、中速・高信頼性通信が要求される制御プレーンデータ（Control plane data）310の送信に使用され、第2通信回線は、超高速通信が要求されるユーザプレーンデータ（User plane data）320の送信に使用される。すなわち、ビームフォーミングの際に複数の疑似伝搬路を用いることでC U分離が実現できる。ある時点のビームをみた場合、そのビームには、第1通信回線の制御プレーンデータと第2通信回線のユーザプレーンデータとが重畳されている。伝送状況に応じて、時点毎に制御プレーンデータとユーザプレーンデータとの一方しか含まない場合もある。

[0130] 図12の例は、ユーザ端末（受信局2）がGbpsオーダーの超高速通信を要望するeMBB（enhanced Mobile Broadband）のサービス状態を示す。eMBBにとって、OFDMフレーム内に点在する制御信号（制御プレーンデータ）は、超高速性を追求することを大きく阻害するものとなり得る。他方、制御信号は、中速度でありながら、高信頼性通信を必要とする。その目的のた

めにeMBBにおいては高多値化変調すなわち16QAMや64QAM等が用いられ、制御信号のためには高信頼性の変調すなわちQPSKが用いられる。eMBB（ユーザプレーンデータ）と制御信号（制御プレーンデータ）とのそれぞれの伝送速度と信号誤り率は相反するものであり、同一フレーム内での混在は双方にとって望ましくない。また、それぞれは、ネットワーク構造上からも経路が異なり、ユーザプレーンデータは交換網すなわちコアネットワークワークのS-GW（Serving gateway）からのネットワークで接続されているのに対して、制御信号はMME（Mobile Management Entity）からのネットワークで接続されているので、第5世代では無線回線上も分離することが望ましいとされている。伝搬路数が多数であるMIMOの場合では、通信伝送路を配分することで、異なる通信フレームを設けることができ、それぞれに最適な通信形態を実現し得る。一方、従来のビームフォーミング機能の場合では、同じ1つの信号を入力とする条件があるので、同じビームに異なる種類の通信フレームの混在や重畳は不可能である。

[0131] それに対し、実施の形態3では、図示のように、ビームフォーミング動作時にありながら、同じビームに例えば制御プレーンデータ310とユーザプレーンデータ320との異なる種類の通信フレームを混在や重畳させた複数の通信回線状態を提供できることが明らかである。実施の形態3では、ビームフォーミングの際にも、MIMO動作時と同様の複数回線状態を提供でき、図示のように、例えばCU分離に即したネットワーク運用が実現できる。図12の下側では、1つのビームフォーミング（電波群20）内において、EPCコアネットワークのMMEからの制御プレーンデータ310を第1通信回線311に載せて中速・高信頼性通信を行うと共に、S-GWからのユーザプレーンデータ320を第2通信回線312に載せてeMBBの超高速通信を行う場合の概念イメージを示す。なお、EPC（evolved Packet Core）は、IP（Internet Protocol）を柱とする第4世代の革新型コアネットワークである。MMEは、ユーザ端末の所在や移動管理を司るネットワークである。S-GWは、ユーザの音声やデータを扱うネットワークである。

[0132] また、実施の形態3による、ビームフォーミング時の複数の通信回線状態の提供は、C U分離のみならず、以下のような各種の用途・応用の例に対応ができる。すなわち、他の用途の例は、異種ベアラ提供、ネットワーク・スライシング、S R S信号分離、E T W S分離、マイクロ波電力伝送時の制御・管理信号の並送、自動運転制御信号の分離、等が挙げられる。異種ベアラ提供では、複数の異なる種別のベアラ（仮想伝送路）の提供が可能となる。ネットワーク・スライシングでは、ネットワークのフロントホールにおける複数の異なる種別のスライスの提供が可能となる。S R S信号分離では、S R S信号等を特定の疑似伝搬路に分離した配置が可能となる。E T W S分離では、緊急通信時すなわちE T W S（Earthquake & Tsunami Warning System）起動時の平常通信の維持が可能である。

[0133] [疑似遅延プロファイルモデルの生成方法]

図13は、実施の形態3での複数の疑似遅延プロファイルモデル（対応する疑似伝搬路特性）の生成方法を示す。実施の形態3や後述の実施の形態4では、送信局1または受信局2は、予め設定された遅延プロファイルモデルに基づいて、複数の疑似伝搬路の特性を、複数の送信アンテナと1個以上の受信アンテナとの間の実伝搬路の特性とは独立に生成する。図13の（a），（b），（c），（d）は、相互相関性が低い4個の各モデルを示し、説明上、第1モデル～第4モデルとする。横軸は正負を持つ時間（ t ）であり、縦軸は振幅である。図13に示した関数は、実施の形態3で用いる疑似遅延プロファイルの生成に用いる包絡線の例である。いずれも、振幅が1を基準としており、実線で示した部分が遅延波を構成する。この原則に従う関数は、任意の原点に線対称の関数であって、相互に直交性すなわち独立関数性を有する複数の関数である。これらの複数の関数は、複数の疑似伝搬路特性（対応するモデル）として利用できる。これは、ビームフォーミング機能により、実伝搬空間の伝搬路特性は一義的にほぼ完全な導電体状態にあり、疑似遅延プロファイルに課せられる制約が無に等しくなるためである。

[0134] （a）の第1モデルは、時刻 t_0 までの範囲で、一定振幅となる遅延波群を

示す。包絡線は $y = 1$ であり、遅延波 1 2 1 1, 1 2 1 2 等の振幅が一定の 1 である。(b) の第 2 モデルは、指数関数の逆数を包絡線 ($y = a^{-|x|}$) とする遅延波群を示す。正負の各方向で遅延波 1 2 2 1, 1 2 2 2 等の振幅が減少している。(c) は、原点を除く双曲線の絶対値を包絡線 ($y = |1/t|$) とする遅延波群を示す。(d) は、正弦波の絶対値を包絡線 ($y = |\sin t|$) とする遅延波群を示す。

[0135] 図 1 3 の例では、遅延波群の時間間隔 K を一定としたが、この場合の周波数特性は、時間間隔 K がサンプリング時間となり、特定の周波数域に電力が集中する。周波数帯域幅が広い場合には、遅延波群を不均一な間隔に置く必要がある。

[0136] 図 1 4 は、図 1 3 に対し、遅延波の時間間隔を、時間 t に比例して伸ばすことで不均一とした場合を同様に示す。各モデルの関数は図 1 3 と同じである。 $t = 0$ を基準とし、各遅延波の遅延時間を $T = a t$ で示す (a は係数)。例えば、遅延波 w_1 の遅延時間が T_1 であり、遅延波 w_2 の遅延時間が T_2 である。基準から遅延波 w_1 までの時間間隔が k_1 、遅延波 w_1 から遅延波 w_2 までの時間間隔が k_2 であり、 $k_1 < k_2$ である。

[0137] さらに、図 1 5 は、相互の遅延波の時間軸上の位置を合わせない場合を同様に示す。図 1 5 の (a) は図 1 4 の (a) と同じであり、図 1 5 の (b), (c), (d) は、図 1 4 の (b), (c), (d) に対し、遅延波の時間軸上の位置が異なっている。

[0138] 図 1 3 のモデル群の場合よりも、図 1 4 のモデル群の例の方が、相互相関性が低い。さらに、図 1 4 の例よりも図 1 5 の例の方が、飛躍的に相互相関性を低くできる。ただし、周波数帯域の上限は、最も時間間隔の短い部分が支配するので、限界を設ける。

[0139] 図 1 1 の伝搬路特性管理部 2 0 4 は、複数の疑似遅延プロファイルモデルのモデル間の相互相関性を確認するとともに、各モデルをフーリエ変換して所定の周波数帯域幅の中に収容できることを確認する。伝搬路特性管理部 2 0 4 は、そのような所定の条件を満たさないモデルの場合には、そのモデル

を破棄し、所定の条件を満たすように修正を加えたモデルと入れ替える。

[0140] 以上の操作により、相互相関性が低い複数の疑似遅延プロファイルモデルを生成することができる。これにより、図11の疑似伝搬路特性装置301および疑似伝搬路特性解析抽出装置307の各疑似伝搬路が必要とする複数の疑似遅延プロファイルモデルの種類ならびに数は、容易に満たされる。ただし、その数は無限ではなく上限がある。

[0141] [疑似遅延プロファイルモデルの数の上限]

疑似遅延プロファイルモデルの数の上限について説明する。疑似遅延プロファイルモデルの数の上限は、疑似遅延プロファイルの時間長が、OFDMのタイム・インターバル、すなわちサイクリック・プリフィックス(CP:Cyclic Prefix)に十分に収まるという条件から定まる。他方、遅延波を設定する最小遅延波間隔時間は、FFTの時間分解能で定まる。

[0142] 図16は、第5世代移動通信の土台となる第4世代移動通信におけるOFDMのフレーム構造を示し、特に遅延波を収容するためのCP(言い換えるとガード・インターバル)を示す。図16は、LTE規格、FDD方式の場合のフレームに対応する。図16で、フレーム1510は、OFDMAフレームである。フレーム1511は、フレーム1510に対し先行するOFDMAフレーム、フレーム1512は後続のOFDMAフレームである。CP1513は、先行のフレーム1511とフレーム1510との間で遅延波を収容するためのCP区間であり、CP1514は、フレーム1510と後続のフレーム1512との間で遅延波を収容するためのCP区間である。周期(t_t)1517は、OFDMAフレーム繰り返し周期であり、CPの期間(t_{cp})1516と、フレームの期間(t_s)1515とから成る。

[0143] 前述の通り、CP1513, 1514は、主波に対して遅れて到来する遅延波群をまとめてFFT積分できるように配慮されている。LTE規格の場合で、5MHzサイズにおけるOFDMパラメータは、表1に示す値とされている。伝送帯域幅が5MHz、占有帯域幅が3.84MHz、サブフレーム時間間隔が0.5ms、サブキャリア周波数間隔が15kHz、サンプリング周波数が15.36MHz、

FFTサイズが512である。OFDMAシステムのシステムとしての周波数分解能は、占有周波数帯域幅3.84MHzとこれを分解するFFTサイズの512すなわち15kHzから成る。これを時間領域に変換した $1/15\text{ kHz} \div 512 = 0.1302\mu\text{s}$ が時間分解能となる。CP区間を $4.69\mu\text{s}$ とした場合に、時間分解能により識別できる時間軸上のポイント数は36となる。なお、位相を測定するためには4倍オーバーサンプリングを施すため、ポイント数（標準規格ではサンプル点数と記載されている）を144とするが、周波数測定の観点では15kHzサブキャリアの本数36点以上とはならない。本発明が必要とする疑似伝搬路モデルの遅延プロファイルの波数を例えば6本とした場合、この36か所の時間軸上の点から、例えば先頭の点は固定した上で、残り5点を35か所の点から選ぶ組み合わせ数が疑似伝搬路モデル数となる。その結果、順列（permutation）の算出方法に順じて、疑似伝搬モデル数 n は、 $n = {}_{35}P_5 = 35 \times 34 \times 33 \times 32 \times 31 = 38,955,840$ 通りとなる。ここから、部分的に同一配列となっているものや部分相関が高いもの等を削除して、利用可能なモデルが1/100に減ったとしても、約400,000通りのモデルを得ることができる。さらに、波数を6以外のものとする事で、さらにモデル数を増やすことが可能となる。以上から、本方法によれば、疑似伝搬路モデルは十分多数を確保できることが明らかである。

[0144] また、この方法では、時間領域でのモデルの生成方法を示したが、周波数領域のサブキャリア数を基準に、周波数上に配置するサブキャリア点を例えば512点の中から1/2の256点を任意に設けて周波数領域モデルとすることが可能である。1/2とせずに1/3や1/4とすることも可能であるが、疑似的な周波数選択性フェージングを生成することになり、伝送効率が低下する。この場合も、順列により、 $n = {}_{512}P_{256}$ となり、相当な数のモデル数を得ることができる。ただし、この場合は、時間領域に変換を行い、遅延プロファイルの時間長がCP内に収まるものを選ぶとともに、モデル間の相互相関性の低いものを選び、実用に供する。

[0145] 上記のように複数点の位置情報を用いることで、ある疑似遅延プロファイ

ルモデルを表すことができる。送信局 1 と受信局 2 との間で疑似伝搬路特性情報をやり取りする際には、C S I (channel state information: 伝搬路状態情報) に記述する方法やこの目的のために新たにインデックスを設けて予告する方法が挙げられる。例えば、送信局 1 は、C S I を拡張して、C S I に送信データ (対応するフレーム) に関して使用する疑似伝搬路特性情報 (対応するモデルを表す情報) を記述して受信局 2 に通知することができる。受信局 2 は、受信信号から上記 C S I のうちの疑似伝搬路特性情報を参照することで、解析で使用するべきモデルを把握できる。

[0146] [効果等 (3)]

上記のように、実施の形態 3 では、ビームフォーミング機能の動作のために、M I M O 機能を発揮できない場合においても、疑似伝搬路特性を用いて、複数のデータをほぼ同時に搬送し、伝送の高速化を図ることができる。実施の形態 3 によれば、送信局側のベースバンド部に疑似伝搬路特性を用いた情報伝送の複数化手段を設け、すなわち、ビームフォーミング時に疑似的な M I M O 機能を実現できる。これにより、M I M O システムがビームフォーミング機能を実施する際にも、ビームフォーミングのための伝送情報の単一化による伝送速度低下に対し、伝送速度高度化に利する。また、実施の形態 3 によれば、前述のように、ビームに複数の種類のデータを混在して伝送でき、C U 分離等の各種の応用が実現できる。

[0147] (実施の形態 4)

図 17、図 18 を用いて、本発明の実施の形態 4 の送受信方法およびシステムについて説明する。実施の形態 4 は、実施の形態 3 に対する変形例とも言える。実施の形態 4 では、1 つ送信局から複数の受信局へのビームフォーミングに適用した場合を説明する。

[0148] [概要]

第 5 世代移動通信の主役となるマルチアンテナシステムは、m M I M O (マッシュ M I M O) 機能を近距離ユーザに対して用い、ビームフォーミング機能を遠距離ユーザに対して用いるとされる。これは、通信高速化のために

利用周波数を高める上で、セル（無線通信エリア）の端での受信電力低下を補う役割があるとされる。しかし、ビームフォーミングを担う電波放射角を狭くしても、その半径方向の距離が増大すれば、ビームが形成する焦点エリアの面積は確実に増大する。

[0149] ビームフォーミングにおける焦点エリアの大きさについて示す。電波の波長を λ 、アンテナ素子の間隔 d を $\lambda/2$ 、アンテナの本数を n とし、アレイに同一位相・同一振幅で給電した場合の、アレイアンテナのビームの指向性（電界） $D(\theta)$ は、概ね次の式 F で与えられる。

[0150] [数2]

式 F ：

$$D(\theta) = \frac{\sin\left(\frac{n\pi d}{\lambda} \cos \theta\right)}{n \sin\left(\frac{\pi d}{\lambda} \cos \theta\right)}$$

[0151] アンテナ数を16本とした場合の受信電力が最大値の50%となる放射角度の半値幅は、周波数に限らず 6.45° となる。距離 l （エル）＝100mにおける半値幅に相当する弧長は11.36mとなり、水平面上では約11mを短径とする楕円エリアが焦点エリアとなる。ただし、ビームフォーミングアンテナにおいては、それぞれのアンテナ素子毎に位相や遅延時間および振幅を制御するため焦点がより鋭くなるので、半値幅はより狭くなる。ただし、サイドローブの抑制とのトレードオフがあり、ここでは、アレイアンテナの数値を使うことで考える。すると、焦点エリアの長径はアンテナ高差によるが2倍以上となると考えた場合に、楕円面積は約150 m^2 となる。第5世代の端末収容能力の目標は1台/ m^2 なので、少なくとも150端末がこの焦点エリアに収容される。現状ではビーム1本当たり1ユーザであるが、本発明の方式によれば、ユーザ毎に異なる疑似伝搬路特性を配分することで、同一焦点内に居る複数のユーザが携帯電話を使えるようになる。また、ネットワークの分割も可能となり、オペレータとMVNOが同一ビーム内のそれぞれのユーザ端末に通信

を提供することも可能となる。

[0152] 実施の形態4の送受信方法は、複数（N）の送信アンテナを持つ送信装置と、1個以上の受信アンテナを持つ複数の受信装置のそれぞれの受信装置との間でデータを送受信する送受信方法であって、送信装置は、複数（N）の送信アンテナ、ビームフォーミング送信回路およびビーム制御部を含むビームフォーミング送信機能を有し、受信装置は、受信アンテナおよびビームフォーミング受信回路を含むビームフォーミング受信機能を有する。この送受信方法は、生成ステップと、作成ステップと、送信ステップと、受信ステップと、抽出ステップとを有する。生成ステップは、送信装置からのビームの焦点エリアに複数の受信装置が含まれる場合に、送信装置または複数の受信装置の1つが、複数（N）の送信アンテナと受信アンテナとの間の複数の疑似伝搬路の特性を生成するステップである。作成ステップは、送信装置が、種類が異なる複数のデータ群として第1データ群（例えばK個のデータ）と第2データ群（例えばL個のデータ）とを含む、複数（例えば2台）の受信装置に対する送信対象である並列かつ独立の複数（例えばK+L個）のデータにおける各データを、複数（K+L個）の疑似伝搬路の特性における各特性に対応する疑似伝搬路に個別に載せた複数の出力から合成によって1つの送信データを作成するステップである。送信ステップは、送信装置が、1つの送信データに基づいてビームフォーミング送信機能によって伝搬特性を制御した複数（N）の送信アンテナからビームを構成する電波群を送信するステップである。受信ステップは、受信装置（例えば第1受信装置）が、ビームの状態で到来した電波群から、受信アンテナを含むビームフォーミング受信機能によって信号を受信するステップである。抽出ステップは、受信装置（第1受信装置）が、受信した信号から、複数（K+L個）の疑似伝搬路の特性のうちの自機に関する複数（例えばK個）の疑似伝搬路の特性の解析に基づいて、自機に関する複数（K）の疑似伝搬路の特性に載せられていた自機宛先のデータ群（例えば第1データ群）に対応する複数のデータを抽出するステップである。

[0153] [送受信方法およびシステム]

図17は、実施の形態4の送受信方法およびシステムとして、ビームフォーミングシステムの構成を示す。この構成は、実施の形態3の構成（図11）と異なる部分として、ビームの焦点（焦点エリア）3内において受信局2（ユーザ端末）側が複数となること、および、送信局1側の通信路NW41および通信路NW42を独立に機能させる自由度を持たせていること、がある。例えば、送信局1は、無線基地局等の送信装置であり、受信局2A、2Bは、ユーザ端末等の受信装置である。例えば受信局2Aを第1ユーザ端末、受信局2Bを第2ユーザ端末とする。これらの受信装置群は、ビームフォーミングによる焦点（焦点エリア）3の中で共存する。

[0154] 送信局1は、ベースバンド部内に、複数の疑似伝搬路特性装置401、ビームフォーミング制御回路402、送信アンテナ部403、1基以上の伝搬路特性管理部404、およびビーム制御部405、等を備える。複数の疑似伝搬路特性装置401は、例えば2つの疑似伝搬路特性装置として、疑似伝搬路特性装置401Aおよび疑似伝搬路特性装置401Bを有する。伝搬路特性管理部404は、例えば、2つの伝搬路特性管理部として、伝搬路特性管理部404Aおよび伝搬路特性管理部404Bを有する。疑似伝搬路特性装置401Aは、第1特性装置であって、送信対象の第1送信データ群DAである並列かつ独立の複数（K）のデータDA1, DA2, …… , DAKを供給するネットワーク終端装置411Aと、データ数に対応する複数（K）の疑似伝搬路PX1, PX2, …… , PKとを備える。疑似伝搬路特性装置401Bは、第2特性装置であって、送信対象の第2送信データ群DBである並列かつ独立の複数（L）のデータDB1, DB2, …… , DBLを供給するネットワーク終端装置411Bと、データ数に対応する複数（L）の疑似伝搬路PY1, PY2, …… , PYLとを備える。疑似伝搬路特性装置401Aのネットワーク終端装置411Aは、通信路NW41を入出力とし、疑似伝搬路特性装置401Bのネットワーク終端装置411Bは、通信路NW42を入出力とする。なお、ネットワーク終端装置411Aからの通信路N

W4 1 へのデータ出力等が可能である。なお、実施の形態4での数K, Lは、実施の形態3での数I, Jとは別の概念の数である。

[0155] 受信局2 Aは、ベースバンド部に、1個以上の受信アンテナを含む受信アンテナ部4 0 6 Aと、1基以上の疑似伝搬路特性解析抽出装置4 0 7 Aとを備え、また、伝搬路特性管理部4 0 9 Aを備える。受信局2 Bは、ベースバンド部に、1個以上の受信アンテナを含む受信アンテナ部4 0 6 Bと、1基以上の疑似伝搬路特性解析抽出装置4 0 7 Bとを備え、また、伝搬路特性管理部4 0 9 Bを備える。受信アンテナ部4 0 6 Aは例えば受信アンテナB 1 Aを含む。受信アンテナ部4 0 6 Bは例えば受信アンテナB 1 Bを含む。疑似伝搬路特性解析抽出装置4 0 7 Aは、第1抽出装置であって、送信側の第1特性装置と対応した複数(K)の疑似伝搬路特性解析抽出部(抽出回路)PUとして抽出回路PU 1, PU 2, …… , PUKを含む。疑似伝搬路特性解析抽出装置4 0 7 Bは、第2抽出装置であって、送信側の第2特性装置と対応した複数(L)の疑似伝搬路特性解析抽出部(抽出回路)PVとして抽出回路PV 1, PV 2, …… , PVLを含む。

[0156] 図1 7で、送信局1 側において、送信データは、通信路NW4 1 および通信路NW4 2 から、疑似伝搬路特性装置4 0 1 Aのネットワーク終端装置4 1 1 Aおよび疑似伝搬路特性装置4 0 1 Bのネットワーク終端装置4 1 1 Bに供給される。ネットワーク終端装置4 1 1 Aは、通信路NW4 1 からの入力データD 4 1 から、第1送信データ群DAとして、並列かつ独立の複数(K)のデータDA 1 ~DA Kを得る。ネットワーク終端装置4 1 1 Bは、通信路NW4 2 からの入力データD 4 2 から、第2送信データ群DBとして、並列かつ独立の複数(L)のデータDB 1 ~DB Lを得る。

[0157] 疑似伝搬路特性装置4 0 1 Aの複数(K基)の疑似伝搬路PX (PX 1 ~PX K)には、疑似伝搬路特性管理部4 0 4 Aから、それぞれ個別のモデルとして相互相関性が低い複数の疑似遅延プロファイルモデルが設定される。同様に、疑似伝搬路特性装置4 0 1 Bの複数(L基)の疑似伝搬路PY (PY 1 ~PY L)には、疑似伝搬路特性管理部4 0 4 Bから、それぞれ個別の

モデルとして相互相関性が低い複数の疑似遅延プロファイルモデルが設定される。疑似伝搬路 PX と疑似伝搬路 PY を合わせた全体でも、複数の疑似伝搬路の特性は、相互相関性が十分に低い複数のモデルが設定される。

[0158] 第1送信データ群 DA の各データは、疑似伝搬路特性装置 $401A$ において、データ数に対応する複数 (K) の疑似伝搬路 PX ($PX1 \sim PXK$) における対応する疑似伝搬路の有する伝達関数に載せられて、出力 (出力信号) OX となる。例えば疑似伝搬路 $PX1$ は、データ $DA1$ に第1モデルを作用させる。同様に、第2送信データ群 DB の各データは、疑似伝搬路特性装置 $401B$ において、データ数に対応する複数 (L) の疑似伝搬路 PY ($PY1 \sim PYL$) における対応する疑似伝搬路の有する伝達関数に載せられて、出力 (出力信号) OY となる。疑似伝搬路特性装置 401 ($401A$, $401B$) は、それらの複数 (K , L) の出力 OX , OY を合成して1つの出力 (出力信号) $D401$ にする。1つの出力信号 $D401$ は、ビームフォーミング制御回路 402 に供給される。

[0159] ビームフォーミング制御回路 402 は、実施の形態3と同様に、ビーム制御部 405 からの制御に基づいて、1つの出力信号 $D401$ に対し、ビームフォーミング回路である回路 4021 , 4022 , …… , $402N$ によって、送信アンテナ部 403 の個々のアンテナ ($A1 \sim AN$) 毎に対応させて振幅位相調整等の制御 (関数 $\Psi1 \sim \PsiN$ の処理) を行い、制御後の各信号を、対応する各アンテナ素子 ($A1 \sim AN$) へ供給する。

[0160] 送信アンテナ部 403 は、実施の形態3と同様の構成を有する。送信局1は、送信アンテナ部 403 を含むビームフォーミング送信機能によって、データ $D401$ に基づいて、ビームフォーミング制御の結果、送信アンテナ部 403 から、ビームを構成する電波群 20 を送信する。その電波群 20 の主ビームは、受信側に、受信点に対応する焦点 (焦点エリア) 3 を形成する。その主ビームは、焦点 3 内に居る受信局 $2A$ の受信アンテナ部 $406A$ のアンテナ $B1A$ 、および受信局 $2B$ の受信アンテナ部 $406B$ のアンテナ $B1B$ に到達して焦点を結ぶ。なお、図17では、特に電波群 20 が受信局 $2A$

のアンテナ B 1 A に焦点 3 を結ぶ様子を示しているが、これと同時にその焦点 3 内には受信局 2 B のアンテナ B 1 B も含まれている。焦点 3 に対応する空間領域内に、本例では 2 台のユーザ端末 (2 A, 2 B) が居るが、これに限らず、3 台以上が居る場合もある。

[0161] 各受信局 2 の受信アンテナ部 4 0 6 は、実施の形態 3 と同様の構成を有する。受信局 2 A は、受信アンテナ部 4 0 6 A を含むビームフォーミング受信機能によって、電波群 2 0 から信号 D 4 0 2 A を受信する。受信局 2 B は、受信アンテナ部 4 0 6 B を含むビームフォーミング受信機能によって、同じ電波群 2 0 から信号 D 4 0 2 B を受信する。アンテナ B 1 A からの信号 D 4 0 2 A は、疑似伝搬路特性解析抽出装置 4 0 7 A の複数 (K) の疑似伝搬路特性解析抽出部としての抽出回路 P U (P U 1 ~ P U K) に入力される。アンテナ B 1 B からの信号 D 4 0 2 B は、疑似伝搬路特性解析抽出装置 4 0 7 B の複数 (L) の疑似伝搬路特性解析抽出部としての抽出回路 P V (P V 1 ~ P V L) に入力される。受信側のそれぞれの抽出回路の数 (K, L) は、送信側のそれぞれのデータ数および疑似伝搬路の数と対応している。数 K と数 L は同じとしてもよいし、異ならせてもよい。

[0162] 疑似伝搬路特性解析抽出装置 4 0 7 A の複数の抽出回路 P U には、伝搬路特性管理部 4 0 9 A から、送信側の疑似伝搬路特性装置 4 0 1 A で使用された複数 (K) の疑似伝搬路の特性と同じレプリカである複数 (K) の疑似遅延プロファイルモデルが設定される。疑似伝搬路特性解析抽出装置 4 0 7 B の複数の抽出回路 P V には、伝搬路特性管理部 4 0 9 B から、送信側の疑似伝搬路特性装置 4 0 1 B で使用された複数 (L) の疑似伝搬路の特性と同じレプリカである複数 (L) の疑似遅延プロファイルモデルが設定される。

[0163] 疑似伝搬路特性解析抽出装置 4 0 7 A の各抽出回路 P U (P U 1 ~ P U K) は、受信信号 D 4 0 2 A に対し、対応する複数 (K) の疑似遅延プロファイルモデルとの相互相関演算を行うことで、疑似伝搬路特性に載せられていたデータを抽出する。例えば抽出回路 P U 1 は、受信信号 D 4 0 2 A から第 1 モデルを用いた解析によってデータ E A 1 を抽出する。これにより、抽出

回路 P A は、第 1 送信データ群 D A に対応する内容を持つ第 1 受信データ群 E A (データ E A 1, E A 2, …, E A K) を得る。同様に、疑似伝搬路特性解析抽出装置 4 0 7 B の各抽出回路 P V (P V 1 ~ P V L) は、受信信号 D 4 0 2 B に対し、対応する複数 (L) の疑似遅延プロファイルモデルとの相互相関演算を行うことで、疑似伝搬路特性に載せられていたデータを抽出する。これにより、抽出回路 P V (P V 1 ~ P V L) は、第 2 送信データ群 D B に対応する内容を持つ第 2 受信データ群 E B (データ E B 1, E B 2, …, E B L) を得る。

[0164] 送信局 1 側のビーム制御部 4 0 5 は、S R S 信号によって受信局 2 側の伝搬路特性管理部 4 0 9 (4 0 9 A, 4 0 9 B) の少なくとも一方で得られた実伝搬路 P 4 0 0 の特性の測定情報 (周波数特性もしくは遅延プロファイル情報) を、無線回線 4 1 3 を通じて得る。この無線回線 4 1 3 は、実施の形態 3 と同様に、実伝搬路 P 4 0 0 を通じて受信局 2 側から送信局 1 側へ信号が送られる回線であるが、実伝搬路 P 4 0 0 とは敢えて分けて示している。ビーム制御部 4 0 5 は、その実伝搬路 P 4 0 0 の特性に基づいて、ビームフォーミング制御回路 4 0 2 に対する制御を行う。ビームフォーミング制御回路 4 0 2 は、通信対象である受信局 2 (2 A, 2 B) からのパイロット信号もしくは S R S 信号によって、通信対象である受信局 2 の位置を特定する。ビームフォーミング制御回路 4 0 2 は、複数 (N) のビームフォーミング回路 (回路 4 0 2 1 ~ 4 0 2 N) に、通信対象である受信局 2 (例えば受信局 2 A と受信局 2 B との 2 台) に主ビームが焦点を結ぶように、振幅と位相の制御情報を与える。

[0165] 伝搬路特性管理部 4 0 4 (4 0 4 A, 4 0 4 B) は、実施の形態 3 と同様に、疑似伝搬路モデル生成方法により得た複数の疑似遅延プロファイルモデルをストレージの D B に格納する。例えば、疑似伝搬路特性装置 4 0 1 A は、伝搬路特性管理部 4 0 4 A の D B のモデルを参照して、疑似伝搬路 P X に設定する。伝搬路特性管理部 4 0 4 A の D B のモデルと伝搬路特性管理部 4 0 4 B の D B のモデルとは、重複や高い相互相関性を有しないように管理さ

れる。

[0166] 上記のように、送信局 1 は、疑似伝搬路特性装置 401 (401A, 401B) で、複数 (例えば 2 台) の受信局 2 に対するそれぞれ別個のデータ (DA1~DAK, DB1~DBL) を、相互相関性の低い複数 (K+L) のモデルを用いた疑似伝搬路に個別に載せて、合成によって 1 つの出力信号 D401 を得る。1 つの出力信号 D401 は、ビームフォーミング機能の入力条件に合致する。送信局 1 は、その出力信号 D401 に基づいて、ビームフォーミング機能によって、複数の送信アンテナから電波群 20 として放出する。実施の形態 4 では、この際のビームに、例えば 2 つの通信回線を構成できることで、2 つの送信先 (宛先) の受信局 2A および受信局 2B に対応する 2 つの送信データ群 (DA, DB) を、同時に混在させることができる。ビームの焦点は、一方の送信先である受信局 2A のアンテナ B1A に到達すると共に、他方の送信先である受信局 2B のアンテナ B1B にも到達する。受信局 2A は、疑似伝搬路特性解析抽出装置 407A で、このようなビームから、送信側と同じ複数 (K) のモデルを用いて、自機宛ての複数 (K) のデータを分離して抽出して第 1 受信データ群 EA として得ることができる。同様に、受信局 2B は、疑似伝搬路特性解析抽出装置 407B で、同じビームから、受信局 2A 側とは異なる複数 (L) のモデルを用いて、自機宛ての複数 (L) のデータを分離して抽出して第 2 受信データ群 EB として得ることができる。

[0167] 実施の形態 4 では、送信局 1 側が、疑似伝搬路特性装置 401 (401A, 401B) の全体において複数 (例えば K+L) の疑似伝搬路特性のモデルを扱う場合に、複数 (例えば 2 つ) の受信局 2 における各受信局 2 は、疑似伝搬路特性解析抽出装置 407 (407A, 407B) において、送信側のモデルの数よりも少ない数のモデルを扱えばよい。例えば、受信局 2A は、自機に関する複数 (K) のモデルを扱う。例えば、受信局 2A は、ビームフォーミングによる受信信号から、疑似伝搬路特性解析抽出装置 407A では、自機に関する複数 (K) のモデルを用いて解析を行い、受信信号に載せ

られていた複数（ $K+L$ ）のデータのうちの自機宛先のデータ群（ $E A$ ）を抽出する。受信局 2 A は、他の受信局 2 B に関する複数（ L ）のモデルは持たず、他の受信局 2 B 宛先のデータ群（ $E B$ ）を抽出しない。これは受信局 2 B からみた場合にも同様である。

[0168] なお、上記のような複数の受信局 2 との通信の際に、受信局 2 側が疑似伝搬路特性のモデルを生成する場合には、ビームの焦点エリア 3 に含まれている複数の受信局 2 のうち任意の 1 つの受信局 2 が生成すればよい。

[0169] また、実施の形態 3 と同様に、各受信局 2（2 A, 2 B）のアンテナを 2 個以上として受信ダイバーシティ効果を備える構成とする場合は、さらに通信の信頼性を容易に高めることができる。

[0170] [利用例]

図 18 を用いて、実施の形態 4 の送受信方法およびシステムを用いた具体的な利用例およびその効果等について説明する。図 18 には、実施の形態 4 の送受信方法およびシステムにおけるビームフォーミング機能の利用例として、ビームフォーミング時におけるマルチユーザ通信（言い換えるとマルチアクセス方式）の実現を示す。図 18 は、1 つの基地局である送信局 1 のビームフォーミングの焦点エリア 3 に、4 人のユーザ（加入者）の 4 台のユーザ端末である受信局 2 A, 2 B, 2 C, 2 D が共存する場合を示している。さらに、この 4 人のユーザは、基幹通信事業者 A のユーザ以外に、複数の MVNO（仮想通信事業者）のユーザを含む場合を示す。その MVNO は、この基地局（送信局 1）を管理する基幹通信事業者 A からネットワークを借り受けてサービスをしているとする。本例では、受信局 2 A は、基幹通信事業者 A のユーザ U 1 のユーザ端末であり、受信局 2 B は、MVNO 通信事業者 B のユーザ U 2 のユーザ端末であり、受信局 2 C は、MVNO 通信事業者 C のユーザ U 3 のユーザ端末であり、受信局 2 D は、MVNO 通信事業者 D のユーザ U 4 のユーザ端末である。送信局 1 の送信対象の複数のデータとして、例えば Data#A は基幹事業者 A のネットワーク 461 のユーザ端末 2 A 宛先のデータであり、Data#B は MVNO 事業者 B のネットワーク 462 からのユ

ーザ端末2 B宛先のデータであり、Data#CはMVNO事業者Cのネットワーク4 6 3のユーザ端末2 C宛先のデータであり、Data#DはMVNO事業者Dのネットワーク4 6 4のユーザ端末2 D宛先のデータである。

[0171] このような場合に、通信ネットワークは、複数のHSS (Home Subscriber Server) につなぐ必要がある等、ネットワークの共存が必要となる。実施の形態4によれば、異なる複数の通信ネットワークと複数のユーザ端末を同時に接続可能なビームフォーミング機能を提供でき、例えば図18に示すようなユースケースを実現できる。図18の下側には、ビームフォーミング内に、複数のユーザ端末へのマルチアクセスに対応する複数の通信回線(4 3 1 ~ 4 3 4) が混在している概念のイメージを示す。

[0172] 上記と類似の利用形態として、第5世代移動通信における初期通信処理、すなわち携帯端末の電源をオンにしたユーザが行うPBCH(physical broadcast channel)受信とそれに対応するPRACH(physical random access channel)送信というランダムな通信を、通信が確立した他ユーザの通信速度に影響を与えないようにするATTACH処理分離に対応できる。上記ビームフォーミングによって、ATTACH処理に不可欠の下りリンクのPBCH信号と、対応する上りリンクのPRACH信号を、他ユーザから分離するための独立回線を提供でき、この独立回線上では効率の良いATTACH用の通信フレームを設けることも可能となる。

[0173] なお、実施の形態3および実施の形態4では、送信局1から受信局2へのビームフォーミング送信時の構成を説明したが、ビームフォーミングは、アンテナの指向性を制御する技術であり、送受の違いは無い。また、電波は、伝搬路を逆方向に進んだ場合でも、伝搬路特性としては同一に作用する。このことから、実施の形態3および実施の形態4における送信側と受信側を入れ替えた構成(例えばユーザ端末から基地局へデータを送信する構成)でも、同様の効果が得られることは明らかである。

[0174] [効果等(4)]

上記のように、実施の形態4によれば、ビームに複数の種類のデータを混

在して伝送でき、マルチユーザ通信等の各種の応用が実現できる。実施の形態4によれば、ビームフォーミングの焦点面積の限界および多ユーザ環境への対応が可能となる。従来のビームフォーミングでは、焦点エリア3を小さくすることには限界があり、高密度にユーザが集まった環境で単独の受信局のみに焦点を結ぶことは難しい。それに対し、実施の形態4によれば、焦点エリア3内の複数の受信局2に対し同時にアクセスが可能となる。例えば、送信局1（伝搬路特性管理部404）は、焦点エリア3内に同時に居ると想定される受信局数に応じた複数のモデルを予め用意しておき、受信局2（伝搬路特性管理部409）毎にそれぞれの異なるモデルを設定する。これにより、上記のようなマルチアクセスが可能となる。

[0175] 実施の形態3および実施の形態4は、単一の通信回線状態を前提とする従来のビームフォーミング機能に対し、新たに、複数の疑似伝搬路特性を用いた伝送の概念を適用して、複数の通信回線状態を実現するものである。これにより、上記のように実施の形態3のCU分離等のネットワーク機能高度化や、実施の形態4の新しいマルチアクセス方式等の、様々な応用やそれによる多大な効果を実現できる。また、実施の形態3、4では、例えば図11のビームフォーミング送信機能の部分（302、303、305）およびビームフォーミング受信機能の部分（306、307）については、現行のビームフォーミング技術をそのまま使用できる利点もある。

[0176] 従来のビームフォーミング機能では単一データの入力および伝送の制約があるのに対し、実施の形態3、4では、新たに複数の疑似伝搬路特性の概念を適用することで、ビームフォーミングによる複数のデータの同時並列伝送、言い換えると複数の通信回線状態を実現できる。従来のmMIMO（マッシュMIMO）は、当業者にとって、用途等に応じてMIMOとビームフォーミングとを使い分ける考え方であり、複数の伝搬路が必要な場合にはMIMOを使用し、特定の端末への伝送が必要な場合にはビームフォーミングを使用するという考え方である。一方、実施の形態3、4では、ビームフォーミングが単一の伝搬路であること自体に新たな課題を見出し、上記のように

ビームフォーミング内での複数の通信回線および分離並列化を実現する。

[0177] また、実施の形態 3, 4 では、使用する複数の疑似伝搬路特性は、実伝搬路特性とは独立して生成した複数のモデルとすることができ、その複数のモデルに関しては、実伝搬路特性の測定値の使用は不要である。本発明者は、ビームフォーミング機能の制御回路がもたらす実伝搬路の周波数選択性フェーディング要素軽減機能に着眼し、実施の形態 3, 4 では、実伝搬路特性を不要とした疑似伝搬路特性の生成方法を示した。この生成方法は、許容される周波数領域と時間領域のなす物理空間が有する情報エントロピーを最大限近く利用して、相互相関性が十分に低い任意の複数の疑似伝搬路モデル（具体例として時間をパラメータとする遅延プロファイルモデル）を生成するものである。従来のビームフォーミング機能では、送信局側は、受信点にビームの焦点を結ぶために、伝搬路の周波数特性が良好となるように、実伝搬路特性に基づいて振幅・位相制御を行っている。この制御後に受信局側が測定した伝搬路特性では、周波数特性が平坦であり、特性としては弱いので、疑似伝搬路特性の生成には不適である。このことから、実施の形態 3, 4 では、実伝搬路特性とは独立して生成したモデルを疑似伝搬路特性として使用している。

[0178] [変形例ーモデルの使い分け]

実施の形態 3 や実施の形態 4 の変形例として以下も可能である。前述の送信対象データは、必要な速度や信頼性等の観点で種類が異なるデータとして、少なくとも 2 種類のデータとして、第 1 データ（例えば第 1 送信データ群）と第 2 データ（例えば第 2 送信データ群）とを有する。送信局 1 および受信局 2 は、ビームを送受信する際の複数の疑似伝搬路の特性のうち、第 1 グループの複数の疑似伝搬路を、第 1 データを伝送するための第 1 通信回線に使用し、第 2 グループの別の複数の疑似伝搬路を、第 2 データを伝送するための第 2 通信回線に使用するよう制御する。前述（図 1 3 等）のように、複数のモデルには、モデル間の相互相関性に高低の度合いがあり得る。この変形例では、複数の疑似伝搬路の特性（対応する複数のモデル）は、相互相

関性の度合いに応じて、例えば、第1グループと、第1グループよりも相互相関性が高い第2グループとに分類される。送信局1および受信局2は、第1データが第2データよりも高信頼性を要求される種類のデータ（例えば制御プレーンデータ）である場合、第1データに第1グループを割り当て、第2データに第2グループを割り当てるように制御する。これにより、第1データの伝送は、第2データの伝送に比べてより高い信頼性が確保され得る。

[0179] [変形例ー上位制御]

実施の形態3および実施の形態4の変形例として、さらに以下も可能である。図19は、変形例の構成を示し、受信局2の図示を省略する。送信局1および受信局2は、上位制御によって、用途（例えば前述のCU分離やマルチアクセス通信等）に応じて、ビームフォーミング時の複数の通信回線を利用するように、切り替えや割り当て等の設定や制御を行うことができる。言い換えると、送信局1内および受信局2内には、各種の用途に利用できるように汎用的な構成の回路（前述の疑似伝搬路特性装置等）を含み、上位からの制御によって、用途に応じて、その回路に、前述の通信回線やモデルを設定することができる。上位制御は、例えば送信局1内の上位層、例えばCPU等のプロセッサ、またはベースバンド部内または外の専用回路による制御としてもよいし、送信局1の外部の他の基地局等の装置からの制御としてもよい。

[0180] 図19の構成例では、疑似伝搬路特性装置501は、汎用的に使用できる、言い換えると複数の用途に使用できるように、汎用的な分配器511と、汎用的な複数（X個とする）の疑似伝搬路（P1～PX）とを有する。分配器511には、1つ以上の通信路、例えば光ファイバによる1つの通信路NW50が接続されている。通信路NW50は、複数のデータの並列または多重の伝送が可能な通信路である。上位制御部500は、都度の用途に応じて、通信路NW50、分配器511、および疑似伝搬路特性管理部504に対し、送信データ群の分類（グループ）に応じた設定や制御を行う。分配器511は、制御に従って、通信路NW50からの入力データを、複数のグルー

プに対応させた複数のデータ群に分配する。例えばデータ数AのグループG 1（データD 1 1～D 1 A）と、データ数BのグループG 2（データD 2 1～D 2 B）と、データ数CのグループG 3（データD 3 1～D 3 C）とに分配される場合を示す。

[0181] 図19の例では、送信局1である基地局に対し、外部の他の基地局（または交換局等）である基地局5 Aや基地局5 Bが無線接続されている。送信局1は上位制御部500を備える。第1例として、基地局5 Aは、無線を通じてデータD 5 0 1を送信局1に送信する。送信局1の上位制御部500は、基地局5 Aから受信したデータD 5 0 1に基づいて、受信局2に対し、ビームフォーミング機能を用いて、例えば実施の形態3のようなCU分離によるデータ送信を行うとする。その際、上位制御部500は、前述のように、ビームに重畳される第1通信回線および第2通信回線を使用するように、複数（X）の疑似伝搬路特性装置501に対する設定や制御を行う。具体的には、上位制御部500は、疑似伝搬路特性管理部504を制御信号によって制御することで、例えばグループG 1のA個の疑似伝搬路には制御プレーンデータ用の複数（A個）のモデルを設定し、別のグループG 2のB個の疑似伝搬路にはユーザプレーンデータ用の複数（B個）のモデルを設定する。そして、上位制御部500は、データD 5 0 1に基づいて、通信路NW50で制御プレーンデータおよびユーザプレーンデータを伝送し、分配器511によって各グループの疑似伝搬路へデータを分配させるように制御する。これにより、前述の仕組みと同様に、送信局1からのビーム（電波群20）に、第1通信回線の制御プレーンデータと、第2通信回線のユーザプレーンデータとを混在して伝送できる。上位制御部500は、用途を変更する場合、例えばマルチアクセス通信を行う場合には、疑似伝搬路特性装置501の複数の疑似伝搬路に対する設定を切り替えるように、上記と同様に制御を行う。

[0182] 第2例として以下が挙げられる。基地局5 Aは狭域基地局であり、基地局5 Bは広域基地局（または交換局）であるとする。基地局5 Aは、データD 5 0 1として、制御プレーンデータを送信局1に送信する。基地局5 Bは、

データD502として、ユーザプレーンデータを送信局1に送信する。送信局1は、基地局5AからのデータD501を、通信路NW50のうちの第1通信路で伝送し、ビーム内での第1通信回線を使用するように制御し、基地局5BからのデータD502を通信路NW50内の第2通信路で伝送し、ビーム内での第2通信回線を使用するように制御する。同様に、実施の形態4のようなマルチアクセス通信の際に、基地局5Aが第1通信事業者のユーザ向けのデータD501を送信局1に送信し、基地局5Bが第2通信事業者のユーザ向けのデータD502を送信局1に送信する場合にも、同様の制御が可能である。

[0183] 送信局1には、疑似伝搬路特性装置501に関する汎用的な回路として、複数(X個)の疑似伝搬路を備える。用途に応じて、送信データ群(並列かつ独立の複数のデータ)におけるデータ数(例えば各グループのデータ数A, B, C)は変動し得る。よって、上位制御部500は、用途に応じて使用するデータ数を決定し、汎用的な回路に対する割り当て等の設定を行う。例えば、第1用途の際に、X個の疑似伝搬路に対し、第1種類のA個のデータを伝送するための第1グループG1および第1通信回線が設定され、第2種類のB個のデータを伝送するための第2グループG2および第2通信回線が設定される。次に、第2用途の際には、X個の疑似伝搬路に対し、上記データ数(A, B)を変更して、複数のグループおよび複数の通信回線が設定される。さらに、並列の疑似伝搬路の数(X)が多数の場合には、それらを2つ以上の用途で同時に利用することも可能である。また、上記と同様に、受信局2側にも対応する上位制御部を有してもよい。受信局2内の上位制御部は、用途に応じて、例えば図11の複数の疑似伝搬路特性解析抽出装置307等を制御する。上位制御部は、例えば通信路NW33からデータD33として制御プレーンデータを取得し、通信路NW34からデータD34としてユーザプレーンデータを取得し、取得した各データを所定の宛先へ渡すように制御する。

[0184] [補足－疑似伝搬路]

図20は、各実施の形態に関する補足として、図1の疑似伝搬路特性装置101等における疑似伝搬路の実装例を示す。図20の疑似伝搬路は、FIR (Finite Impulse Response) フィルタで実装した構成例を示す。前述の図13のような疑似遅延プロファイルモデルの情報に基づいて、図20のようなフィルタ回路が構成可能である。図13では主波および遅延波の数は9であるが、ここでは説明のため、主波および遅延波2波の3波の場合で説明する。図20のFIRフィルタ回路において、入力D160は、第1乗算器1611において第1係数入力a1で乗算される。また、入力D160は、第1遅延器1601で所定の遅延が施されて、第1遅延信号D161となる。第1遅延信号D161は、第2乗算器1612で第2係数入力a2で乗算され、また、第2遅延器1602で遅延が施されて、第2遅延信号D162となる。第2遅延信号D162は、第3乗算器1613で第3係数入力a3で乗算される。すべての乗算器の出力は、加算器1620で加算され、出力D163となる。なお、FIRフィルタは、Z変換を用いて、 $H(z) = 1 + 1/2z + 1/4z^2$ で表すことができる。H(z)は伝搬路特性関数である。zは、 $z = e^{j\omega T}$ で表される。Tは単位遅延時間である。ωは角周波数である。上記のように、疑似伝搬路は、電子回路で実装でき、十分に高速な処理が可能である。

[0185] [付記]

以上、本発明を実施の形態に基づいて具体的に説明したが、本発明は前述の実施の形態に限定されず、要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能である。また以上の記述では、基地局側がSRSS信号を送信し、端末側で実伝搬路特性を測定する例としたが、これは主にFDDの場合であって、TDDの場合には上り下りの周波数は同一のため、SRSS信号を端末側で送信し基地局側で受信することも可能である。これにより、CSI (Channel State Information) の提供を不要とすることも可能である。また以上の記述では、ビームフォーミング機能のためのマルチアンテナを有する側が送信を行う形態としたが、マルチアンテナを有する側が受信を行う形態も同様に可能であり、前

述の送受の形態を入れ替えることも可能である。

[0186] また、実施の形態では、周波数領域から時間領域へのデータ変換や、時間領域から周波数領域へのデータ変換を行うFFTもしくはIFFTの構成上の位置を必ずしもすべて明示していない。これは、それらのFFT等が、実装上では特定のDSP(digital signal processor)やソフトウェア上のサブルーチンとして設けることによって多用することが一般的であるためであり、無線LAN等で用いられているTDD/TDMA方式においては、送信側のIFFTと受信側のFFTまでを兼用する例もあるからである。

[0187] なお、前述の実施の形態3または実施の形態4において示した複数のネットワークまたは複数の端末への通信の便宜を図る方法において、ネットワークを単一にし、端末を単一にして通信高速化を図る形態も、容易に可能である。

[0188] さらに、実施の形態3または実施の形態4では無線通信としての例を示したが、伝搬路を1つにする光ファイバ通信においても、同一周波数帯すなわち波長帯において疑似伝搬路特性を用いた通信多重化を図る形態が、容易に可能である。すなわち、前述のビームフォーミング伝搬路を、光ファイバに置き換えて実施する形態が容易に可能であり、また、電気導体通信路に置き換えて実施する形態も容易に可能である。

符号の説明

[0189] 1…送信局（送信装置）、2…受信局（受信装置）、100、200…ベースバンド部、101…疑似伝搬路特性装置、102…MIMO送信装置、103…送信アンテナ部、104…伝搬路特性管理部、106…受信アンテナ部、107…MIMO受信装置、108…疑似伝搬路特性解析抽出装置、109…伝搬路特性管理部、104A、109A…実伝搬路特性測定部、104B、109B…疑似伝搬路特性生成部、P100…実伝搬路。

請求の範囲

[請求項1]

複数の送信アンテナを持つ送信装置と、受信アンテナを持つ受信装置との間でデータを送受信する送受信方法であって、

前記送信装置または前記受信装置が、前記複数の送信アンテナと前記受信アンテナとの間の複数の実伝搬路の特性に基づいて、前記複数の実伝搬路の特性に対し周波数特性が近似できる程度に類似する特性である複数の疑似伝搬路の特性を生成する生成ステップと、

前記送信装置が、並列かつ独立の複数のデータに前記複数の疑似伝搬路の特性を反映して1つ以上の送信データを作成し、前記複数の送信アンテナから電波として送信する送信ステップと、

前記受信装置が、前記受信アンテナで電波として受信した1つ以上の受信データから、前記複数の疑似伝搬路の特性に基づいて、前記複数のデータを抽出する受信ステップと、

を有し、

前記送信装置は、MIMO送信機能を有し、

前記受信装置は、前記受信アンテナとして複数の受信アンテナを持ち、MIMO受信機能を有し、

前記生成ステップは、前記送信装置または前記受信装置が、前記複数の送信アンテナと前記複数の受信アンテナとの間の対角線上の伝搬路を含む複数の実伝搬路の特性に基づいて、前記複数の疑似伝搬路の特性を生成するステップであり、

前記対角線上の伝搬路は、前記複数の送信アンテナと前記複数の受信アンテナとの間で一対一で対向する伝搬路以外の伝搬路であり、

前記送信ステップは、前記送信装置が、前記複数のデータに前記複数の疑似伝搬路の特性を反映して並列かつ独立の複数の送信データを作成し、前記MIMO送信機能を用いて前記複数の送信アンテナから電波として送信するステップであり、

前記受信ステップは、前記受信装置が、前記複数の受信アンテナで

電波として受信した信号から前記MIMO受信機能を用いて複数の受信データを作成し、前記複数の受信データから前記複数の疑似伝搬路の特性に基づいて前記複数のデータを抽出するステップである、

送受信方法。

[請求項2]

請求項1記載の送受信方法において、

前記送信ステップは、前記送信装置が、前記MIMO送信機能を用いて作成した複数の送信データにおける2つの送信データから和信号および差信号を作成し、前記複数の送信アンテナにおける2つの送信アンテナから電波として送信するステップを含み、

前記和信号は、前記2つの送信データを $SA1$ 、 $SA2$ とした場合に、 $SA1 + SA2$ という和をとった信号であり、前記差信号は、 $SA1 - SA2$ という差をとった信号であり、

前記受信ステップは、前記受信装置が、前記複数の受信アンテナにおける2つの受信アンテナで電波として受信した信号から、前記MIMO受信機能を用いて複数の受信データにおける2つの受信データにおいて前記和信号および前記差信号を抽出するステップを含む、

送受信方法。

[請求項3]

複数の送信アンテナを持つ送信装置と、1個以上の受信アンテナを持つ受信装置との間でデータを送受信する送受信方法であって、

前記送信装置は、前記複数の送信アンテナを含むビームフォーミング送信機能を有し、

前記受信装置は、前記受信アンテナを含むビームフォーミング受信機能を有し、

前記送信装置または前記受信装置が、前記複数の送信アンテナと前記受信アンテナとの間の複数の疑似伝搬路の特性を生成する生成ステップと、

前記送信装置が、種類が異なる複数のデータ群として少なくとも第1データ群と第2データ群とを含む、送信対象である並列かつ独立の

複数のデータにおける各データを、前記複数の疑似伝搬路の特性における各特性に対応する疑似伝搬路に個別に載せた複数の出力から合成によって1つの送信データを作成する作成ステップと、

前記送信装置が、前記1つの送信データに基づいて前記ビームフォーミング送信機能によって前記複数の送信アンテナからビームを構成する電波群を送信する送信ステップと、

前記受信装置が、前記ビームの状態で到来した電波群から、前記受信アンテナを含む前記ビームフォーミング受信機能によって信号を受信する受信ステップと、

前記受信装置が、前記受信した信号から、前記複数の疑似伝搬路の特性の解析に基づいて、前記複数の疑似伝搬路の特性に載せられていた前記種類が異なる複数のデータ群を含む前記並列かつ独立の複数のデータに対応する複数のデータを抽出する抽出ステップと、

を有し、

前記種類が異なる複数のデータ群は、プロトコルスタック上の異なるプレーン、異なるベアラ、異なるチャネル、異なるスライス、異なる帯域制御サービス種別、または、緊急度の異なる通信におけるデータ群である、あるいは、制御・管理系の信号とアプリケーション系の信号とのデータ群である、

送受信方法。

[請求項4]

複数の送信アンテナを持つ送信装置と、1個以上の受信アンテナを持つ複数の受信装置のそれぞれの受信装置との間でデータを送受信する送受信方法であって、

前記送信装置は、前記複数の送信アンテナを含むビームフォーミング送信機能を有し、

前記受信装置は、前記受信アンテナを含むビームフォーミング受信機能を有し、

前記送信装置からのビームの焦点エリアに前記複数の受信装置が含

まれる場合に、

前記送信装置または前記複数の受信装置の1つが、前記複数の送信アンテナと前記受信アンテナとの間の複数の疑似伝搬路の特性を生成する生成ステップと、

前記送信装置が、種類が異なる複数のデータ群として少なくとも第1データ群と第2データ群とを含む、前記複数の受信装置に対する送信対象である並列かつ独立の複数のデータにおける各データを、前記複数の疑似伝搬路の特性における各特性に対応する疑似伝搬路に個別に載せた複数の出力から合成によって1つの送信データを作成する作成ステップと、

前記送信装置が、前記1つの送信データに基づいて前記ビームフォーミング送信機能によって前記複数の送信アンテナからビームを構成する電波群を送信する送信ステップと、

前記受信装置が、前記ビームの状態で到来した電波群から、前記受信アンテナを含む前記ビームフォーミング受信機能によって信号を受信する受信ステップと、

前記受信装置が、前記受信した信号から、前記複数の疑似伝搬路の特性のうちの自機に関する複数の疑似伝搬路の特性の解析に基づいて、前記自機に関する複数の疑似伝搬路の特性に載せられていた自機宛先のデータ群に対応する複数のデータを抽出する抽出ステップと、

を有する、送受信方法。

[請求項5]

請求項1～4のいずれか1項に記載の送受信方法において、

前記複数の疑似伝搬路の特性は、前記複数の実伝搬路の特性における相互相関性よりも低い相互相関性を持つ、

送受信方法。

[請求項6]

請求項1または2に記載の送受信方法において、

前記複数の疑似伝搬路の特性は、前記複数の実伝搬路の特性の測定結果を用いて、特徴部分をモデル化し、モデル間の相互相関性を低く

する変形を施した特性である、
送受信方法。

[請求項7]

請求項3または4に記載の送受信方法において、

前記生成ステップは、前記送信装置または前記受信装置が、予め設定された遅延プロファイルモデルに基づいて、前記複数の疑似伝搬路の特性を、前記複数の送信アンテナと前記1個以上の受信アンテナとの間の実伝搬路の特性とは独立に生成するステップである、
送受信方法。

[請求項8]

請求項7に記載の送受信方法において、

前記生成ステップは、前記送信装置または前記受信装置が、前記複数の疑似伝搬路の前記遅延プロファイルとして、主波を軸に対称に配置し、前記主波と複数の遅延波を、等しい時間間隔、または前記主波から時間軸上で関数を以て差を設けた時間間隔、または概ねランダムな時間間隔で配置し、前記主波と前記複数の遅延波の各波の強度を複数の時間軸対称の関数の包絡線で管理した複数のモデルを生成するステップである、
送受信方法。

[請求項9]

請求項1～8のいずれか1項に記載の送受信方法において、

前記複数の疑似伝搬路の特性に関する情報は、通信フレーム間のガード・インターバルの区間長に収容できる長さとする、
送受信方法。

[請求項10]

請求項3または4に記載の送受信方法において、

前記複数の疑似伝搬路の特性は、相互相関性の度合いに応じて、第1グループと、前記第1グループよりも相互相関性が高い第2グループとに分類され、前記第1データ群が前記第2データ群よりも高信頼性を要求される種類のデータである場合、前記第1データ群に前記第1グループが割り当てられ、前記第2データ群に前記第2グループが割り当てられるように制御される、

送受信方法。

[請求項11]

複数の送信アンテナを持つ送信装置と、受信アンテナを持つ受信装置との間でデータを送受信する送受信システムであって、

前記送信装置または前記受信装置は、前記複数の送信アンテナと前記受信アンテナとの間の複数の実伝搬路の特性に基づいて、前記複数の実伝搬路の特性に対し周波数特性が近似できる程度に類似する特性である複数の疑似伝搬路の特性を生成し、

前記送信装置は、並列かつ独立の複数のデータに前記複数の疑似伝搬路の特性を反映して1つ以上の送信データを作成し、前記複数の送信アンテナから電波として送信し、

前記受信装置は、前記受信アンテナで電波として受信した1つ以上の受信データから、前記複数の疑似伝搬路の特性に基づいて、前記複数のデータを抽出し、

前記送信装置は、MIMO送信機能を有し、

前記受信装置は、前記受信アンテナとして複数の受信アンテナを持ち、MIMO受信機能を有し、

前記送信装置または前記受信装置は、前記複数の送信アンテナと前記複数の受信アンテナとの間の対角線上の伝搬路を含む複数の実伝搬路の特性に基づいて、前記複数の疑似伝搬路の特性を生成し、

前記対角線上の伝搬路は、前記複数の送信アンテナと前記複数の受信アンテナとの間で一対一で対向する伝搬路以外の伝搬路であり、

前記送信装置は、前記複数のデータに前記複数の疑似伝搬路の特性を反映して並列かつ独立の複数の送信データを作成し、前記MIMO送信機能を用いて前記複数の送信アンテナから電波として送信し、

前記受信装置は、前記複数の受信アンテナで電波として受信した信号から前記MIMO受信機能を用いて複数の受信データを作成し、前記複数の受信データから前記複数の疑似伝搬路の特性に基づいて前記複数のデータを抽出する、

送受信システム。

[請求項12]

請求項11記載の送受信システムにおいて、

前記送信装置は、前記MIMO送信機能を用いて作成した複数の送信データにおける2つの送信データから和信号および差信号を作成し、前記複数の送信アンテナにおける2つの送信アンテナから電波として送信し、

前記和信号は、前記2つの送信データを $SA1$ 、 $SA2$ とした場合に、 $SA1 + SA2$ という和をとった信号であり、前記差信号は、 $SA1 - SA2$ という差をとった信号であり、

前記受信装置は、前記複数の受信アンテナにおける2つの受信アンテナで電波として受信した信号から、前記MIMO受信機能を用いて複数の受信データにおける2つの受信データにおいて前記和信号および前記差信号を抽出する、

送受信システム。

[請求項13]

複数の送信アンテナを持つ送信装置と、1個以上の受信アンテナを持つ受信装置との間でデータを送受信する送受信システムであって、

前記送信装置は、前記複数の送信アンテナを含むビームフォーミング送信機能を有し、

前記受信装置は、前記受信アンテナを含むビームフォーミング受信機能を有し、

前記送信装置または前記受信装置は、前記複数の送信アンテナと前記受信アンテナとの間の複数の疑似伝搬路の特性を生成し、

前記送信装置は、種類が異なる複数のデータ群として少なくとも第1データ群と第2データ群とを含む、送信対象である並列かつ独立の複数のデータにおける各データを、前記複数の疑似伝搬路の特性における各特性に対応する疑似伝搬路に個別に載せた複数の出力から合成によって1つの送信データを作成し、

前記送信装置は、前記1つの送信データに基づいて前記ビームフォ

ーミング送信機能によって前記複数の送信アンテナからビームを構成する電波群を送信し、

前記受信装置は、前記ビームの状態で到来した電波群から、前記受信アンテナを含む前記ビームフォーミング受信機能によって信号を受信し、

前記受信装置は、前記受信した信号から、前記複数の疑似伝搬路の特性の解析に基づいて、前記複数の疑似伝搬路の特性に載せられていた前記種類が異なる複数のデータ群を含む前記並列かつ独立の複数のデータに対応する複数のデータを抽出し、

前記種類が異なる複数のデータ群は、プロトコルスタック上の異なるプレーン、異なるベアラ、異なるチャネル、異なるスライス、異なる帯域制御サービス種別、または、緊急度の異なる通信におけるデータ群である、あるいは、制御・管理系の信号とアプリケーション系の信号とのデータ群である、

送受信システム。

[請求項14]

複数の送信アンテナを持つ送信装置と、1個以上の受信アンテナを持つ複数の受信装置のそれぞれの受信装置との間でデータを送受信する送受信システムであって、

前記送信装置は、前記複数の送信アンテナを含むビームフォーミング送信機能を有し、

前記受信装置は、前記受信アンテナを含むビームフォーミング受信機能を有し、

前記送信装置からのビームの焦点エリアに前記複数の受信装置が含まれる場合に、

前記送信装置または前記複数の受信装置の1つは、前記複数の送信アンテナと前記受信アンテナとの間の複数の疑似伝搬路の特性を生成し、

前記送信装置は、種類が異なる複数のデータ群として少なくとも第

1 データ群と第2データ群とを含む、前記複数の受信装置に対する送信対象である並列かつ独立の複数のデータにおける各データを、前記複数の疑似伝搬路の特性における各特性に対応する疑似伝搬路に個別に載せた複数の出力から合成によって1つの送信データを作成し、

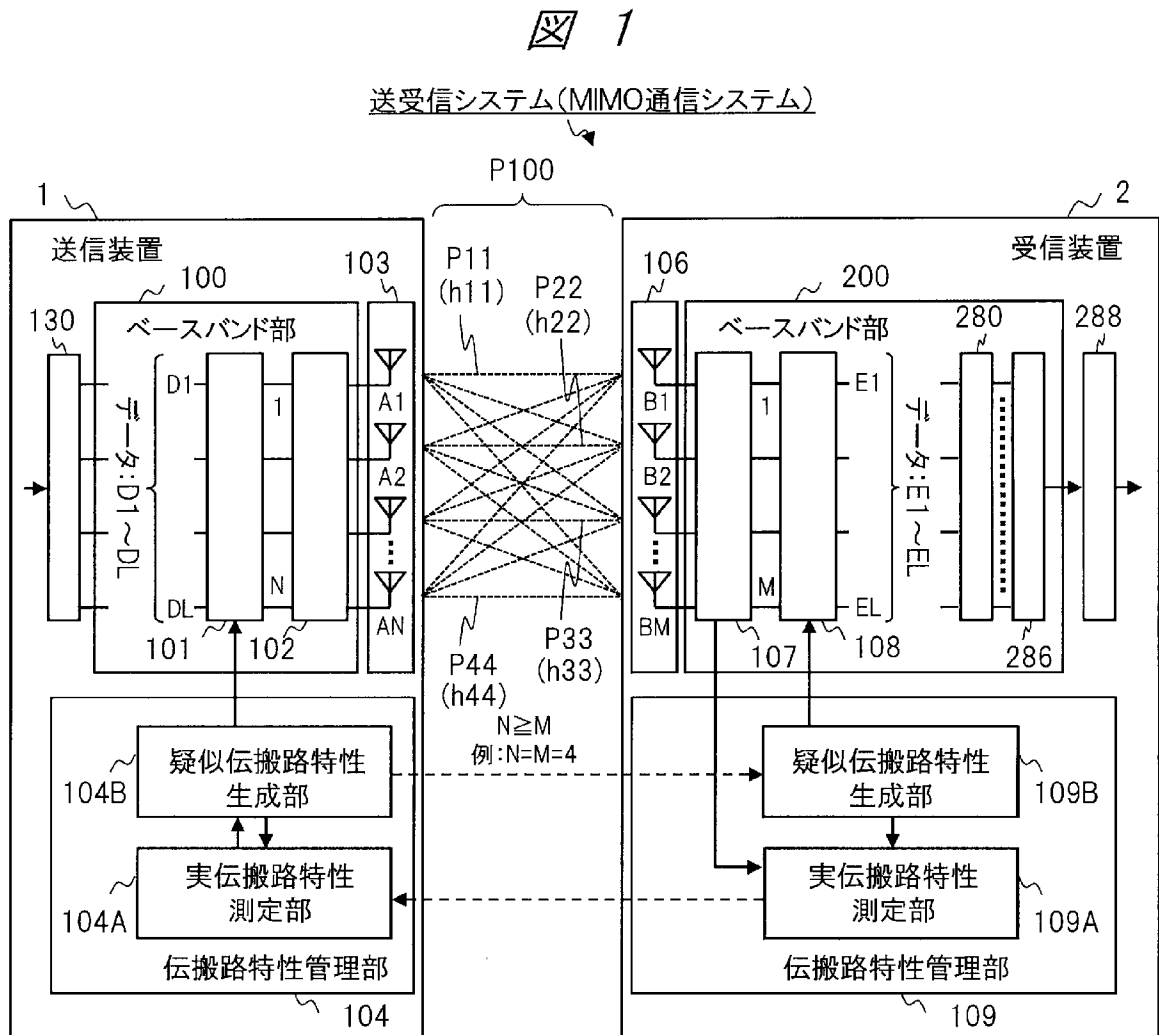
前記送信装置は、前記1つの送信データに基づいて前記ビームフォーミング送信機能によって前記複数の送信アンテナからビームを構成する電波群を送信し、

前記受信装置は、前記ビームの状態で到来した電波群から、前記受信アンテナを含む前記ビームフォーミング受信機能によって信号を受信し、

前記受信装置は、前記受信した信号から、前記複数の疑似伝搬路の特性のうちの自機に関する複数の疑似伝搬路の特性の解析に基づいて、前記自機に関する複数の疑似伝搬路の特性に載せられていた自機宛先のデータ群に対応する複数のデータを抽出する、

送受信システム。

[図1]

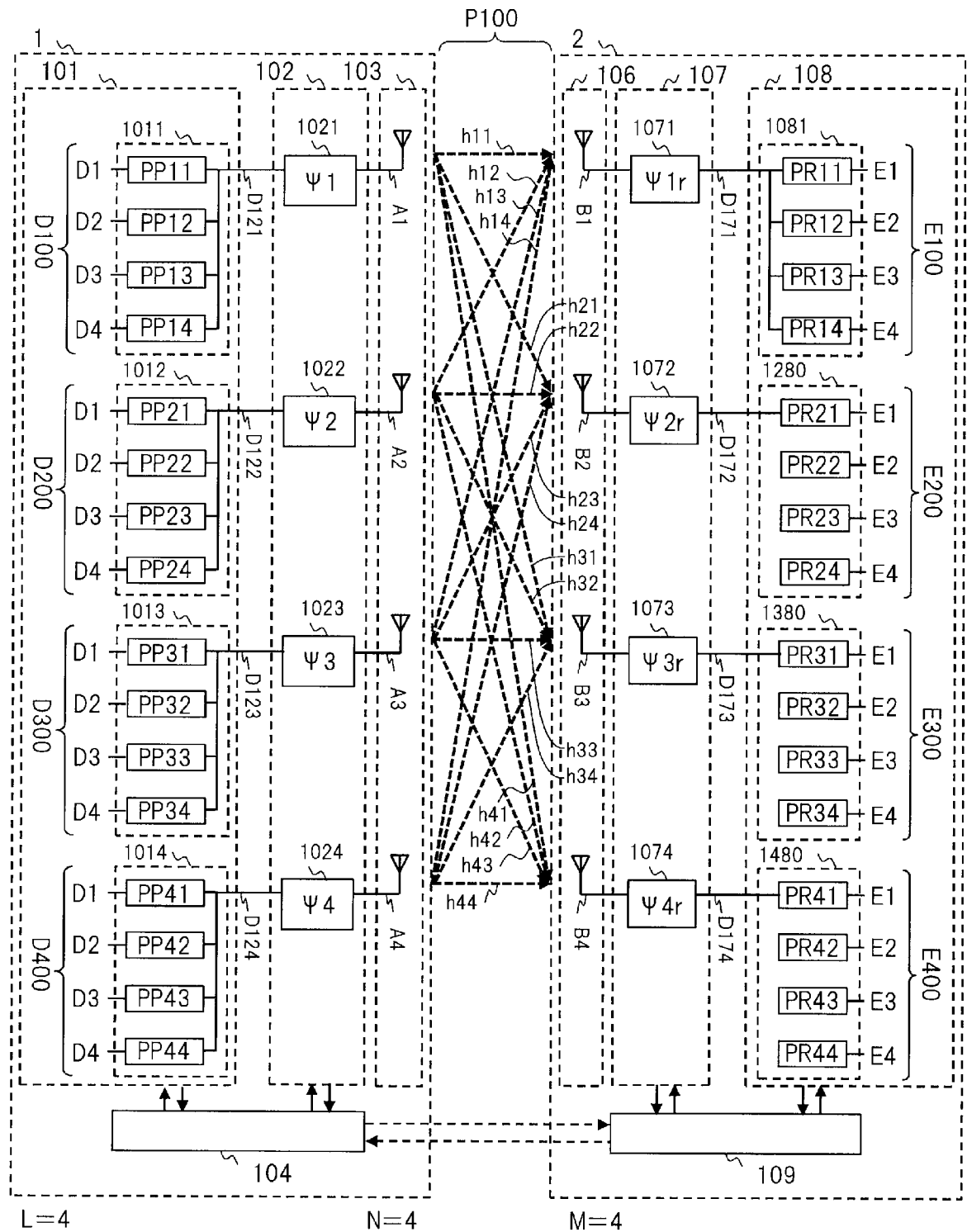


- 101: 疑似伝搬路特性装置
- 102: MIMO送信装置
- 103: 送信アンテナ部
- 106: 受信アンテナ部
- 107: MIMO受信装置
- 108: 疑似伝搬路特性解析抽出装置
- A1 ~ AN: 送信アンテナ
- B1 ~ BM: 受信アンテナ

[図2]

図 2

実施の形態1 送受信システム(MIMOシステム)

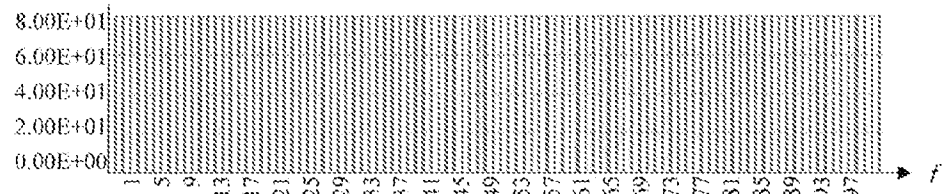


[図3]

図 3

(a) SRS信号—送信側

送信される電波

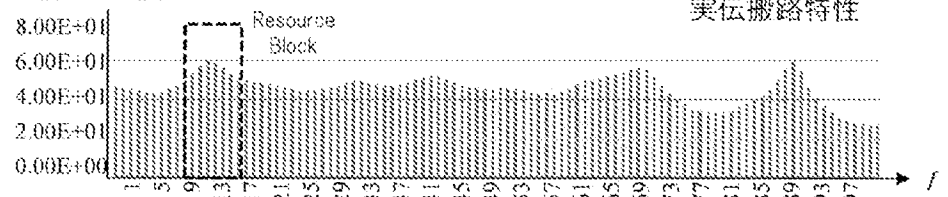


(b) SRS信号—受信側

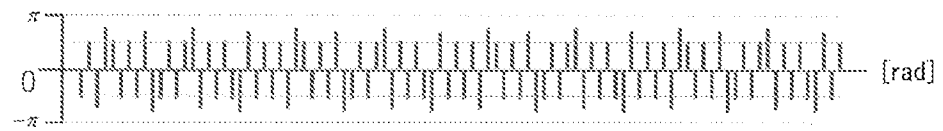


電波伝搬路

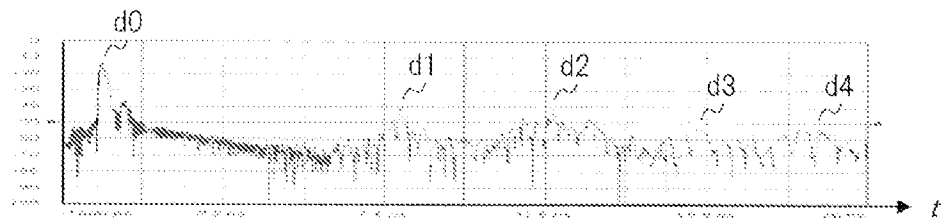
受信される電波



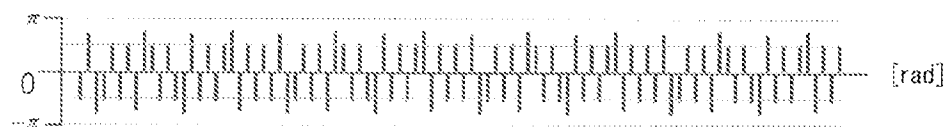
(c) 位相特性

周波数領域から
時間領域へ変換

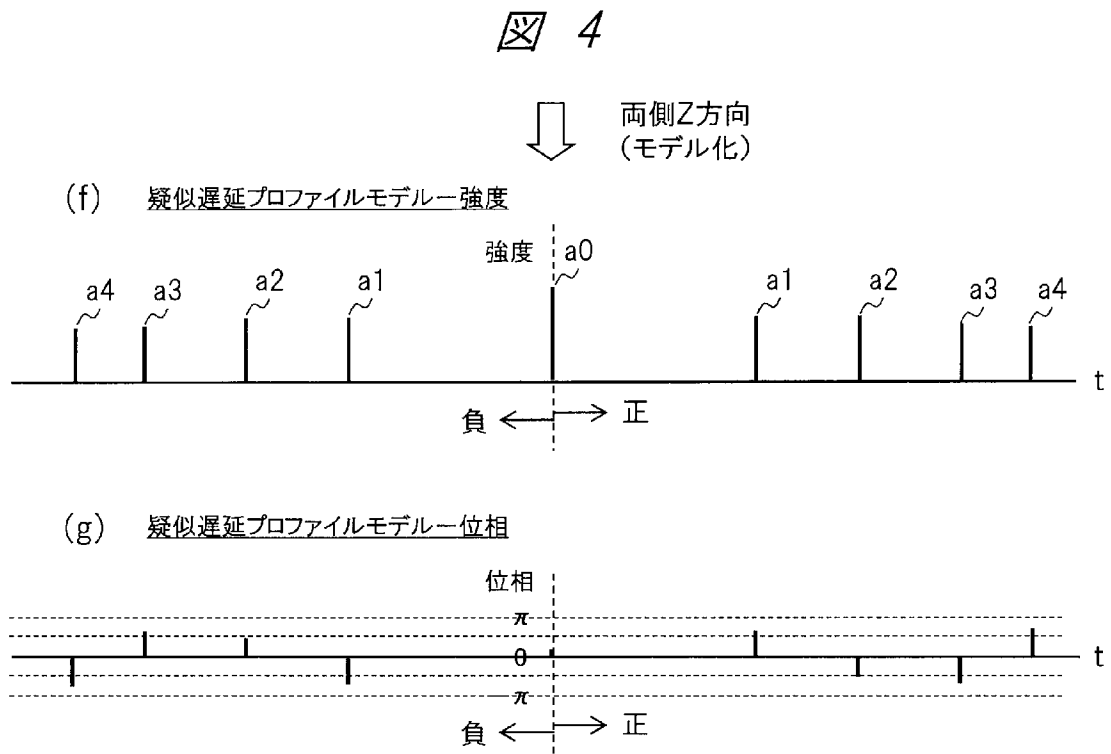
(d) 遅延プロファイル特性—振幅



(e) 遅延プロファイル特性—位相

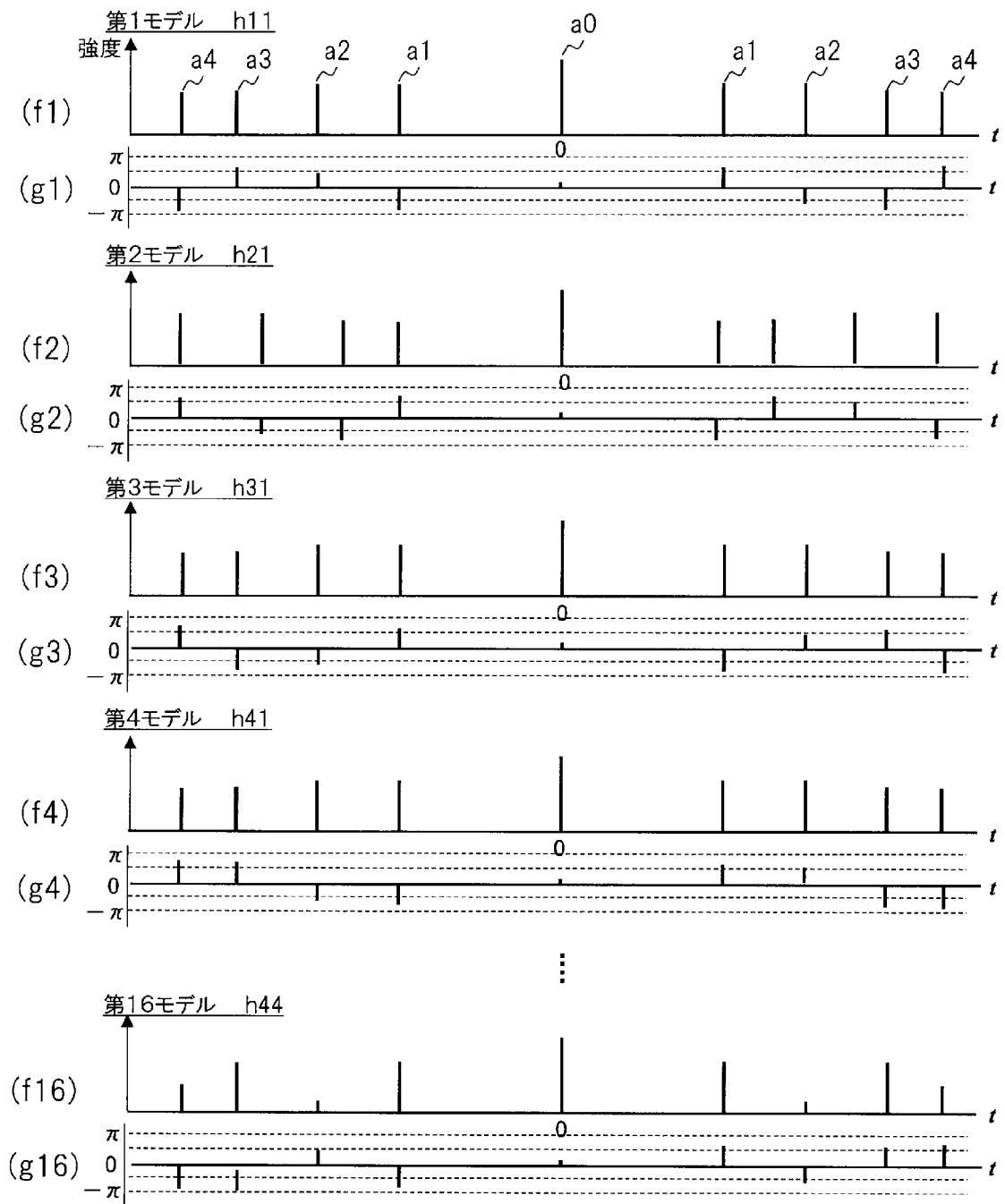


[図4]

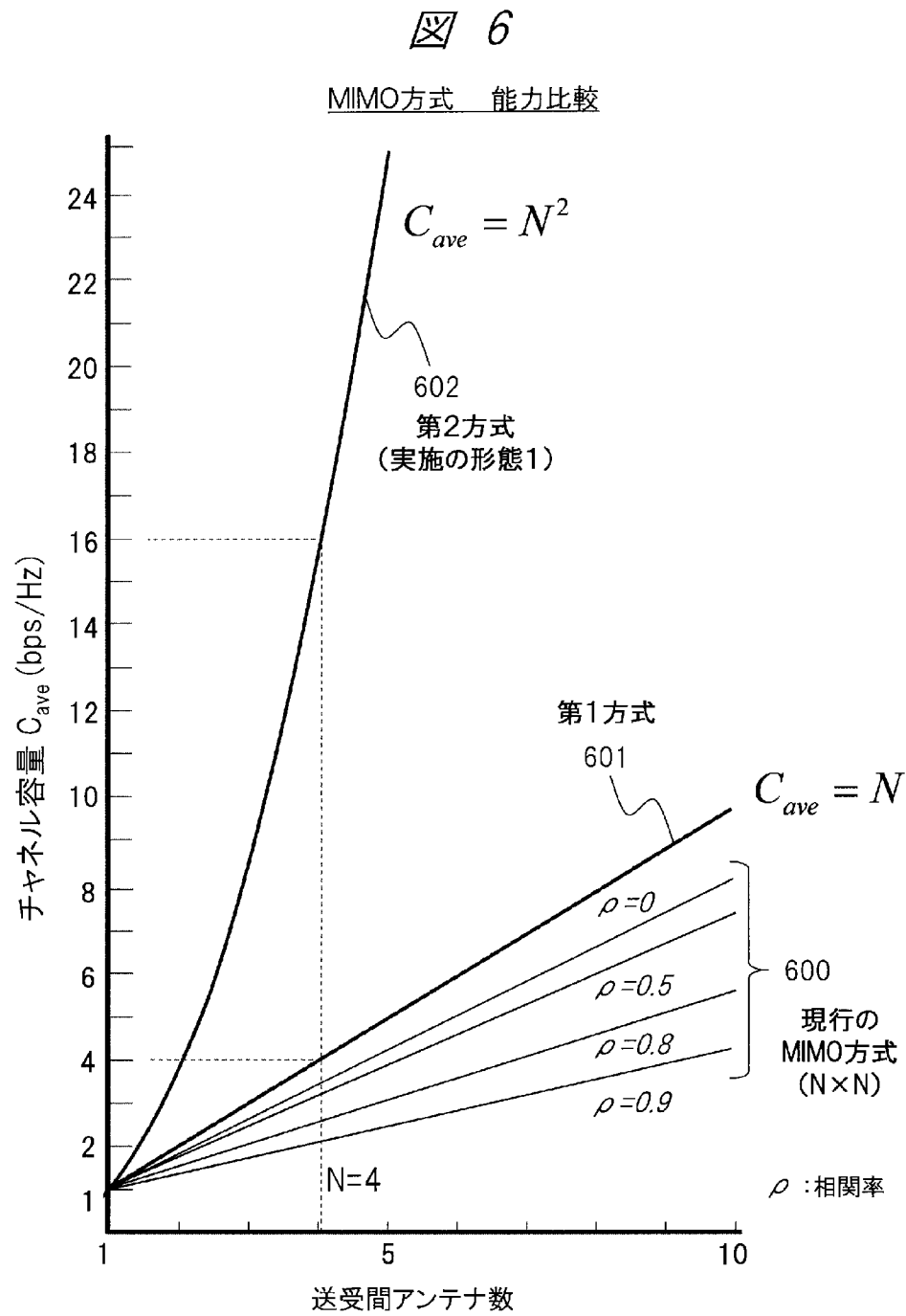


[図5]

図 5



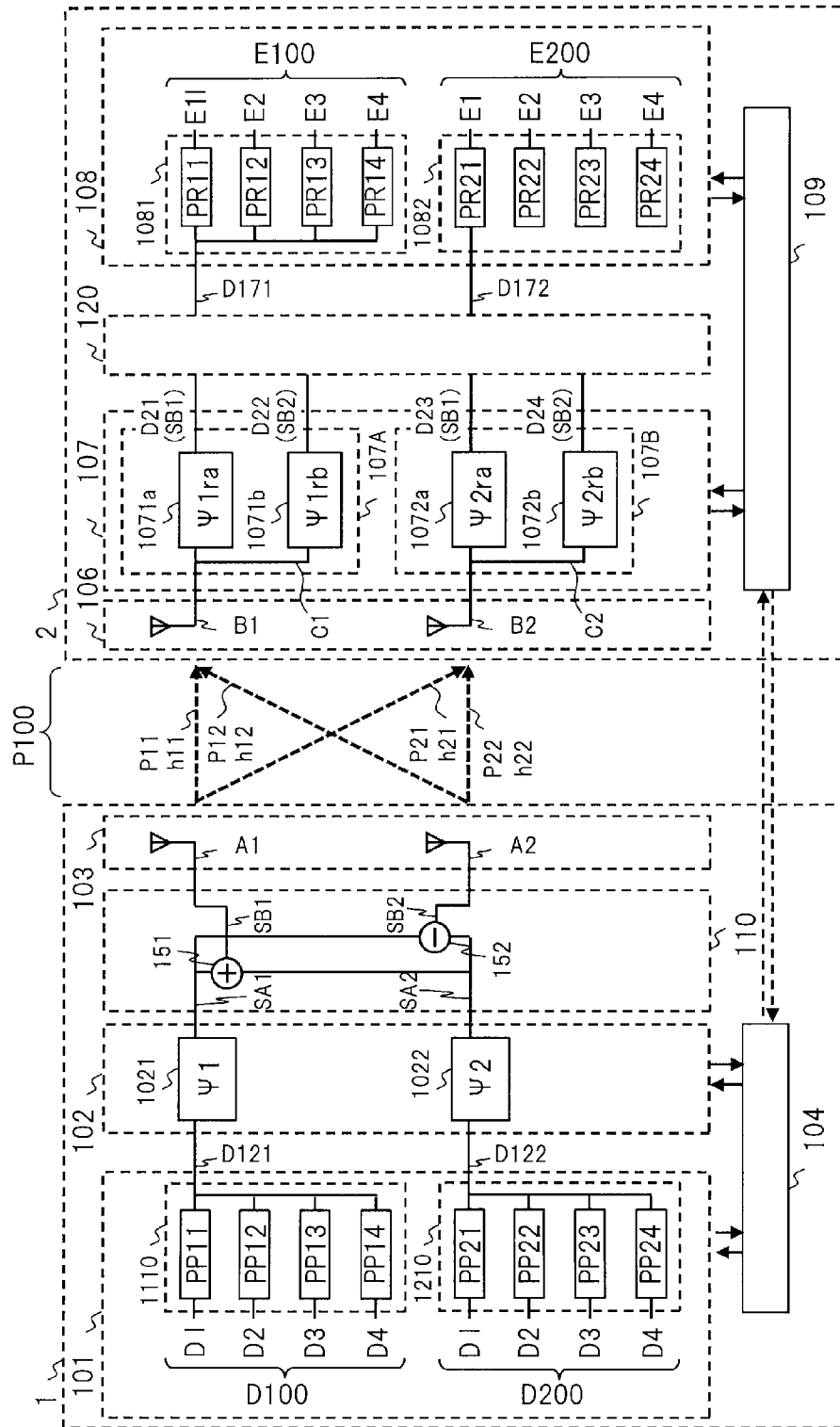
[図6]



[図7]

図 7

実施の形態2 送受信システム(MIMOシステム)

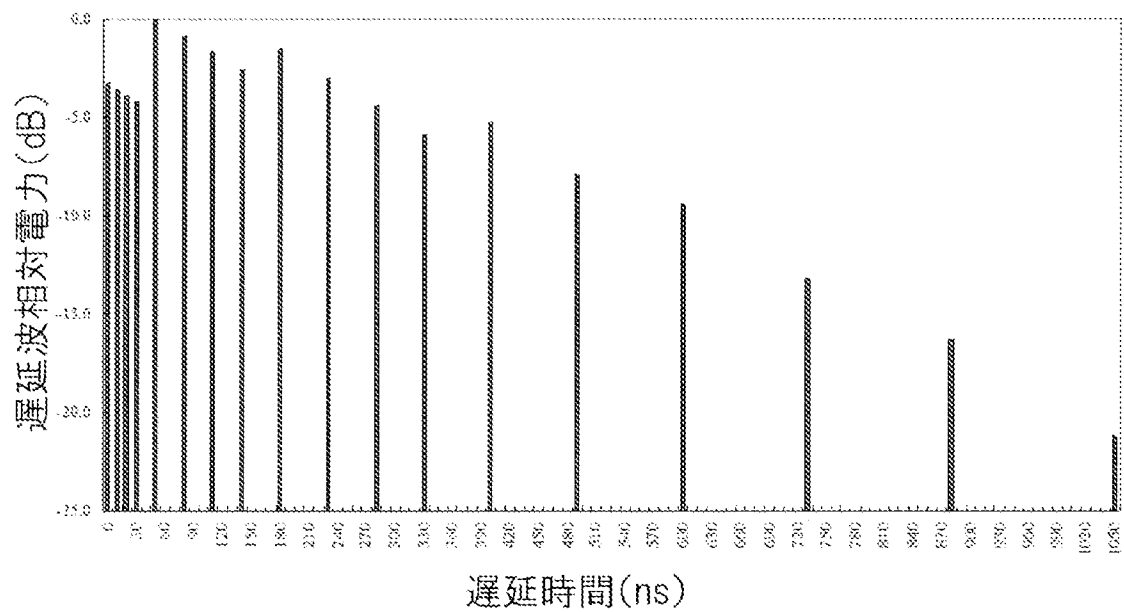


[図8]

図 8

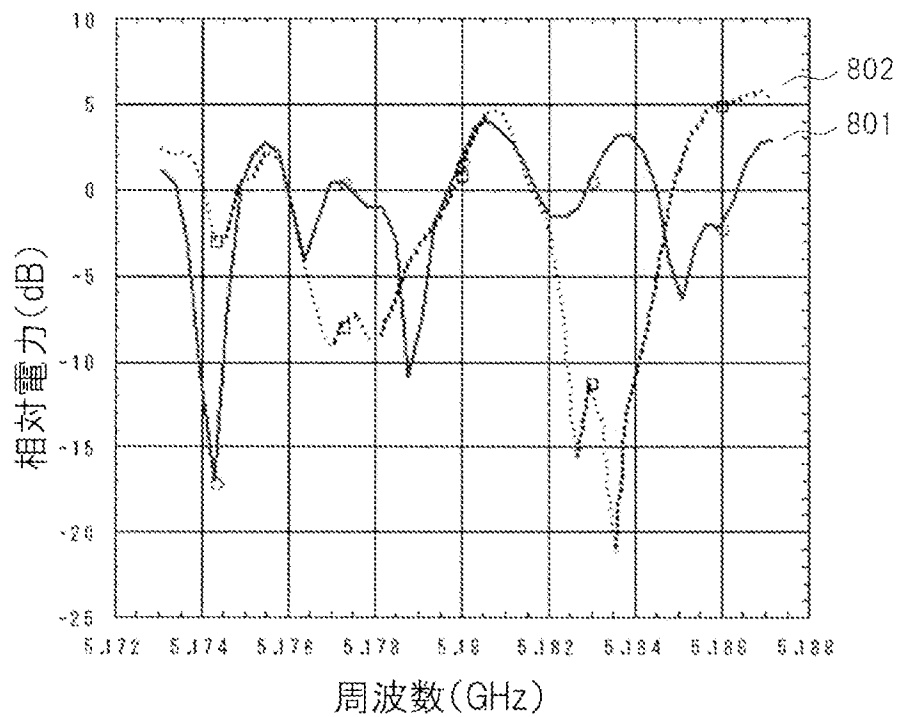
(A)

遅延プロファイル



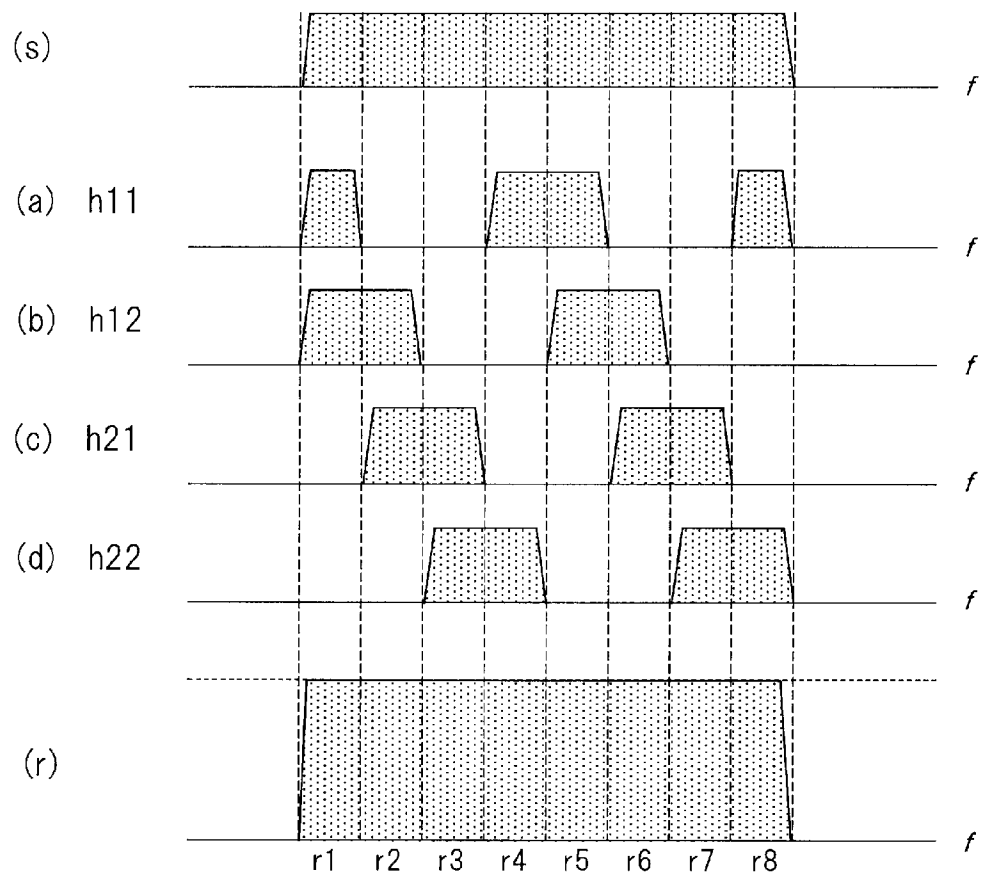
(B)

周波数選択フェーシング結果



[図9]

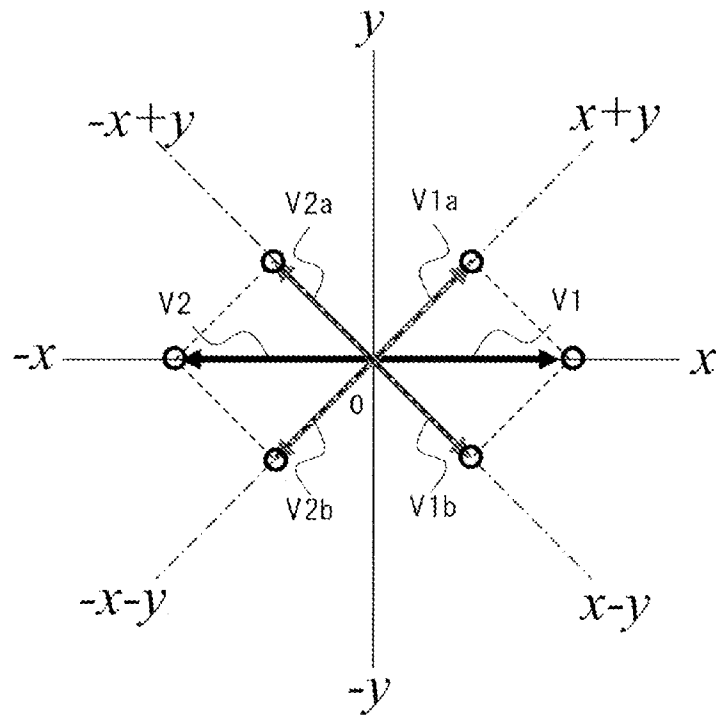
図 9



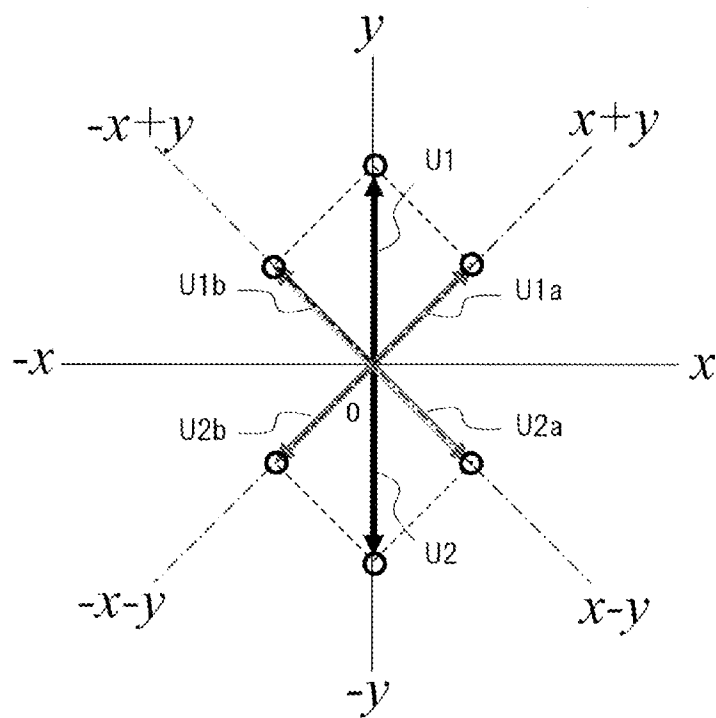
[図10]

図 10

(A)



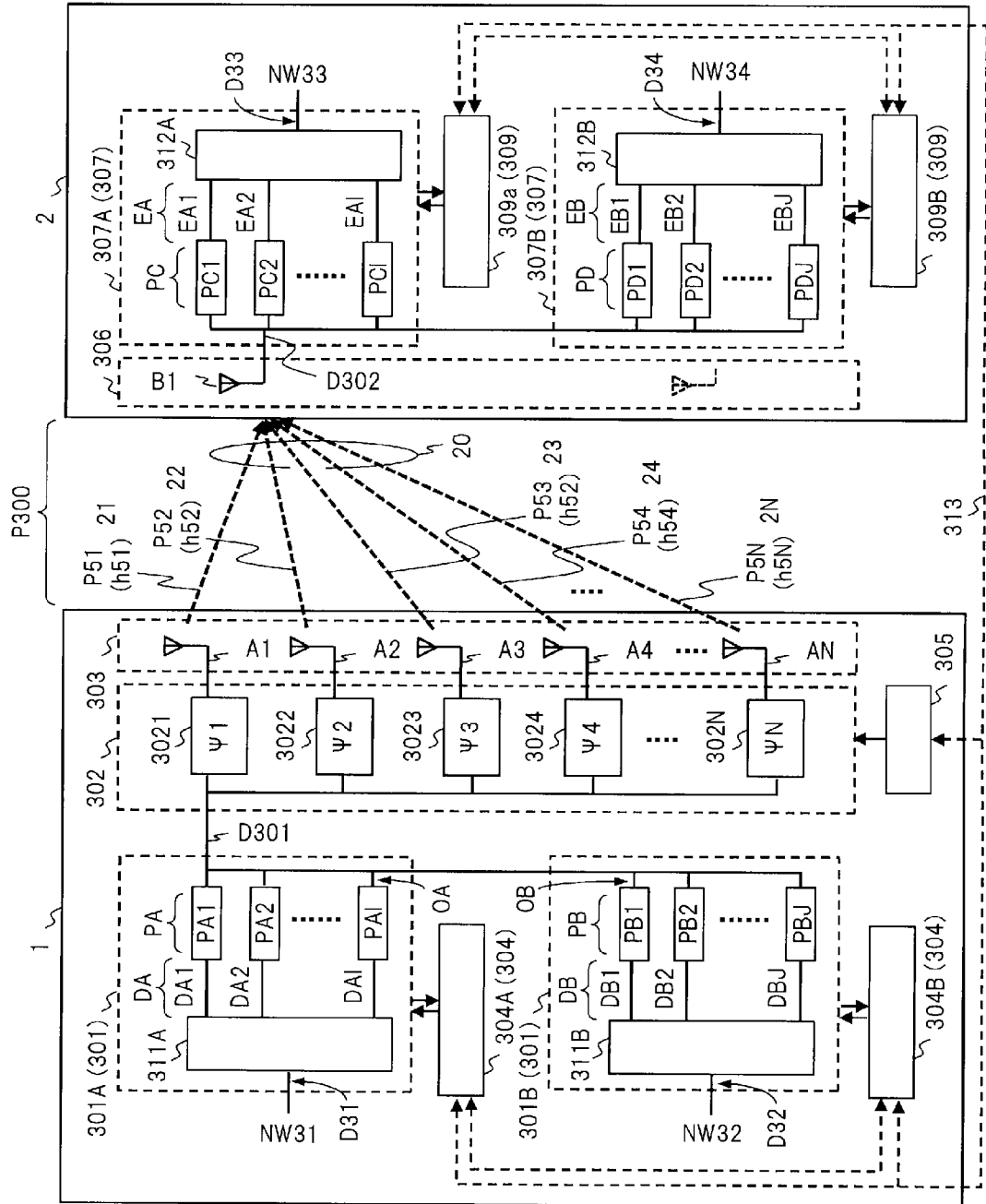
(B)



[図11]

11

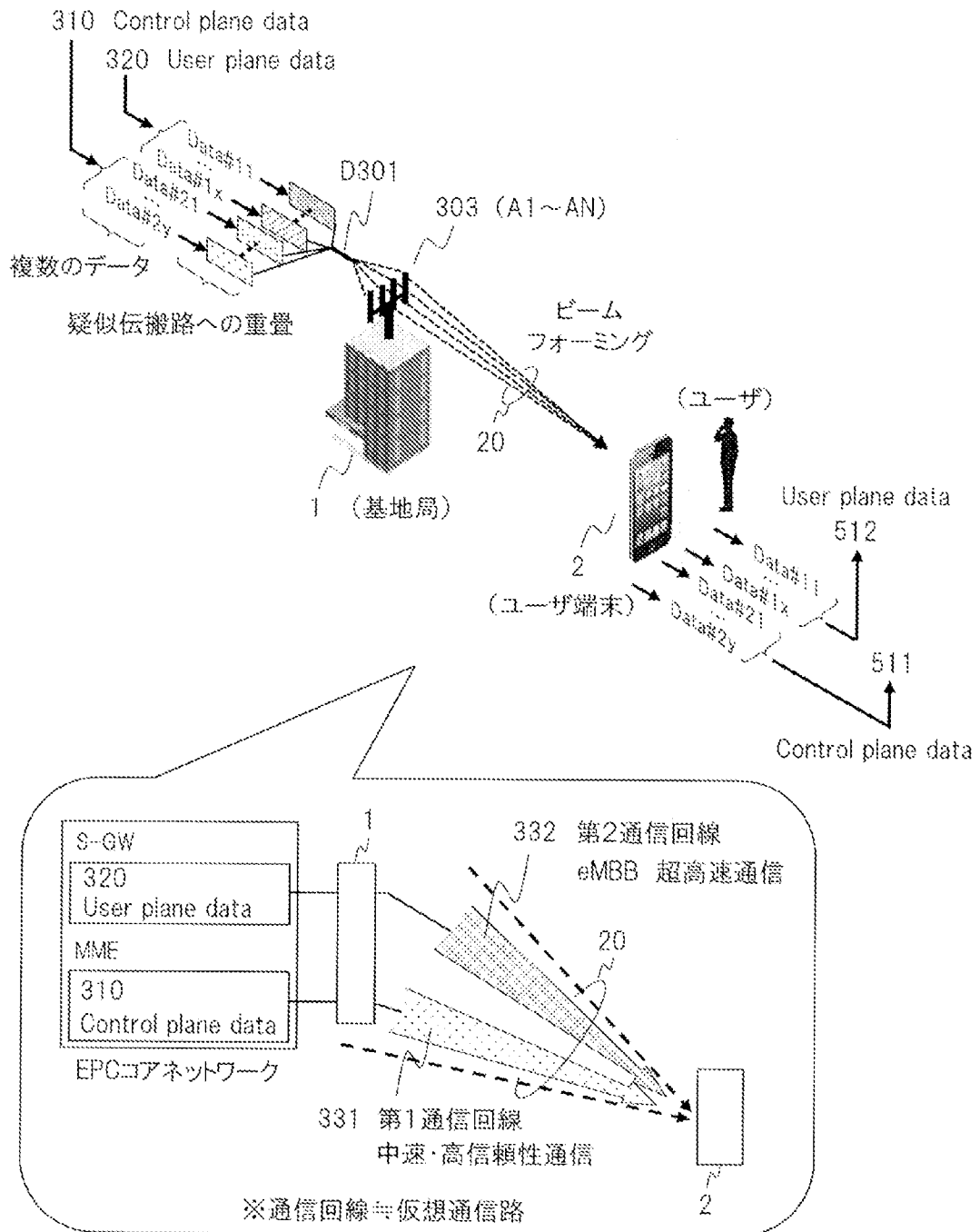
実施の形態3 送受信システム(ビームフォーミングシステム)



[図12]

図 12

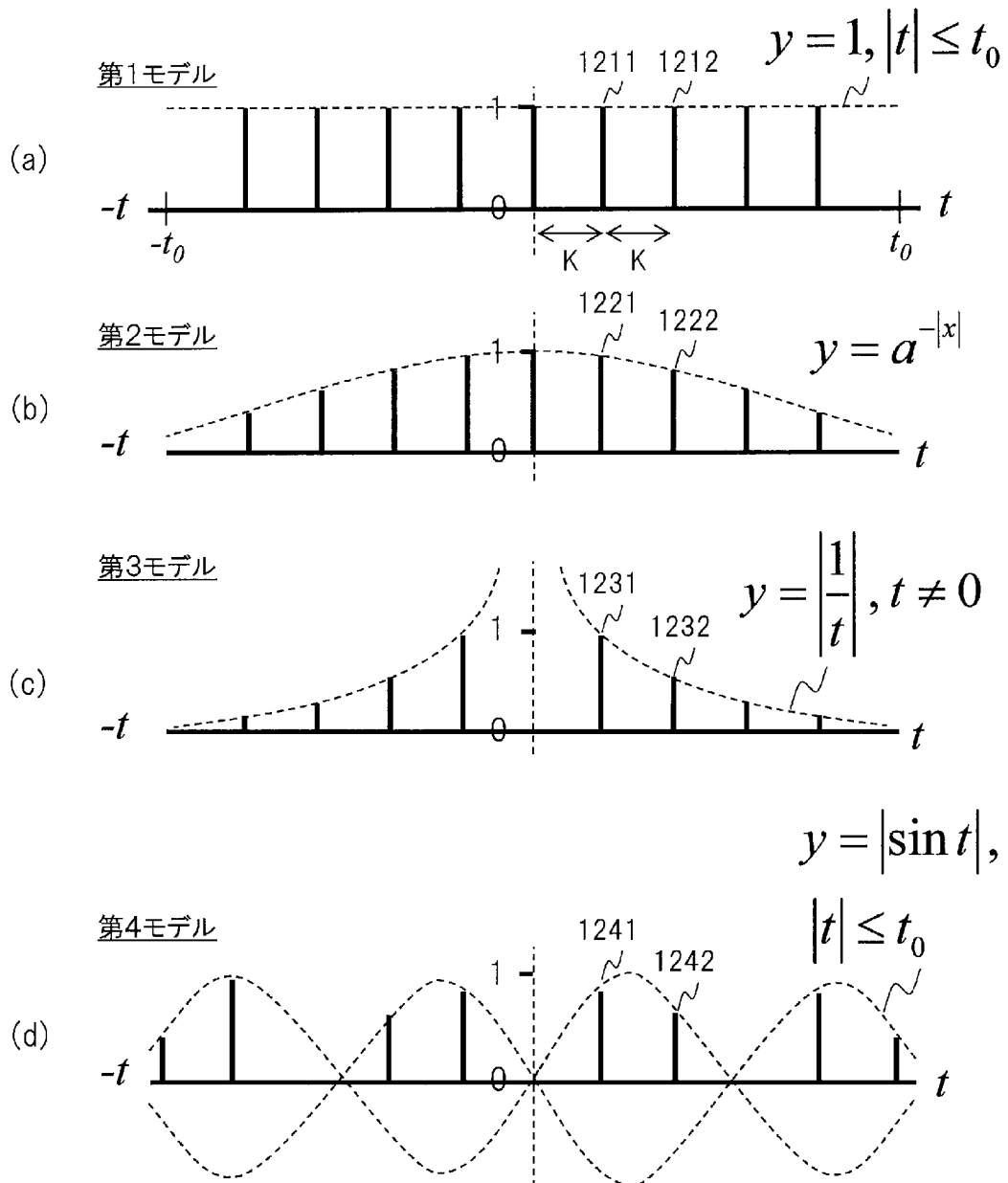
ビームフォーミング CU分離



[図13]

図 13

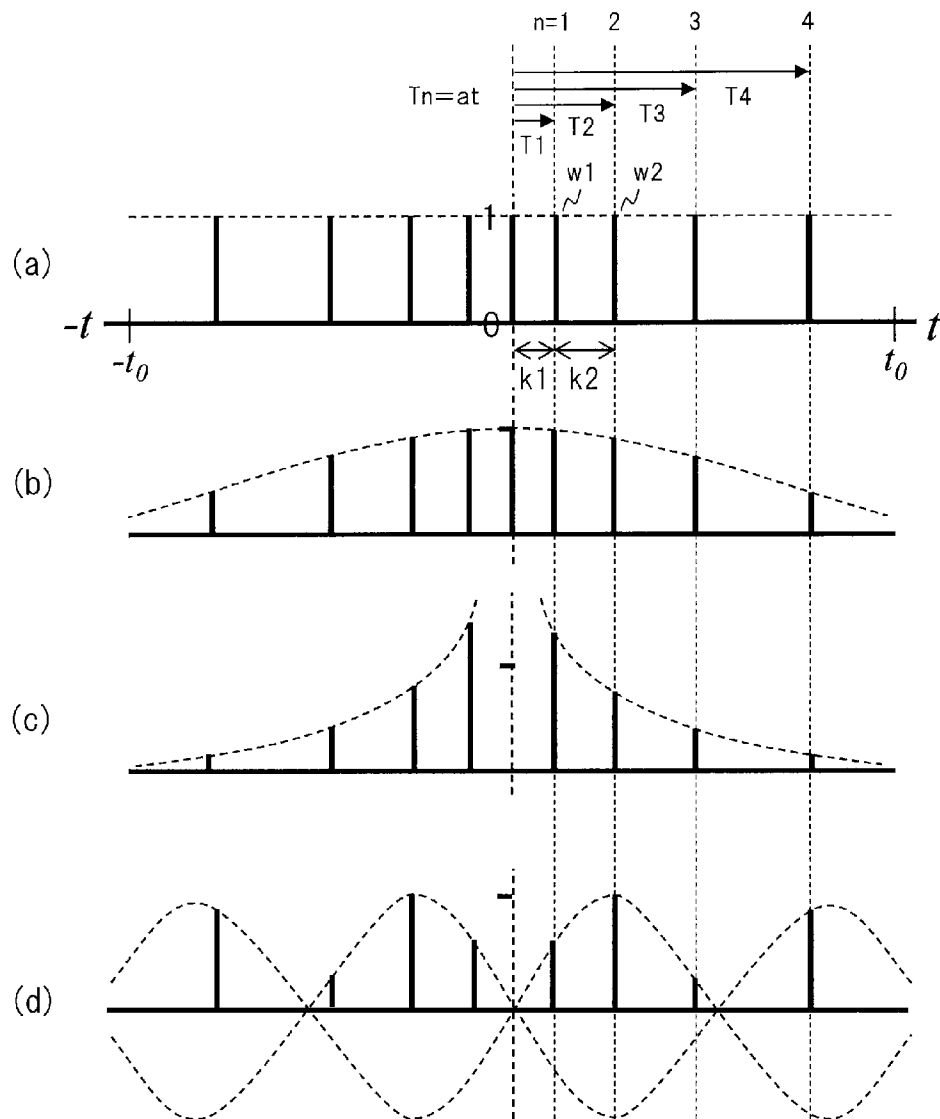
疑似遅延プロファイルの生成(1)



[図14]

図 14

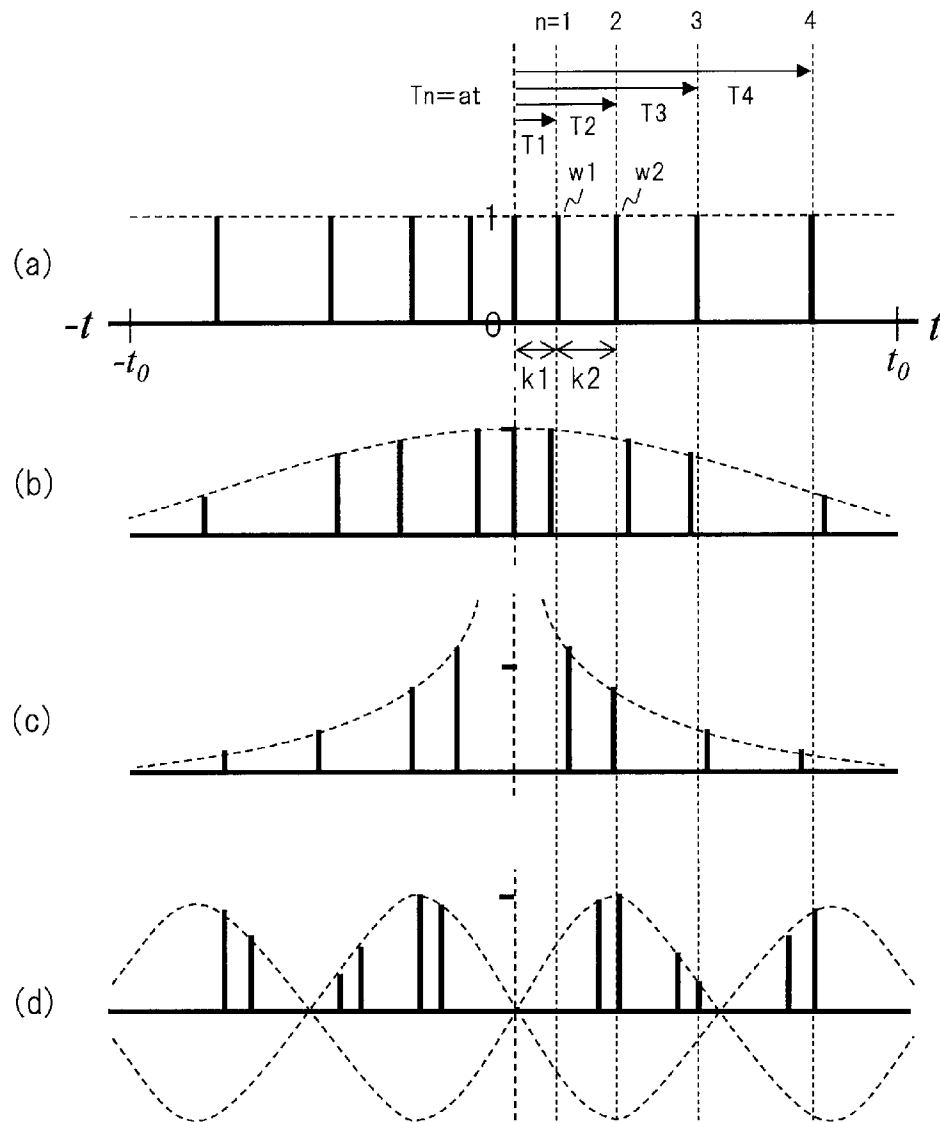
疑似遅延プロファイルの生成(2)



[図15]

図 15

疑似遅延プロファイルの生成(3)



[図16]

図 16

OFDM

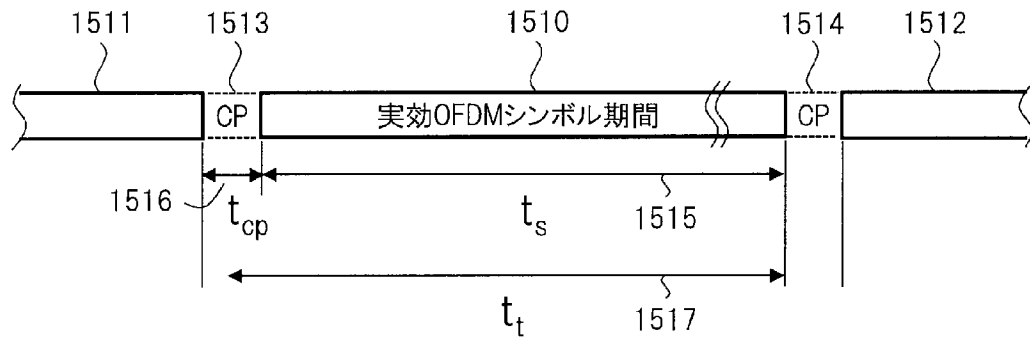


表1: LTEの5MHzサイズにおけるOFDMパラメータ

伝送帯域幅		5 MHz
占有周波数帯域幅		3.84MHz
サブフレーム時間間隔		1.0 ms
サブキャリア周波数間隔		15 kHz
FFT サイズ		512
CP 長 (μ s)	Short	(4.69)×6 (5.21)×1
	Long	(16.67)

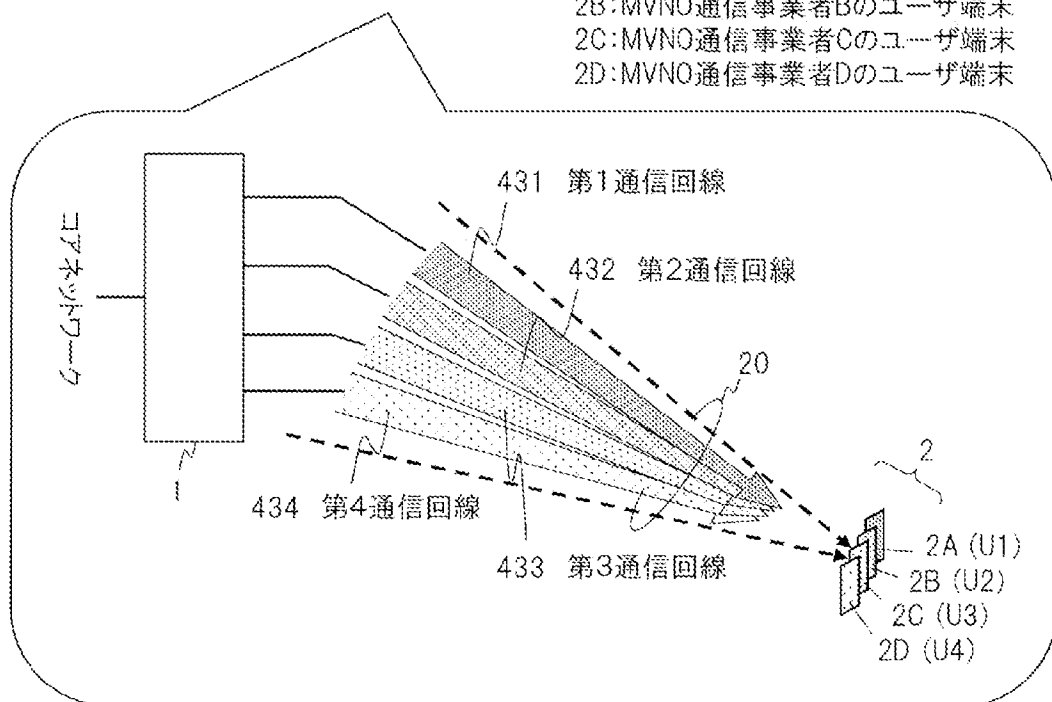
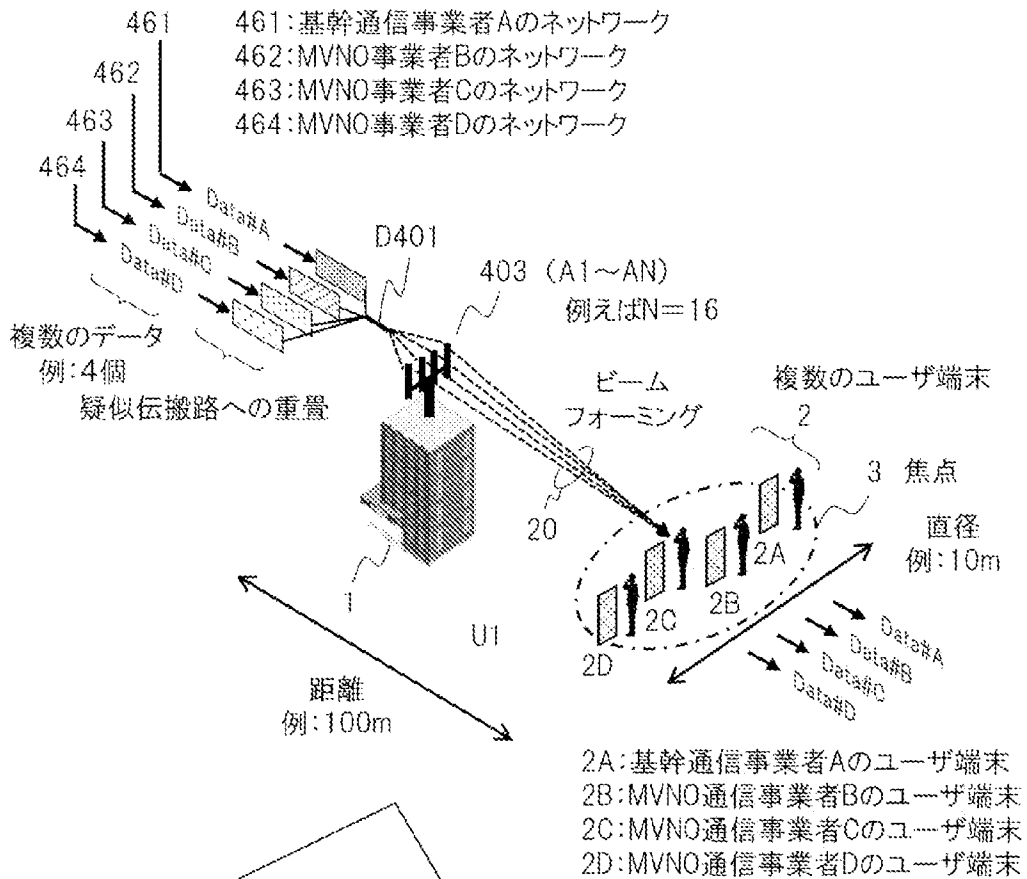
17

[illegible]

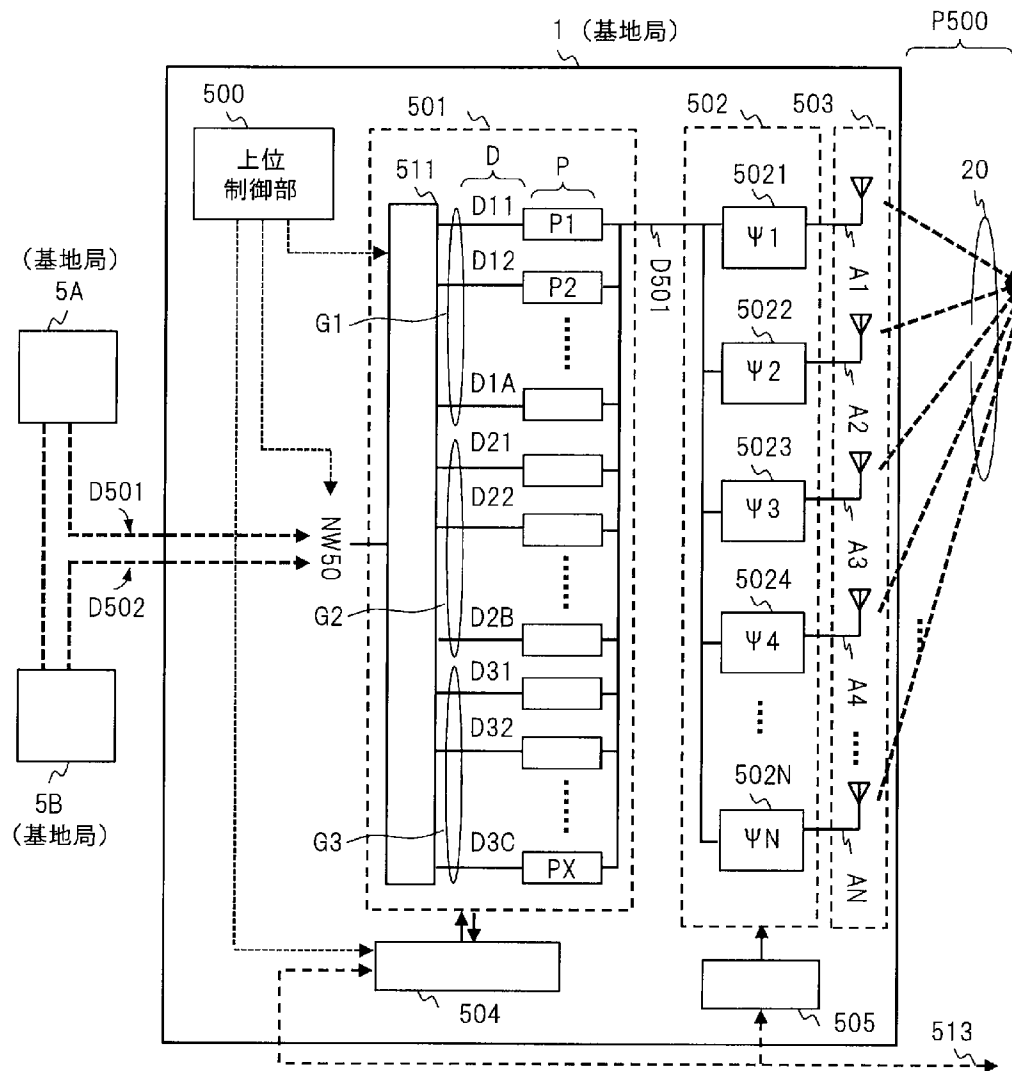
[図18]

図 18

ビームフォーミング マルチユーザ通信



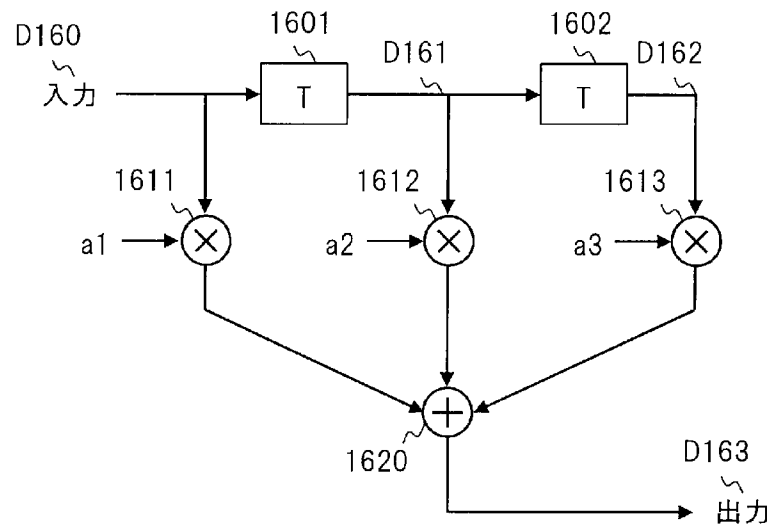
变形例 上位制御



[図20]

図 20

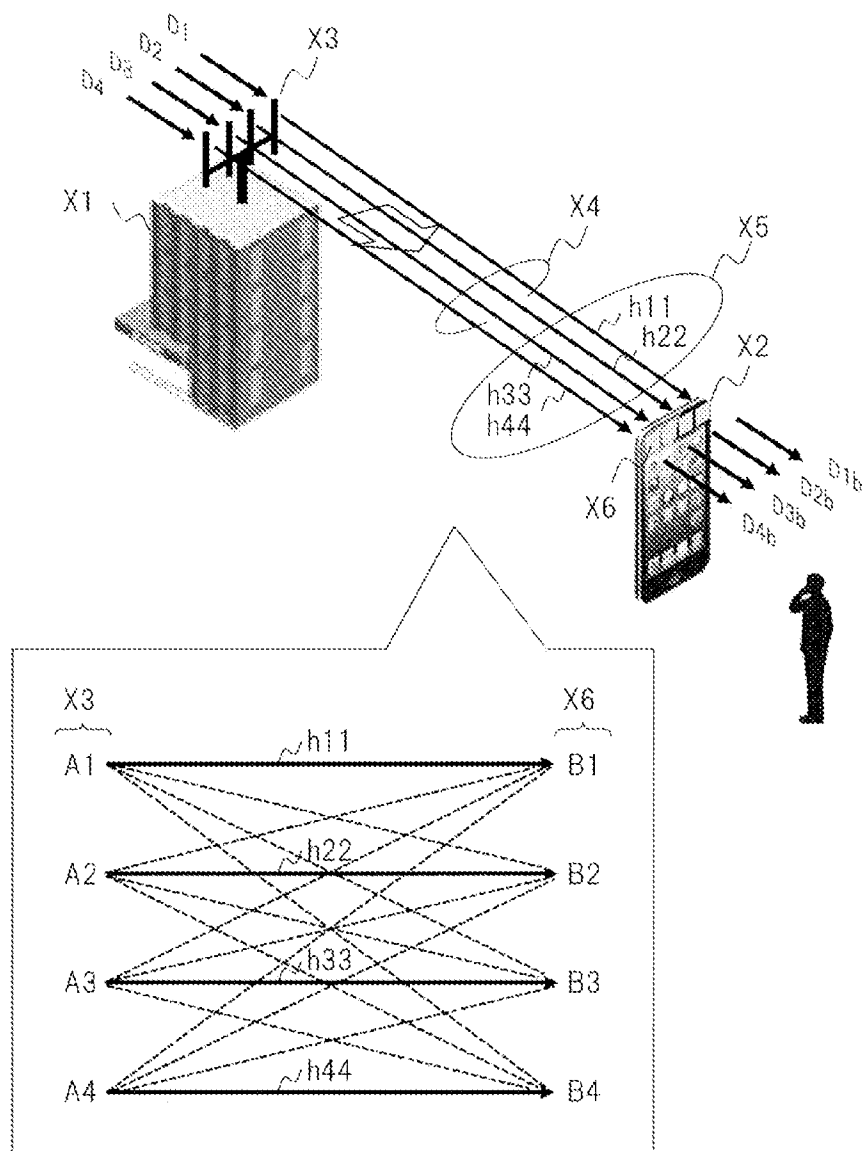
FIRフィルタ



[図21]

21

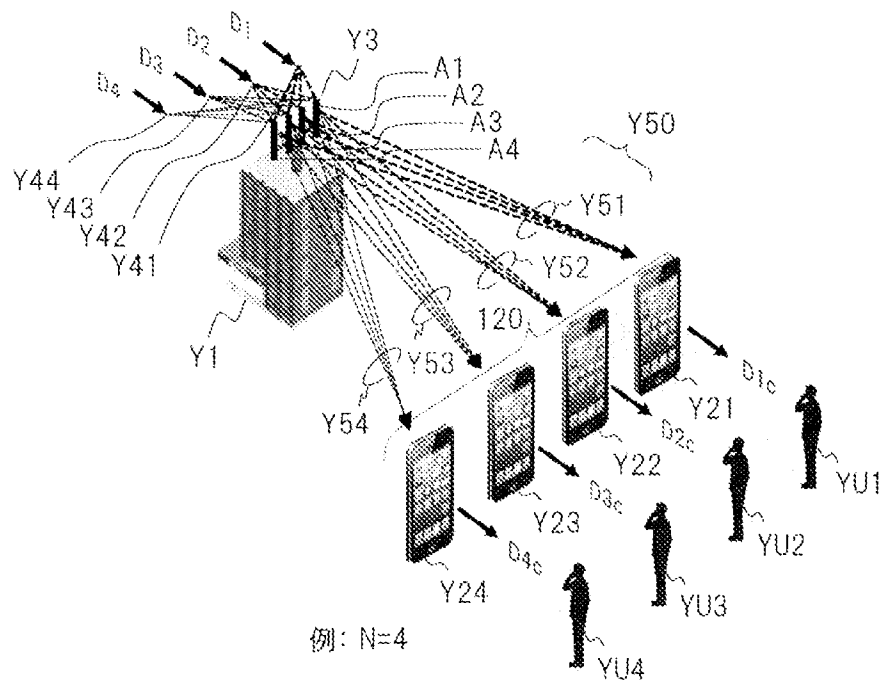
MIMO (4×4MIMO)



[図22]

図 22

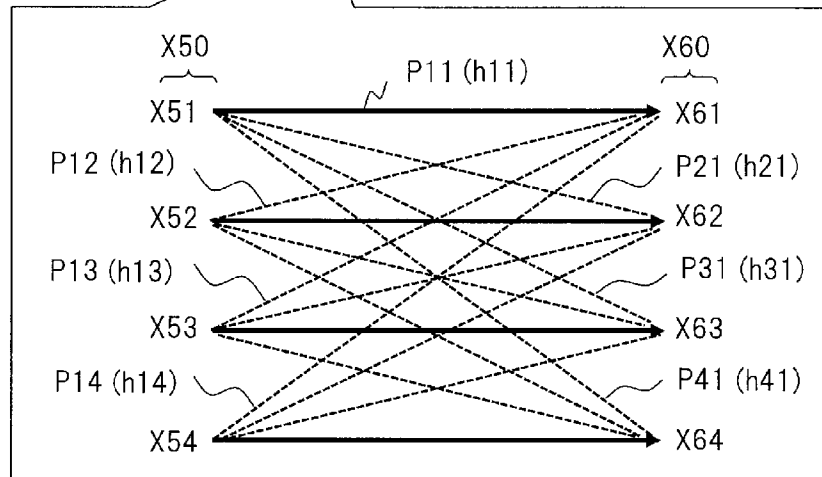
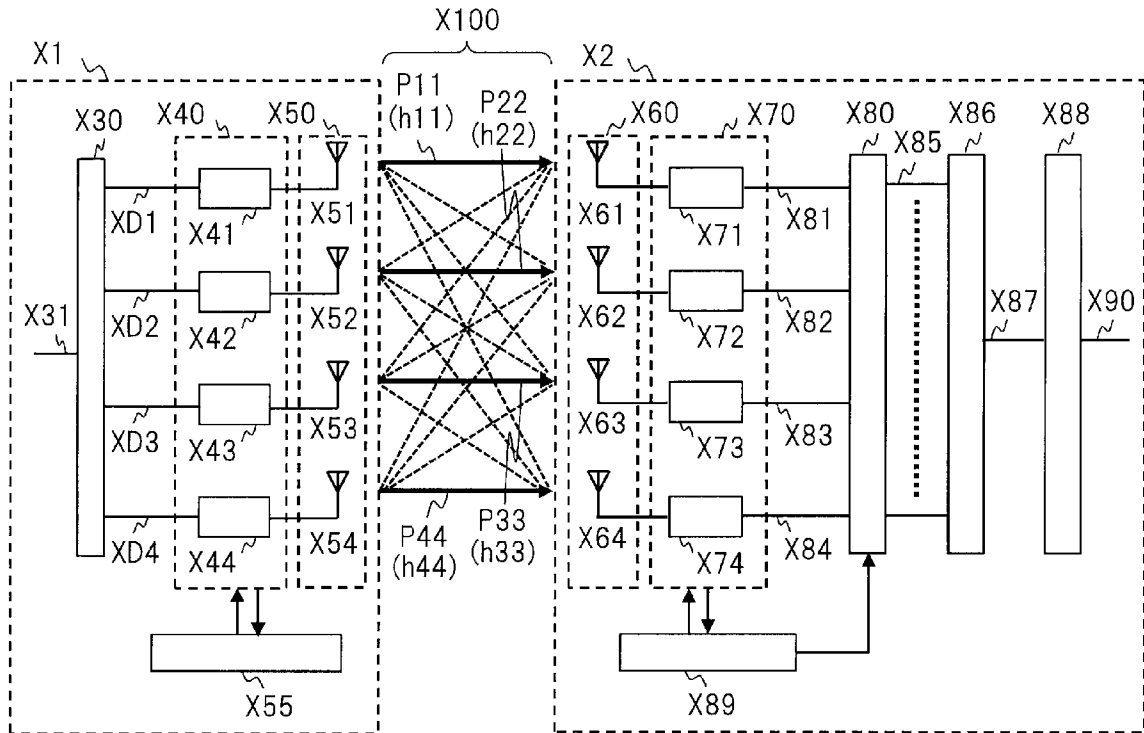
ビームフォーミング



[図23]

図 23

MIMO (4×4MIMOシステム)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/023937

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04B 7/0413 (2017.01) i; H04W 16/28 (2009.01) i; H04W 28/18 (2009.01) i
 FI: H04B7/0413; H04W16/28 110; H04W16/28 130; H04W28/18 110

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)

H04B7/0413; H04W16/28; H04W28/18

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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	原圭祐ほか, 第 6 世代移動通信に向けた新変調方式の研究 (その 2) -	1, 3-6, 11,
Y	MARIA(MIMO Applied Resource-block Interleaving Access)方式を用いた新たな通信方式の展開-, 電子情報通信学会技術研究報告, 27.02.2019 (2019-02-27), vol. 118, no. 474, pp. 49-54, ISSN 2432-6380, in particular, sections 1-5, non-official translation (HARA, Keisuke et al., "Research (2) of new modulation method for 6th generation mobile communication - Development of new communication method using MARIA (MIMO Applied Resource-block Interleaving Access) method", IEICE technical report)	13-14 2, 7-10, 12
Y	JP 57-112150 A (WESTERN ELECTRIC CO., INC.) 13.07.1982 (1982-07-13) page 3, upper right column, line 7 to lower left column, line 10, page 6, upper left column, line 18 to page 7, lower left column, line 2, fig. 1, 15	2, 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
28 August 2020 (28.08.2020)

Date of mailing of the international search report
08 September 2020 (08.09.2020)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/023937

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	瀧川マリアほか, 第 6 世代移動通信に向けた新変調方式の研究 -MARIA (MIMO Applied Resource-block Interleaving Access)方式の提案-, 電子情報通信学会技術研究報告, 11.10.2018 (2018-10-11), vol. 118, no. 254, pp. 83-88, ISSN 2432-6380, in particular, section 3, non-official translation (TAKIGAWA, Maria et al., "Research of new modulation method for 6th generation mobile communication - Proposal of new communication method using MARIA (MIMO Applied Resource-block Interleaving Access) method", IEICE technical report))	7-8
Y		9
Y	JP 6497472 B1 (YOKOSUKA TELECOM RESEARCH PARK, INC.) 10.04.2019 (2019-04-10) paragraph [0163]	10
P, X	JP 9-98155 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 08.04.1997 (1997-04-08) paragraph [0020]	1-14
	飯田彩乃ほか, 第 5 世代移動通信の課題を解決する新変調方式の研究 -ビームフォーミング機能および MIMO 機能の基本的拡張方法の提案-, 電子情報通信学会技術研究報告, 17.10.2019 (2019-10-17), vol. 119, no. 244, pp. 13-18, ISSN 2432-6380, in particular, sections 1-4, non-official translation (IIDA, Ayano et al., "Research of new modulation method for solving problem of 5th generation mobile communication - Proposal of basic method for extending brainstorming function and MIMO function", IEICE technical report)	1-14
A	太田現一郎ほか, [依頼講演] 第 6 世代移動通信に向けた新変調方式の提案 -MARIA(MIMO Applied Resource-block Interleaving Access)方式の解説-, 電子情報通信学会技術研究報告, 25.10.2018 (2018-10-25), vol. 118, no. 275, pp. 67-72, ISSN 2432-6380, in particular, sections 1-5, non-official translation (OTA, Genichiro et al., "[Requested lecture] Proposal of new modulation method for 6th generation mobile communication - Explanation of MARIA (MIMO Applied Resource-block Interleaving Access) method", IEICE technical report)	2, 12
A	US 2004/0136341 A1 (MOTOROLA, INC.) 15.07.2004 (2004-07-15) paragraphs [0020], [0022], [0024], fig. 2, 4, 6	2, 12
A		2, 12
	JP 2009-225147 A (FUJITSU LTD.) 01.10.2009 (2009-10-01) paragraphs [0015]-[0059], fig. 1	
	JP 2016-27686 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 18.02.2016 (2016-02-18) paragraphs [0031]-[0046]	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/023937

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:
See 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.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/023937

<Continuation of Box No. III>

1.

Claims 1-14 are classified into the following two inventions.

Main invention: Claims 1-2, 5-6, 9, and 11-12

Additional invention: Claims 3-4, 7-8, 10, and 13-14

2.

The main invention has the special technical feature in which a transmission device has a MIMO transmission function, a reception device has a MIMO reception function, and the characteristics of a plurality of pseudo propagation paths are generated on the basis of the characteristics of a plurality of actual propagation paths including diagonal propagation paths between a plurality of transmission antennas and a plurality of reception antennas.

The additional invention has the special technical feature in which a transmission device has a beamforming transmission function, a reception device has a beamforming reception function, and one piece of transmission data is generated through synthesis from a plurality of outputs achieved by individually uploading, on pseudo propagation paths, each of a plurality of pieces of data including a first data group and a second data group.

The main invention and the additional invention share the common technical feature of, for example, generating a pseudo propagation path to perform communication. However, the common feature shared by the two inventions do not make a contribution over the prior art, as disclosed in document:

原圭祐ほか，第6世代移動通信に向けた新変調方式の研究（その2） -MARIA (MIMO Applied Resource-block Interleaving Access) 方式を用いた新たな通信方式の展開-，電子情報通信学会技術研究報告，27.02.2019（2019-02-27），vol. 118，no. 474，pp. 49-54，ISSN 2432-6380，in particular，sections 1-5，non-official translation (HARA, Keisuke at al., "Research (2) of new modulation method for 6th generation mobile communication - Development of new communication method using MARIA (MIMO Applied Resource-block Interleaving Access) method", IEICE technical report). Thus, said feature is not considered to be special.

3.

Therefore, since the main invention and additional invention classified in above point 1. are not in technical relationship in which there are one or more identical or corresponding special technical features between the inventions, the inventions are not considered to be linked so as to form a single general inventive concept.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/023937

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 57-112150 A	13 Jul. 1982	US 4370745 A column 1, lines 35-50, column 2, lines 3-20, column 4, line 59 to column 6, line 3, fig. 1, 15 GB 2089621 A DE 3144722 A1 FR 2494528 A1	
JP 6497472 B1	10 Apr. 2019	JP 2019-220900 A WO 2019/244885 A1	
JP 9-98155 A	08 Apr. 1997	(Family: none)	
US 2004/0136341 A1	15 Jul. 2004	WO 2004/062027 A2	
JP 2009-225147 A	01 Oct. 2009	US 2009/0232244 A1 paragraphs [0049]-[0097], fig. 1	
JP 2016-27686 A	18 Feb. 2016	EP 2104241 A2 (Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H04B 7/0413(2017.01)i; H04W 16/28(2009.01)i; H04W 28/18(2009.01)i FI: H04B7/0413; H04W16/28 110; H04W16/28 130; H04W28/18 110														
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）） H04B7/0413; H04W16/28; H04W28/18														
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														
<table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2020年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2020年	日本国実用新案登録公報	1996-2020年	日本国登録実用新案公報	1994-2020年				
日本国実用新案公報	1922-1996年													
日本国公開実用新案公報	1971-2020年													
日本国実用新案登録公報	1996-2020年													
日本国登録実用新案公報	1994-2020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	原圭祐ほか、第6世代移動通信に向けた新変調方式の研究(その2) - MARIA(MIMO Applied Resource-block Interleaving Access)方式を用いた新たな通信方式の展開 - , 電子情報通信学会技術研究報告, 27.02.2019 (2019-02-27), Vol. 118, No. 474, pp. 49-54, ISSN 2432-6380, 特に第1節～第5節	1, 3-6, 11, 13-14												
Y		2, 7-10, 12												
Y	JP 57-112150 A (ウエスタン・エレクトリック・カンパニー・インコーポレーテッド) 13.07.1982 (1982-07-13) 第3ページ右上欄第7行～左下欄第10行, 第6ページ左上欄第18行～第7ページ左下欄第2行, 図1, 15	2, 12												
Y	瀧川マリアほか、第6世代移動通信に向けた新変調方式の研究 - MARIA (MIMO Applied Resource-block Interleaving Access)方式の提案 - , 電子情報通信学会技術研究報告, 11.10.2018 (2018-10-11), Vol. 118, No. 254, pp. 83-88, ISSN 2432-6380, 特に第3節	7-8												
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 28.08.2020	国際調査報告の発送日 08.09.2020													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 川口 貴裕 5K 3055 電話番号 03-3581-1101 内線 3556													

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
Y	JP 6497472 B1 (株式会社横須賀テレコムリサーチパーク) 10.04.2019 (2019 - 04 - 10) 段落[0163]	9
Y	JP 9-98155 A (松下電器産業株式会社) 08.04.1997 (1997 - 04 - 08) 段落[0020]	10
P, X	飯田彩乃ほか, 第5世代移動通信の課題を解決する新変調方式の研究 – ビームフォーミング機能およびMIMO機能の基本的拡張方法の提案 –, 電子情報通信学会技術研究報告, 17.10.2019 (2019-10-17), Vol. 119, No. 244, pp. 13-18, ISSN 2432-6380, 特に第1節～第4節	1-14
A	太田現一郎ほか, 【依頼講演】第6世代移動通信に向けた新変調方式の提案 – MARIA(MIMO Applied Resource-block Interleaving Access)方式の解説 –, 電子情報通信学会技術研究報告, 25.10.2018 (2018-10-25), Vol. 118, No. 275, pp. 67-72, ISSN 2432-6380, 特に第1節～第5節	1-14
A	US 2004/0136341 A1 (MOTOROLA, INC.) 15.07.2004 (2004 - 07 - 15) 段落[0020], [0022], [0024], 図2, 4, 6	2, 12
A	JP 2009-225147 A (富士通株式会社) 01.10.2009 (2009 - 10 - 01) 段落[0015]-[0059], 図1	2, 12
A	JP 2016-27686 A (日本電信電話株式会社) 18.02.2016 (2016 - 02 - 18) 段落[0031]-[0046]	2, 12

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。

1.

請求項1～14は、以下に示す2つの発明に区分される。

主発明：請求項1～2、5～6、9、11～12

追加発明：請求項3～4、7～8、10、13～14

2.

主発明は、送信装置がMIMO送信機能を有し、受信装置がMIMO受信機能を有し、複数の送信アンテナと複数の受信アンテナとの間の対角線上の伝搬路を含む複数の実伝搬路の特性に基づいて複数の疑似伝搬路の特性を生成する、という特別な技術的特徴を有する。

追加発明は、送信装置がビームフォーミング送信機能を有し、受信装置がビームフォーミング受信機能を有し、第1データ群と第2データ群とを含む複数のデータにおける各データを疑似伝搬路に個別に載せた複数の出力から合成によって1つの送信データを作成する、という特別な技術的特徴を有する。

主発明と追加発明とは、例えば疑似伝搬路を生成して通信を行うことなどといった、共通した技術的特徴を有しているが、両発明に共通した技術的特徴は、文献：

原佳祐ほか、第6世代移動通信に向けた新変調方式の研究(その2)－MARIA(MIMO Applied Resource-block Interleaving Access)方式を用いた新たな通信方式の展開－，電子情報通信学会技術研究報告，27.02.2019 (2019-02-27)，Vol. 118，No. 474，pp. 49-54，ISSN 2432-6380，特に第1節～第5節に示されているように、先行技術に対する貢献をするものではないから、特別な技術的特徴とはいえない。

3.

よって、上記1. で区分した主発明及び追加発明は、互いに、一または二以上の同一または対応する特別な技術的特徴を含む技術的な関係にないから、単一の一般的発明概念を形成するように連関しているものとは認められない。

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ため、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ため、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。

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/023937

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	57-112150	A	13.07.1982	US 4370745 A 第1欄第35行～第50行, 第2 欄第3行～第20行, 第4欄第 59行～第6欄第3行, 図1, 15	
				GB 2089621 A	
				DE 3144722 A1	
				FR 2494528 A1	
JP	6497472	B1	10.04.2019	JP 2019-220900 A WO 2019/244885 A1	
JP	9-98155	A	08.04.1997	(ファミリーなし)	
US	2004/0136341	A1	15.07.2004	WO 2004/062027 A2	
JP	2009-225147	A	01.10.2009	US 2009/0232244 A1 段落[0049]-[0097], 図1	
				EP 2104241 A2	
JP	2016-27686	A	18.02.2016	(ファミリーなし)	