(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
2023年10月19日(19.10.2023)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2023/199461 A1

(51) 国際特許分類:
H04J 99/00 (2009.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2022/017774

(22) 国際出願日： 2022年4月14日(14.04.2022)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (**NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目５番１号 Tokyo (JP).

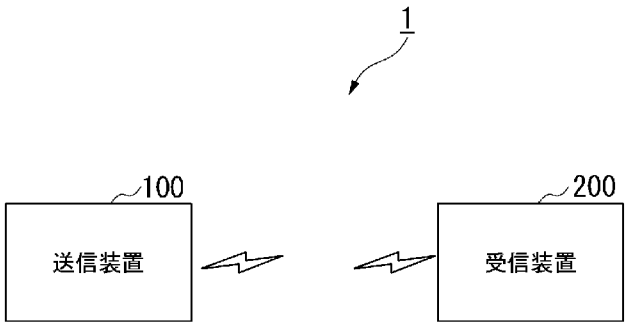
(72) 発明者: 景山 知哉 (**KAGEYAMA Tomoya**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP). 李斗煥(**LEE Doohwan**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP). 芝 宏礼(**SHIBA Hiroyuki**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP). 平賀 健(**HIRAGA Ken**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP). 増野 淳(**MASHINO Jun**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP). 笹木 裕文(**SASAKI Hirofumi**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP). 伊藤 穂乃花(**ITO Honoka**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP). 八木 康徳(**YAGI Yasunori**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人 志賀国際特許事務所 (**SHIGA INTERNATIONAL PATENT**

(54) **Title:** WIRELESS COMMUNICATION METHOD, WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM, TRANSMISSION DEVICE, AND RECEPTION DEVICE

(54) 発明の名称： 無線通信方法、無線通信システム、送信装置及び受信装置

[図1]



100 Transmission device
200 Reception device

(57) **Abstract:** A transmission device according to the present invention comprises a phase offset derivation unit that derives a phase offset amount for each orbital angular momentum mode such that the locations of signal points will not overlap, a phase offset application unit that applies offsets of the phase offset amounts to signals associated with the orbital angular momentum modes, a mode generation unit that generates signals for the orbital angular momentum modes from the signals associated with the orbital angular momentum modes to which the offsets of the phase offset amounts were applied and multiplexes the signals generated for the orbital angular momentum modes at each of a plurality of antenna elements, and an antenna array that transmits the multiplexed signals for the orbital angular momentum modes from the plurality of antenna elements.

WO 2023/199461 A1

［続葉有］

OFFICE); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目９番２号 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, 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, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, 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, SC, 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)）

(57) 要約：送信装置は、信号点の位置が互いに重ならないように、位相オフセット量を軌道角運動量モードごとに導出する位相オフセット導出部と、各軌道角運動量モードに対応付けられた信号に、位相オフセット量のオフセットを与える位相オフセット付与部と、位相オフセット量のオフセットが与えられた各軌道角運動量モードに対応付けられた信号から、各軌道角運動量モードの信号を生成し、生成された各軌道角運動量モードの信号を、複数のアンテナ素子を構成するアンテナ素子ごとに多重するモード生成部と、多重された各軌道角運動量モードの信号を、複数のアンテナ素子から送信するアレーアンテナとを備える。

明　細　書

発明の名称 ：

無線通信方法、無線通信システム、送信装置及び受信装置

技術分野

[0001] 本発明は、無線通信方法、無線通信システム、送信装置及び受信装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、軌道角運動量（OAM ： Orbital Angular Momentum）モードに応じて空間多重された無線信号の伝送（ＯＡＭ多重伝送）が、通信容量の向上を目的として検討されている（非特許文献１参照）。ＯＡＭを有する電磁波では、電磁波の伝搬軸に沿って等位相面が螺旋状に分布する。以下、軌道角運動量を有する電磁波の等位相面の位相回転数を「ＯＡＭモード」という。同一方向に伝搬する電磁波は、ＯＡＭモードごとに直交性を有する。このため、送信装置は、各ＯＡＭモードの無線信号を空間多重することが可能である。受信装置は、各ＯＡＭモードの無線信号に基づいて、異なるデータ系列の変調信号を各ＯＡＭモードの無線信号から分離する。

[0003] ＯＡＭ多重伝送では、等間隔円形アレーアンテナ（UCA ： Uniform circular array）が、多重された各ＯＡＭモードの無線信号（ＯＡＭモード信号）を送信する（非特許文献２参照）。多重された各ＯＡＭモードの信号の生成には、離散フーリエ変換（DFT ： Discrete Fourier transform）行列が用いられる。各ＯＡＭモードの信号の分離には、逆離散フーリエ変換（IDF ： Inverse DFT）行列が用いられる。

[0004] また、ＭＩＭＯ（Multiple Input Multiple Output）方式の無線信号のピーク電力対平均電力比（PAPR ： Peak-to-average power ratio）を低減する技術が提案されている（非特許文献３参照）。

先行技術文献

非特許文献

[0005] 非特許文献1：J. Wang et. al., ”Terabit free-space data transmission employing orbital angular momentum multiplexing,” Nature Photonics, vol.6, pp.488-496, July 2012.

非特許文献2：Y. Yan, et. al., ”High-capacity millimetre-wave communications with orbital angular momentum multiplexing,” Nature Communications, vol.5, DOI: 10.1038/ncomms5876, Sept. 2014.

非特許文献3：S.H.Han et.al., “An overview of peak-to-average power ratio reduction techniques for multicarrier transmission,” IEEE Wireless Communications, vol.12., Issue.2., pp.56-65., Apr. 2005.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ＯＡＭ多重伝送では、送信装置が、複数のＯＡＭモードの無線信号（変調信号）を空間多重する。ここで、信号のコンステレーション（信号点群）において、異なるＯＡＭモードの信号点の位置が重なった場合、送信される無線信号のピーク電力対平均電力比（PAPR）は高くなる。ピーク電力対平均電力比が高い無線信号から変換された電力信号を送信装置の増幅器が増幅する場合、増幅器に入力される電力信号のバックオフが所定値以上となるように調整される必要がある。バックオフが所定値以上となるように調整されることによって、送信装置の増幅器から出力される電力信号の電力の低下が問題となる。また、送信電力の低下は受信機側の信号対雑音比（SNR : Signal-to-Noise ratio）の低下につながるので、信号品質が劣化する。

[0007] また、ＭＩＭＯ方式の無線信号のピーク電力対平均電力比を低減する技術は、ＯＡＭ多重伝送にも適用可能である。しかしながら、空間的な直交性が維持された上でピーク電力対平均電力比が低減されるためには、反復演算の実行が必要であることから、演算量が膨大となるという問題がある。

[0008] 上記事情に鑑み、本発明は、演算量が膨大となることを抑制した上で、軌道角運動量モードに応じて空間多重された無線信号のピーク電力対平均電力比を低減することが可能である無線通信方法、無線通信システム、送信装置

及び受信装置を提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明の一態様は、送信装置と受信装置とを有する無線通信システムが実行する無線通信方法であって、前記送信装置は、信号点の位置が互いに重ならないように、位相オフセット量を軌道角運動量モードごとに導出し、各軌道角運動量モードに対応付けられた信号に、前記位相オフセット量のオフセットを与え、前記位相オフセット量のオフセットが与えられた前記各軌道角運動量モードに対応付けられた信号から、前記各軌道角運動量モードの信号を生成し、生成された前記各軌道角運動量モードの信号を、複数のアンテナ素子を構成するアンテナ素子ごとに多重し、多重された前記各軌道角運動量モードの信号を、前記複数のアンテナ素子から送信し、前記受信装置は、多重された前記各軌道角運動量モードの信号を受信し、多重された前記各軌道角運動量モードの信号から、前記各軌道角運動量モードの信号を分離し、前記各軌道角運動量モードに対応付けられた信号を前記各軌道角運動量モードの信号から生成し、信号点の位置が互いに重ならないように軌道角運動量モードごとに導出された位相オフセット量のオフセットを、前記各軌道角運動量モードに対応付けられた信号から除去し、前記オフセットが除去された前記各軌道角運動量モードに対応付けられた信号に対して、所定の受信信号処理を実行する、無線通信方法である。

[0010] 本発明の一態様は、送信装置と受信装置とを有する無線通信システムであって、前記送信装置は、信号点の位置が互いに重ならないように、位相オフセット量を軌道角運動量モードごとに導出する位相オフセット導出部と、各軌道角運動量モードに対応付けられた信号に、前記位相オフセット量のオフセットを与える位相オフセット付与部と、前記位相オフセット量のオフセットが与えられた前記各軌道角運動量モードに対応付けられた信号から、前記各軌道角運動量モードの信号を生成し、生成された前記各軌道角運動量モードの信号を、複数のアンテナ素子を構成するアンテナ素子ごとに多重するモード生成部と、多重された前記各軌道角運動量モードの信号を、前記複数の

アンテナ素子から送信するアレーアンテナとを備え、前記受信装置は、多重された前記各軌道角運動量モードの信号を取得するアレーアンテナと、多重された前記各軌道角運動量モードの信号から、前記各軌道角運動量モードの信号を分離し、前記各軌道角運動量モードに対応付けられた信号を前記各軌道角運動量モードの信号から生成するモード分離部と、信号点の位置が互いに重ならないように軌道角運動量モードごとに導出された位相オフセット量のオフセットを、前記各軌道角運動量モードに対応付けられた信号から除去し、前記オフセットが除去された前記各軌道角運動量モードに対応付けられた信号に対して、所定の受信信号処理を実行する受信信号処理部と無線通信システムである。

[0011] 本発明の一態様は、信号点の位置が互いに重ならないように、位相オフセット量を軌道角運動量モードごとに導出する位相オフセット導出部と、各軌道角運動量モードに対応付けられた信号に、前記位相オフセット量のオフセットを与える位相オフセット付与部と、前記位相オフセット量のオフセットが与えられた前記各軌道角運動量モードに対応付けられた信号から、前記各軌道角運動量モードの信号を生成し、生成された前記各軌道角運動量モードの信号を、複数のアンテナ素子を構成するアンテナ素子ごとに多重するモード生成部と、多重された前記各軌道角運動量モードの信号を、前記複数のアンテナ素子から送信するアレーアンテナとを備える送信装置である。

[0012] 本発明の一態様は、多重された各軌道角運動量モードの信号を取得するアレーアンテナと、多重された前記各軌道角運動量モードの信号から、前記各軌道角運動量モードの信号を分離し、前記各軌道角運動量モードに対応付けられた信号を前記各軌道角運動量モードの信号から生成するモード分離部と、信号点の位置が互いに重ならないように軌道角運動量モードごとに導出された位相オフセット量のオフセットを、前記各軌道角運動量モードに対応付けられた信号から除去し、前記オフセットが除去された前記各軌道角運動量モードに対応付けられた信号に対して、所定の受信信号処理を実行する受信信号処理部とを備える受信装置である。

発明の効果

[0013] 本発明により、演算量が膨大となることを抑制した上で、軌道角運動量モードに応じて空間多重された無線信号のピーク電力対平均電力比を低減することが可能である。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]実施形態における、無線通信システムの構成例を示す図である。

[図2]実施形態における、送信装置の構成例を示す図である。

[図3]実施形態における、受信装置の構成例を示す図である。

[図4]実施形態における、ＯＡＭモードの例を示す図である。

[図5]実施形態における、送信制御装置の構成例を示す図である。

[図6]実施形態における、位相オフセット導出装置の構成例を示す図である。

[図7]実施形態における、ルックアップテーブルの例を示す図である。

[図8]実施形態における、位相オフセット量の導出例を示す図である。

[図9]実施形態における、オフセット処理の第１例を示す図である。

[図10]実施形態における、オフセット処理の第２例を示す図である。

[図11]実施形態における、ＯＡＭモード生成装置とＲＦチェーンとＵＣＡとの接続例を示す図である。

[図12]実施形態における、オフセット除去処理の例を示す図である。

[図13]実施形態における、位相オフセット量の導出動作の例を示すフローチャートである。

[図14]実施形態における、送信装置の動作例を示すフローチャートである。

[図15]実施形態における、受信装置の動作例を示すフローチャートである。

[図16]実施形態における、通信装置のハードウェア構成例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0015] 本発明の実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。

図１は、実施形態における、無線通信システム１の構成例を示す図である。無線通信システム１は、電磁波のＯＡＭモードに応じて空間多重された無線信号を伝送する通信システムである。無線通信システム１は、送信装置１

００と、受信装置２００とを備える。

[0016] 送信装置１００は、送信側の無線通信装置である。送信装置１００は、移動しない無線通信装置（基地局）でもよいし、移動する無線通信装置（移動通信端末）でもよい。送信装置１００は、電磁波のＯＡＭモードに応じて空間多重された無線信号を、送信装置１００の等間隔円形アレーアンテナ（ＵＣＡ）から送信する。また、送信装置１００は、各ＯＡＭモードの信号の位相オフセット量を、受信装置２００に通知する。

[0017] 受信装置２００は、受信側の無線通信装置である。受信装置２００は、移動しない無線通信装置でもよいし、移動する無線通信装置でもよい。受信装置２００は、送信装置１００から送信された無線信号を、受信装置２００の等間隔円形アレーアンテナで受信する。受信装置２００は、受信された無線信号を電力信号に変換する。受信装置２００は、変換された電力信号から、変調信号をＯＡＭモードごとに分離する。受信装置２００は、各ＯＡＭモードの変調信号から、各ＯＡＭモードに対応付けられた変調信号を生成する。

[0018] 受信装置２００は、受信装置２００から通知された位相オフセット量に基づいて、各ＯＡＭモードに対応付けられた変調信号から、位相オフセット量のオフセットを除去する。受信装置２００は、オフセットが除去された各ＯＡＭモードの変調信号に対して、復調処理を実行する。

[0019] 図２は、実施形態における、送信装置１００の構成例を示す図である。送信装置１００は、送信制御装置１１０（送信制御部）と、送信信号処理装置１２０（送信信号処理部）と、位相オフセット導出装置１３０（位相オフセット導出部）と、位相オフセット通知装置１４０（位相オフセット通知部）と、位相オフセット付与装置１５０（位相オフセット付与部）と、ＯＡＭモード生成装置１６０（モード生成部）と、ＲＦチェーン（Radio frequency chain）１７０（増幅部）と、ＵＣＡ１８０（アレーアンテナ）とを備える。

[0020] 送信制御装置１１０は、通信パラメータを決定する。通信パラメータは、例えば、モード多重数（多重される信号のＯＡＭモードの個数）と、ＯＡＭモードのインデックス（例えば、０，１，－１，２，－２，３，－３，４）

と、変調多値数（１シンボル当たりで送信されるビット数）とである。モード多重数の最大値は、アンテナ素子の個数に等しい。送信制御装置１１０は、送信信号処理装置１２０と位相オフセット導出装置１３０とＯＡＭモード生成装置１６０とに、通信パラメータ（通信パラメータ指定用の信号）を出力する。

[0021] 送信信号処理装置１２０には、所定のデータ系列が入力される。送信信号処理装置１２０は、通信パラメータを送信制御装置１１０から取得する。送信信号処理装置１２０は、通信パラメータに基づいて、各ＯＡＭモード対応のデジタル信号を生成する。送信信号処理装置１２０は、各ＯＡＭモード対応のデジタル信号を、各ＯＡＭモード対応のアナログ信号に変換する。

[0022] 送信信号処理装置１２０（コンバータ）は、各ＯＡＭモード対応のアナログ信号の周波数を、無線信号の搬送波の周波数帯に変換する。これによって、送信信号処理装置１２０は、各ＯＡＭモード対応の信号（各ＯＡＭモードに対応付けられた信号）を生成する。送信信号処理装置１２０は、各ＯＡＭモード対応の信号を、位相オフセット付与装置１５０に出力する。

[0023] 位相オフセット導出装置１３０は、通信パラメータ（通信パラメータ指定用の信号）に基づいて、各ＯＡＭモードの信号の位相オフセット量を導出する。位相オフセット導出装置１３０は、無線信号のピーク電力対平均電力比（PAPR）を低減するように、例えばＯＡＭモード及びモード多重数に基づいて、各ＯＡＭモードの信号の位相オフセット量を導出する。

[0024] ここで、位相オフセット導出装置１３０は、ＵＣＡ１８０の全てのアンテナ素子から送信される無線信号のピーク電力対平均電力比を低減するように、各ＯＡＭモードの信号の位相オフセット量を導出してもよい。位相オフセット導出装置１３０は、ＵＣＡ１８０の特定のアンテナ素子から送信される無線信号のピーク電力対平均電力比を低減するように、各ＯＡＭモードの信号の位相オフセット量を導出してもよい。

[0025] 位相オフセット導出装置１３０は、各ＯＡＭモードの信号の位相オフセット量を表す情報を、位相オフセット通知装置１４０と位相オフセット付与装

置１５０とに出力する。

[0026] 位相オフセット通知装置１４０は、位相オフセット導出装置１３０から入力された位相オフセット量を表す情報を、所定の通知形式の情報に変換する。位相オフセット通知装置１４０は、例えばバックボーン回線（不図示）を介して、各ＯＡＭモードの信号の位相オフセット量を表す情報を、所定の通知形式で受信装置２００に通知する。

[0027] 位相オフセット付与装置１５０（オフセット処理装置）は、位相オフセット導出装置１３０から通知された位相オフセット量のオフセット処理（オフセットの付与）を、各ＯＡＭモード対応の信号に対して実行する。位相オフセット付与装置１５０は、オフセットが付与された各ＯＡＭモード対応の信号を、ＯＡＭモード生成装置１６０に出力する。

[0028] ＯＡＭモード生成装置１６０は、通信パラメータを送信制御装置１１０から取得する。ＯＡＭモード生成装置１６０は、オフセットが付与された各ＯＡＭモード対応の信号を、位相オフセット付与装置１５０から取得する。ＯＡＭモード生成装置１６０は、通信パラメータを用いて指定された各ＯＡＭモードの信号を、オフセットが付与された各ＯＡＭモード対応の信号から生成する。なお、ピーク電力対平均電力比が低減されるのであれば、位相オフセット量は０でもよい。

[0029] ここで、ＯＡＭモード生成装置１６０は、各ＯＡＭモードの信号に対して離散フーリエ変換行列を用いて、通信パラメータを用いて指定された各ＯＡＭモードの信号（ＯＡＭ信号）を生成する。ＯＡＭモード生成装置１６０は、生成された各ＯＡＭモードの信号を、離散フーリエ変換行列を用いて、ＵＣＡ１８０のアンテナ素子ごとに多重する。ＯＡＭモード生成装置１６０は、多重された各ＯＡＭモードの信号（多重ＯＡＭ信号）を、ＲＦチェーン１７０に出力する。

[0030] ＲＦチェーン１７０（ＲＦ処理部）は、周波数変換器と、フィルタと、増幅器とを備える。ＲＦチェーン１７０は、多重された各ＯＡＭモードの信号に対して、例えば、周波数変換、帯域制限及び増幅処理を実行する。ＲＦチ

ェーン１７０は、増幅処理後の多重された各ＯＡＭモードの信号（電力信号）を、ＵＣＡ１８０に出力する。

[0031] ＵＣＡ１８０は、等間隔円形アレーアンテナである。等間隔円形アレーアンテナでは、複数（M個）のアンテナ素子が、等間隔で円状に配置されている。ＵＣＡ１８０は、増幅処理の実行後の多重された各ＯＡＭモードの信号に基づいて、電磁波のＯＡＭモードに応じて空間多重された無線信号を送信する。

[0032] 図３は、実施形態における、受信装置２００の構成例を示す図である。受信装置２００は、ＵＣＡ２１０（アレーアンテナ）と、ＲＦチェーン２２０（増幅部）と、ＯＡＭモード分離装置２３０（モード分離部）と、位相オフセット取得装置２４０（位相オフセット取得部）と、受信信号処理装置２５０と、復調器２６０とを備える。

[0033] ＵＣＡ２１０は、等間隔円形アレーアンテナである。等間隔円形アレーアンテナでは、複数（M個）のアンテナ素子が、等間隔で円状に配置されている。ＵＣＡ２１０は、電磁波のＯＡＭモードに応じて空間多重された無線信号を、ＵＣＡ１８０から受信（取得）する。ＵＣＡ２１０は、受信された無線信号に応じた多重された各ＯＡＭモードの信号（電力信号）を、ＲＦチェーン２２０に出力する。

[0034] ＲＦチェーン２２０（ＲＦ処理部）は、多重された各ＯＡＭモードの信号に対して、例えば、増幅処理及び帯域制限を実行する。ＲＦチェーン２２０は、多重された各ＯＡＭモードの信号に対して、周波数変換処理を実行してもよい。ＲＦチェーン２２０は、増幅処理後の多重された各ＯＡＭモードの信号（電力信号）を、ＯＡＭモード分離装置２３０に出力する。

[0035] ＯＡＭモード分離装置２３０は、多重された各ＯＡＭモードの信号に対して逆離散フーリエ変換行列を用いて、多重された各ＯＡＭモードの信号から、各ＯＡＭモードの信号を分離する。ＯＡＭモード分離装置２３０は、逆離散フーリエ変換行列を用いて、各ＯＡＭモード対応の信号を各ＯＡＭモードの信号から生成する。ＯＡＭモード分離装置２３０は、各ＯＡＭモード対応

の信号を、受信信号処理装置２５０に出力する。

[0036] 位相オフセット取得装置２４０は、所定の通知形式で位相オフセット通知装置１４０から通知された位相オフセット量を表す情報を、受信信号処理装置２５０に出力する。

[0037] 受信信号処理装置２５０は、所定の受信信号処理を実行する装置である。受信信号処理装置２５０は、位相オフセット量を表す情報を、位相オフセット取得装置２４０から取得する。受信信号処理装置２５０は、通知された位相オフセット量に基づいて、各ＯＡＭモード対応の信号から、位相オフセット量のオフセットをＯＡＭモードごとに除去する。受信信号処理装置２５０は、オフセットが除去された各ＯＡＭモード対応の信号に対して、所定の受信信号処理を実行する。これによって、受信信号処理装置２５０は、各ＯＡＭモード対応の変調信号を生成する。受信信号処理装置２５０は、各ＯＡＭモード対応の変調信号を、復調器２６０に出力する。復調器２６０は、各ＯＡＭモード対応の変調信号に対して、所定の復調処理を実行する。

[0038] 次に、ＯＡＭモードの詳細について説明する。

図４は、実施形態における、ＯＡＭモードの例を示す図である。ＯＡＭモード生成装置１６０は、ＲＦチェーン１７０を介してＵＣＡ１８０の各アンテナ素子に入力される電力信号に、離散フーリエ変換行列を用いて位相差を与える。これによって、ＯＡＭモード生成装置１６０は、多重された各ＯＡＭモードの信号を生成する。

[0039] ＯＡＭモード生成装置１６０は、ＯＡＭモード「ｎ」の信号の位相が「ｎ」回転するように、ＵＣＡ１８０の各アンテナ素子に入力される信号に、隣接するアンテナ素子の間の位相差を与えることによって、ＯＡＭモード「ｎ」の信号を生成する。

[0040] 例えば、ＵＣＡ１８０の８個のアンテナ素子に供給されるＯＡＭモード２の信号が生成される場合、ＯＡＭモード生成装置１６０は、ＯＡＭモード２の信号の位相が２回転するように、０度と９０度と１８０度と２７０度と、０度と９０度と１８０度と２７０度との各位相差を、時計回りの順でアンテ

ナ素子に与える。

[0041] 次に、送信装置１００の詳細について説明する。

図５は、実施形態における、送信制御装置１１０の構成例を示す図である。送信制御装置１１０は、特性情報取得部１１１と、送信ＯＡＭモード決定部１１２と、多重数決定部１１３と、送信信号パラメータ決定部１１４とを備える。

[0042] 特性情報取得部１１１は、通信特性情報を取得する装置である。通信特性情報は、送信装置１００と受信装置２００との間の通信の特性を表す情報である。通信特性情報が表す特性は、例えば、送信装置１００と受信装置２００との間の距離（以下「送受信間距離」という。）と、受信信号電力対干渉雑音電力比（SINR：Signal-to-interference and noise ratio）と、ＯＡＭモードの信号間の干渉の特性とである。

[0043] 送信ＯＡＭモード決定部１１２は、例えば送受信間距離及び受信信号電力対干渉雑音電力比に基づいて、送信される信号のＯＡＭモード（以下「送信ＯＡＭモード」という。）を決定する。多重数決定部１１３は、例えば送受信間距離及び受信信号電力対干渉雑音電力比に基づいて、モード多重数を決定する。

[0044] 送信信号パラメータ決定部１１４は、例えば送受信間距離及び受信信号電力対干渉雑音電力比に基づいて、変調多値数及び符号化率等の送信信号パラメータを決定する。送信制御装置１１０における、送信ＯＡＭモードの決定と、モード多重数の決定と、送信信号パラメータの決定との順番は、任意である。

[0045] 図６は、実施形態における、位相オフセット導出装置１３０の構成例を示す図である。位相オフセット導出装置１３０は、パラメータ取得部１３１と、位相オフセット保持部１３２と、アルゴリズム実行部１３３と、位相オフセット報知部１３４とを備える。

[0046] パラメータ取得部１３１は、アンテナ素子数と、モード多重数と、ＯＡＭモードのインデックスとを、通信パラメータとして送信制御装置１１０から

取得する。パラメータ取得部１３１は、アンテナ素子数と、モード多重数と、ＯＡＭモードのインデックスとを、通信パラメータとして位相オフセット保持部１３２に出力する。

[0047] 位相オフセット保持部１３２は、ルックアップテーブル（LUT: Lookup table）を予め保持する。位相オフセット保持部１３２は、ピーク電力対平均電力比を低減する位相オフセット量を、アンテナ素子数とモード多重数とＯＡＭモードのインデックスに基づいて、ルックアップテーブルから取得する。例えば、位相オフセット保持部１３２は、ピーク電力対平均電力比を最小にするための位相オフセット量を、ＯＡＭモードごとにルックアップテーブルから取得する。ＯＡＭモードごとに取得された位相オフセット量は、各ＯＡＭモード対応の信号に与えられる。位相オフセット保持部１３２は、ルックアップテーブルから取得された位相オフセット量を表す情報を、位相オフセット報知部１３４に出力する。

[0048] パラメータ取得部１３１によって取得された通信パラメータに対応する位相オフセット量の情報をルックアップテーブルが保持していない場合、位相オフセット保持部１３２は、アンテナ素子数とモード多重数とＯＡＭモードのインデックスとを、アルゴリズム実行部１３３に出力する。位相オフセット保持部１３２は、ピーク電力対平均電力比を低減する位相オフセット量を表す情報と、アンテナ素子数と、モード多重数と、ＯＡＭモードのインデックスとを、応答として、アルゴリズム実行部１３３から取得する。位相オフセット保持部１３２は、ピーク電力対平均電力比を低減する位相オフセット量を表す情報を、アンテナ素子数とモード多重数とＯＡＭモードのインデックスとの組み合わせに対応付けて、ルックアップテーブルに登録する。これによって、ルックアップテーブルが更新される。

[0049] 図７は、実施形態における、ルックアップテーブルの例を示す図である。図７では、一例として、アンテナ素子数「８」と、モード多重数「８」と、ＯＡＭモードのインデックス「［０，１，－１，２，－２，３，－３，４］」との組み合わせについてのみ、ルックアップテーブルは、位相オフセット

量を保持している。

[0050] 図６に戻り、位相オフセット導出装置１３０の構成例の説明を続ける。アルゴリズム実行部１３３は、アンテナ素子数とモード多重数とＯＡＭモードのインデックスとを位相オフセット保持部１３２から取得した場合、アンテナ素子数とモード多重数とＯＡＭモードのインデックスとに基づいて、ピーク電力対平均電力比を低減する位相オフセット量を導出する。

[0051] なお、アルゴリズム実行部１３３は位相オフセット量を毎回導出してもよいし、位相オフセット保持部１３２が位相オフセット量をルックアップテーブルから毎回取得してもよい。

[0052] 位相オフセット報知部１３４は、ピーク電力対平均電力比を低減する位相オフセット量を、ＯＡＭモードごとに位相オフセット通知装置１４０及び位相オフセット付与装置１５０に出力する。

[0053] 次に、位相オフセット量の導出例について説明する。

図８は、実施形態における、位相オフセット量の導出例を示す図である。一例として、アンテナ素子数「８」と、モード多重数「８」と、ＯＡＭモードのインデックス「［０，１，－１，２，－２，３，－３，４］」とについて、位相オフセット量の導出例を説明する。

[0054] アルゴリズム実行部１３３は、各ＯＡＭモード対応の信号がＯＡＭモードに応じて多重された場合における、隣接するアンテナ素子間の位相差「Δφ（ｌ）」を導出する。位相差「Δφ（ｌ）」（度）は、式（１）のように表される。

[0055] $\Delta\phi(l) = |m(l)/M \times 360|$ …（１）

[0056] ここで、「ｍ（ｌ）」は、ＯＡＭモード「０，１，－１，…」を表す。「ｌ」は、ＯＡＭモードのインデックスを表す。図８では、各ＯＡＭモードのアンテナ素子間の位相差は、「Δφ（ｌ）＝［０，４５，４５，９０，９０，１３５，１３５，１８０］」である。

[0057] アルゴリズム実行部１３３は、位相差「Δφ（ｌ）」を「９０」（度）で除算し、剰余「$\Delta\phi_{mod90}(l)$」を導出する。剰余「$\Delta\phi_{mod90}(l)$」は

、式（２）のように表される。

[0058] $\Delta\phi_{mod90}(l) = mod(\Delta\phi(l), 90)$ …（２）

[0059] ここで、剰余は、「$\Delta\phi_{mod90}(l)$＝［０，４５，４５，０，０，４５，４５，０］）となる。このように、剰余「$\Delta\phi_{mod90}(l)$」は、「０」又は「４５」になる。

[0060] アルゴリズム実行部１３３は、剰余「$\Delta\phi_{mod90}(l)$」が「０」になるＯＡＭモード「ｍ（ｌ）」を、第１グループに分類する。アルゴリズム実行部１３３は、剰余「$\Delta\phi_{mod90}(l)$」が「４５」になるＯＡＭモード「ｍ（ｌ）」を、第２グループに分類する。

[0061] 第１グループのＯＡＭモード：

$m(l) \in (\Delta\phi_{mod90}(l) = 0) = [0, 2, -2, 4]$

[0062] 第２グループのＯＡＭモード：

$m(l) \in (\Delta\phi_{mod90}(l) = 45) = [1, -1, 3, -3]$

[0063] 各グループの要素数「Ｋ」は、４である。アルゴリズム実行部１３３は、同一グループにおいてＯＡＭモードの信号の位相が互いに離れるように、各ＯＡＭモードの信号の位相オフセット量を導出する。図８では、ＯＡＭモード「［０，２，－２，４］」の信号の位相が互いに離れるように、第１グループの各ＯＡＭモードの信号の位相オフセット量「２２．５度（＝９０度／Ｋ）」を導出する。また、ＯＡＭモード「［１，－１，３，－３］」の信号の位相が互いに離れるように、第２グループの各ＯＡＭモードの信号の位相オフセット量「２２．５度（＝９０度／Ｋ）」を導出する。

[0064] ここで、同一グループにおいて各ＯＡＭモードの信号に与えられる位相オフセット量は、低次モードから順に「０，２２．５，４５，６７．５」でもよいし、任意の順に「０，２２．５，４５，６７．５」でもよい。

[0065] アルゴリズム実行部１３３は、アンテナ素子数とモード多重数とＯＡＭモードのインデックスとの組み合わせと、導出された位相オフセット量を表す情報とを、応答として、位相オフセット保持部１３２に出力する。また、アルゴリズム実行部１３３は、導出された位相オフセット量を表す情報を、位

相オフセット報知部１３４に出力する。

[0066] 図９は、実施形態における、オフセット処理の第１例を示す図である。図９は、図１０に対する比較例として、各ＯＡＭモード対応の信号に付与されたオフセットの位相オフセット量が仮に０度である場合について、オフセット処理の例を示す。説明を簡単にするため、図９におけるアンテナ素子の個数（アンテナ素子数）は、一例として４個である。

[0067] 信号３００は、ＯＡＭモード０対応の信号である。信号３０１は、ＯＡＭモード１対応の信号である。多重信号４００は、多重されたＯＡＭモードの信号である。直交振幅変調（QAM : Quadrature amplitude modulation）を用いて送信信号処理装置１２０がＯＡＭモード対応の信号を生成した場合、生成された信号の信号点の配置は、位相差９０度ごとに同一である。

[0068] 信号３００に対応付けられたアンテナ素子間の位相差が０度のまま、信号３００は、ＵＣＡ１８０の４個のアンテナ素子に供給される。これに対して、ＯＡＭモード１の信号を送信する４個のアンテナ素子には、０度と９０度と１８０度と２７０度との各位相差が、時計回りに付与される。

[0069] このように各位相差が信号に付与された場合でも、ＯＡＭモード０の信号点の配置と、ＯＡＭモード１の信号点の配置とは、同一である。ＯＡＭモード生成装置１６０は、ＯＡＭモード０の信号点とＯＡＭモード１の信号点を、離散フーリエ変換行列１６１を用いて合成する。この合成によって、同一の信号点において振幅が２倍になるので、無線信号のピーク電力対平均電力比は大きくなる。

[0070] 図１０は、実施形態における、オフセット処理の第２例を示す図である。説明を簡単にするため、図１０におけるアンテナ素子の個数は、一例として４個である。

[0071] 信号３００に対応付けられたアンテナ素子間の位相差が０度のまま、信号３００は、ＵＣＡ１８０の４個のアンテナ素子に出力される。これに対して、ＯＡＭモード０の信号に対して４５度の位相オフセット量のオフセットが、ＯＡＭモード１の信号に付与される。これによって、ＯＡＭモード０の信

号点の配置と、ＯＡＭモード１の信号点の配置とは、同一にならない。

[0072] 更に、ＯＡＭモード１の信号を送信する４個のアンテナ素子には、０度と９０度と１８０度と２７０度との各位相差が、時計回りに付与される。ＯＡＭモード生成装置１６０は、４５度の位相オフセット量（位相差）を保ったまま、ＯＡＭモード０の信号点とＯＡＭモード１の信号点を、離散フーリエ変換行列１６１を用いて合成する。この合成によって、同一の信号点において振幅が２倍にならないので、無線信号のピーク電力対平均電力比は低減される。

[0073] 図１１は、実施形態における、ＯＡＭモード生成装置１６０とＲＦチェーン１７０とＵＣＡ１８０との接続例を示す図である。ＵＣＡ１８０では、Ｍ個のアンテナ素子１８１が等間隔で円状に配置されている。図１１では、一例として、ＵＣＡ１８０のアンテナ素子１８１－１から送信される信号の位相を基準（位相０度）とする。ＯＡＭモード生成装置１６０における「＃１」から「＃Ｍ」までの出力ポートは、ＲＦチェーン１７０における「＃１」から「＃Ｍ」までの入力ポートに接続されている。

[0074] ＯＡＭモードｎ（ｎ＝０からＮまでの整数）対応の信号が、ＯＡＭモード生成装置１６０に位相オフセット付与装置１５０から入力される。図１１では、「Ｎ」は、一例として１である。ＯＡＭモード生成装置１６０は、基準位相に対する位相差「ｘ」を持ったＯＡＭモード０の信号と、基準位相に対する位相差「ｙ」を持ったＯＡＭモード１の信号との合波結果（多重ＯＡＭ信号）を、ＯＡＭモード生成装置１６０における「＃１」から「＃Ｍ」までの出力ポートから、ＲＦチェーン１７０における「＃１」から「＃Ｍ」までの入力ポートに出力する。

[0075] ここで、ＯＡＭモード生成装置１６０における出力ポート「＃ｍ」は、基準位相に対する位相差「ｘ＝（（ｍ－１）／Ｍ×３６０×０）」度のＯＡＭモード０の信号と、基準位相に対する位相差「ｙ＝（（ｍ－１）／Ｍ×３６０×１）」度のＯＡＭモード１の信号とを、ＲＦチェーン１７０を介して、アンテナ素子「＃ｍ」に出力する。

[0076] ＲＦチェーン１７０は、ＯＡＭモード生成装置１６０から出力された多重されたＯＡＭモードの信号（多重ＯＡＭ信号）を増幅する。ＲＦチェーン１７０は、増幅後の多重された各ＯＡＭモードの信号を、ＵＣＡ１８０に出力する。ＵＣＡ１８０は、ＲＦチェーン１７０から出力された信号を、電波を用いて送信する。

[0077] 次に、受信装置２００の詳細について説明する。

図１２は、実施形態における、オフセット除去処理の例を示す図である。多重信号５００は、多重されたＯＡＭモードの信号である。信号６００は、一例として、ＯＡＭモード０対応の信号（ＯＡＭモード０に対応付けられた信号）である。信号６０１は、一例として、ＯＡＭモード１対応の信号（ＯＡＭモード１に対応付けられた信号）である。

[0078] 多重信号５００（多重ＯＡＭ信号）を分離する目的で、ＯＡＭモード分離装置２３０は、ＵＣＡ１８０の各アンテナ素子の位相に対して逆回転方向（逆位相）となるように、ＵＣＡ２１０の各アンテナ素子の位相を定める。図１２では、図１０に例示された各アンテナ素子の位相「［０，９０，１８０，２７０］」に対して逆回転方向となるように、ＯＡＭモード分離装置２３０は、ＵＣＡ２１０の各アンテナ素子の位相を、「［０，－９０，－１８０，－２７０］」と定める。

[0079] ＯＡＭモード分離装置２３０は、逆離散フーリエ変換行列２３１を用いて、各ＯＡＭモードの信号を多重信号５００から分離する。ＯＡＭモード分離装置２３０は、逆離散フーリエ変換行列２３１を用いて、各ＯＡＭモード対応の信号を各ＯＡＭモードの信号から生成する。図１２では、ＯＡＭモード分離装置２３０は、信号６００及び信号６０１を、受信信号処理装置２５０に出力する。

[0080] 位相オフセット取得装置２４０は、位相オフセット量を表す情報を、位相オフセット通知装置１４０から取得する。受信信号処理装置２５０は、位相オフセット量を表す情報を、位相オフセット取得装置２４０から取得する。

[0081] 受信信号処理装置２５０は、各ＯＡＭモード対応の信号の位相オフセット

量のオフセットを、各ＯＡＭモード対応の信号から除去する。図１２では、受信信号処理装置２５０は、４５度のオフセットを、ＯＡＭモード１対応の信号から除去する。これによって、受信信号処理装置２５０は、オフセットが除去された信号６０１を生成する。このように、受信信号処理装置２５０は、位相オフセット通知装置１４０から取得された位相オフセット量を用いて、信号点を復元する。受信信号処理装置２５０は、オフセットが除去された各ＯＡＭモードの信号を、復調器２６０に出力する。復調器２６０は、受信信号処理装置２５０から出力された各ＯＡＭモードの信号に対して、所定の復調処理を実行する。

[0082] 次に、無線通信システム１の動作例を説明する。

図１３は、実施形態における、位相オフセット量の導出動作の例を示すフローチャートである。アルゴリズム実行部１３３（位相オフセット量導出部）は、アンテナ素子間の位相差「Δφ（ｌ）」を、ＯＡＭモードごとに導出する（ステップＳ１０１）。アルゴリズム実行部１３３は、剰余「ｍｏｄ（Δφ（ｌ），９０)」を導出する（ステップＳ１０２）。

[0083] アルゴリズム実行部１３３は、同じ剰余「ｍｏｄ（Δφ（ｌ），９０)」に対応付けられたＯＡＭモード信号を、同じグループに分類する（ステップＳ１０３）。アルゴリズム実行部１３３は、同じグループに分類されたＯＡＭモードの信号の位相が互いに離れるように、各ＯＡＭモード信号の位相オフセット量を導出する（ステップＳ１０４）。

[0084] 図１４は、実施形態における、送信装置１００の動作例を示すフローチャートである。位相オフセット導出装置１３０は、信号点の位置が互いに重ならないように、位相オフセット量をＯＡＭモードごとに導出する（ステップＳ２０１）。位相オフセット付与装置１５０は、各ＯＡＭモード対応の信号に、位相オフセット量のオフセットを与える（ステップＳ２０２）。

[0085] ＯＡＭモード生成装置１６０は、位相オフセット量のオフセットが与えられた各ＯＡＭモード対応の信号から、各ＯＡＭモードの信号を生成する（ステップＳ２０３）。ＯＡＭモード生成装置１６０は、生成された各ＯＡＭモ

ードの信号を、ＵＣＡ１８０を構成するアンテナ素子１８１ごとに多重する（ステップＳ２０４）。ＵＣＡ１８０は、多重された各ＯＡＭモードの信号を、複数のアンテナ素子１８１から送信する（ステップＳ２０５）。

[0086] 図１５は、実施形態における、受信装置２００の動作例を示すフローチャートである。ＵＣＡ２１０は、多重された各ＯＡＭモードの信号を取得する（ステップＳ３０１）。ＯＡＭモード分離装置２３０は、多重された各ＯＡＭモードの信号から、各ＯＡＭモードの信号を分離する（ステップＳ３０２）。ＯＡＭモード分離装置２３０は、各ＯＡＭモード対応の信号を、各ＯＡＭモードの信号から生成する（ステップＳ３０３）。

[0087] 受信信号処理装置２５０は、信号点の位置が互いに重ならないようにＯＡＭモードごとに導出された位相オフセット量のオフセットを、各ＯＡＭモード対応の信号から除去する（ステップＳ３０４）。受信信号処理装置２５０は、オフセットが除去された各ＯＡＭモード対応の信号に対して、所定の受信信号処理を実行する（ステップＳ３０５）。

[0088] 以上のように、送信装置１００において、位相オフセット導出装置１３０（位相オフセット導出部）は、信号点の位置が互いに重ならないように、位相オフセット量をＯＡＭモードごとに導出する。位相オフセット付与装置１５０（位相オフセット付与部）は、各ＯＡＭモード対応の信号（各ＯＡＭモードに対応付けられた信号）に、位相オフセット量のオフセットを与える。ＯＡＭモード生成装置１６０（モード生成部）は、位相オフセット量のオフセットが与えられた各ＯＡＭモード対応の信号から、各ＯＡＭモードの信号を生成する。ＯＡＭモード生成装置１６０は、生成された各ＯＡＭモードの信号を、ＵＣＡ１８０（複数のアンテナ素子）を構成するアンテナ素子１８１ごとに多重する。ＵＣＡ１８０（アレーアンテナ）は、多重された各ＯＡＭモードの信号を、複数のアンテナ素子１８１から送信する。

[0089] 受信装置２００において、ＵＣＡ２１０（アレーアンテナ）は、多重された各ＯＡＭモードの信号を取得する。ＯＡＭモード分離装置２３０（モード分離部）は、多重された各ＯＡＭモードの信号から、各ＯＡＭモードの信号

を分離する。ＯＡＭモード分離装置２３０は、各ＯＡＭモード対応の信号を、各ＯＡＭモードの信号から生成する。受信信号処理装置２５０（受信信号処理部）は、信号点の位置が互いに重ならないようにＯＡＭモードごとに導出された位相オフセット量のオフセットを、各ＯＡＭモード対応の信号から除去する。受信信号処理装置２５０は、オフセットが除去された各ＯＡＭモード対応の信号に対して、所定の受信信号処理を実行する。

[0090] これらのように、ＯＡＭ多重伝送の無線通信におけるプリコーダの特徴が着目されることによって同相合成が回避され、演算量が膨大となることを抑制した上で、軌道角運動量モードに応じて空間多重された無線信号のピーク電力対平均電力比を低減することが可能である。また、通信品質が向上する。

[0091] （第１変形例）

受信装置２００の位相オフセット取得装置２４０は、位相オフセット導出装置１３０が通信パラメータに基づいて位相オフセット量を導出した方法と同様の方法で、通信パラメータに基づいて位相オフセット量を推定してもよい。受信装置２００は、推定された位相オフセット量を用いて、位相オフセット量のオフセットを信号から除去してもよい。この場合、送信装置１００は、位相オフセット通知装置１４０を備えてよいし、備えなくてもよい。

[0092] （第２変形例）

上記の実施形態では、送信信号処理装置１２０が、各ＯＡＭモード対応のアナログ信号の周波数を、無線信号の搬送波の周波数帯に変換した。また、位相オフセット付与装置１５０は、各ＯＡＭモード対応のアナログ信号に対して、オフセット処理を実行した。

[0093] 実施形態の第２変形例では、位相オフセット付与装置１５０は、各ＯＡＭモード対応のデジタル信号に対して、オフセット処理を実行してもよい。ＯＡＭモード生成装置１６０は、通信パラメータを用いて指定された各ＯＡＭモードのデジタル信号を、オフセットが付与された各ＯＡＭモード対応のデジタル信号から生成してもよい。ＲＦチェーン１７０は、多重された各ＯＡ

Ｍモードのデジタル信号に対して、例えば、周波数変換、増幅処理及び帯域制限を実行してもよい。

[0094] （ハードウェア構成例）

図１６は、実施形態における、通信装置２のハードウェア構成例を示す図である。通信装置２は、無線通信システム１の送信装置１００及び受信装置２００のうちの一部又は全部に相当する。

[0095] 通信装置２は、ＣＰＵ（Central Processing Unit）等のプロセッサ２１が、不揮発性の記録媒体（非一時的記録媒体）を有する記憶装置２３とメモリ２２とに記憶されたプログラムを実行することにより、ソフトウェアとして実現される。プログラムは、コンピュータ読み取り可能な非一時的記録媒体に記録されてもよい。コンピュータ読み取り可能な非一時的記録媒体とは、例えばフレキシブルディスク、光磁気ディスク、ＲＯＭ（Read Only Memory）、ＣＤ－ＲＯＭ（Compact Disc Read Only Memory）等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置などの非一時的記録媒体である。通信部２４は、所定の通信処理を実行する。

[0096] 通信装置２の各機能部の一部又は全部は、アナログ回路又はデジタル回路であり、例えば、ＬＳＩ（Large Scale Integrated circuit）、ＡＳＩＣ（Application Specific Integrated Circuit）、ＰＬＤ（Programmable Logic Device）又はＦＰＧＡ（Field Programmable Gate Array）等を用いた電子回路（electronic circuit又はcircuitry）を含むハードウェアを用いて実現されてもよい。

[0097] 以上、この発明の実施形態について図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の設計等も含まれる。

産業上の利用可能性

[0098] 本発明は、無線通信システムに適用可能である。

符号の説明

[0099] １…無線通信システム、２…通信装置、２１…プロセッサ、２２…メモリ、

２３…記憶装置、２４…通信部、１００…送信装置、１１０…送信制御装置、１１１…特性情報取得部、１１２…送信ＯＡＭモード決定部、１１３…多重数決定部、１１４…送信信号パラメータ決定部、１２０…送信信号処理装置、１３０…位相オフセット導出装置、１３１…パラメータ取得部、１３２…位相オフセット保持部、１３３…アルゴリズム実行部、１３４…位相オフセット報知部、１４０…位相オフセット通知装置、１５０…位相オフセット付与装置、１６０…ＯＡＭモード生成装置、１６１…離散フーリエ変換行列、１７０…ＲＦチェーン、１８０…ＵＣＡ、１８１…アンテナ素子、２００…受信装置、２１０…ＵＣＡ、２２０…ＲＦチェーン、２３０…ＯＡＭモード分離装置、２３１…逆離散フーリエ変換行列、２４０…位相オフセット取得装置、２５０…受信信号処理装置、２６０…復調器、３００…信号、３０１…信号、４００…多重信号、５００…多重信号、６００…信号、６０１…信号

請求の範囲

[請求項1] 送信装置と受信装置とを有する無線通信システムが実行する無線通信方法であって、

前記送信装置は、

信号点の位置が互いに重ならないように、位相オフセット量を軌道角運動量モードごとに導出し、

各軌道角運動量モードに対応付けられた信号に、前記位相オフセット量のオフセットを与え、

前記位相オフセット量のオフセットが与えられた前記各軌道角運動量モードに対応付けられた信号から、前記各軌道角運動量モードの信号を生成し、生成された前記各軌道角運動量モードの信号を、複数のアンテナ素子を構成するアンテナ素子ごとに多重し、

多重された前記各軌道角運動量モードの信号を、前記複数のアンテナ素子から送信し、

前記受信装置は、

多重された前記各軌道角運動量モードの信号を受信し、

多重された前記各軌道角運動量モードの信号から、前記各軌道角運動量モードの信号を分離し、前記各軌道角運動量モードに対応付けられた信号を前記各軌道角運動量モードの信号から生成し、

信号点の位置が互いに重ならないように軌道角運動量モードごとに導出された位相オフセット量のオフセットを、前記各軌道角運動量モードに対応付けられた信号から除去し、前記オフセットが除去された前記各軌道角運動量モードに対応付けられた信号に対して、所定の受信信号処理を実行する、

無線通信方法。

[請求項2] 送信装置と受信装置とを有する無線通信システムであって、

前記送信装置は、

信号点の位置が互いに重ならないように、位相オフセット量を軌道

角運動量モードごとに導出する位相オフセット導出部と、

各軌道角運動量モードに対応付けられた信号に、前記位相オフセット量のオフセットを与える位相オフセット付与部と、

前記位相オフセット量のオフセットが与えられた前記各軌道角運動量モードに対応付けられた信号から、前記各軌道角運動量モードの信号を生成し、生成された前記各軌道角運動量モードの信号を、複数のアンテナ素子を構成するアンテナ素子ごとに多重するモード生成部と、

多重された前記各軌道角運動量モードの信号を、前記複数のアンテナ素子から送信するアレーアンテナとを備え、

前記受信装置は、

多重された前記各軌道角運動量モードの信号を取得するアレーアンテナと、

多重された前記各軌道角運動量モードの信号から、前記各軌道角運動量モードの信号を分離し、前記各軌道角運動量モードに対応付けられた信号を前記各軌道角運動量モードの信号から生成するモード分離部と、

信号点の位置が互いに重ならないように軌道角運動量モードごとに導出された位相オフセット量のオフセットを、前記各軌道角運動量モードに対応付けられた信号から除去し、前記オフセットが除去された前記各軌道角運動量モードに対応付けられた信号に対して、所定の受信信号処理を実行する受信信号処理部と

無線通信システム。

[請求項3] 信号点の位置が互いに重ならないように、位相オフセット量を軌道角運動量モードごとに導出する位相オフセット導出部と、

各軌道角運動量モードに対応付けられた信号に、前記位相オフセット量のオフセットを与える位相オフセット付与部と、

前記位相オフセット量のオフセットが与えられた前記各軌道角運動

量モードに対応付けられた信号から、前記各軌道角運動量モードの信号を生成し、生成された前記各軌道角運動量モードの信号を、複数のアンテナ素子を構成するアンテナ素子ごとに多重するモード生成部と、

多重された前記各軌道角運動量モードの信号を、前記複数のアンテナ素子から送信するアレーアンテナと

を備える送信装置。

[請求項4] 前記位相オフセット量を受信装置に通知する位相オフセット通知部を更に備える、請求項３に記載の送信装置。

[請求項5] 多重された各軌道角運動量モードの信号を取得するアレーアンテナと、

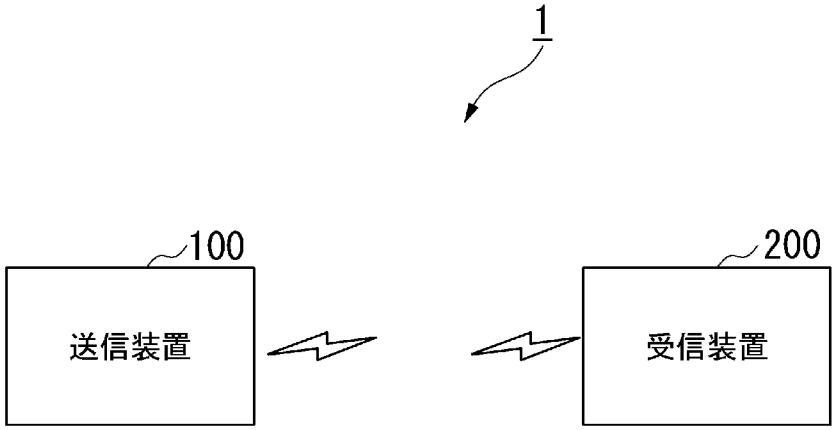
多重された前記各軌道角運動量モードの信号から、前記各軌道角運動量モードの信号を分離し、前記各軌道角運動量モードに対応付けられた信号を前記各軌道角運動量モードの信号から生成するモード分離部と、

信号点の位置が互いに重ならないように軌道角運動量モードごとに導出された位相オフセット量のオフセットを、前記各軌道角運動量モードに対応付けられた信号から除去し、前記オフセットが除去された前記各軌道角運動量モードに対応付けられた信号に対して、所定の受信信号処理を実行する受信信号処理部と

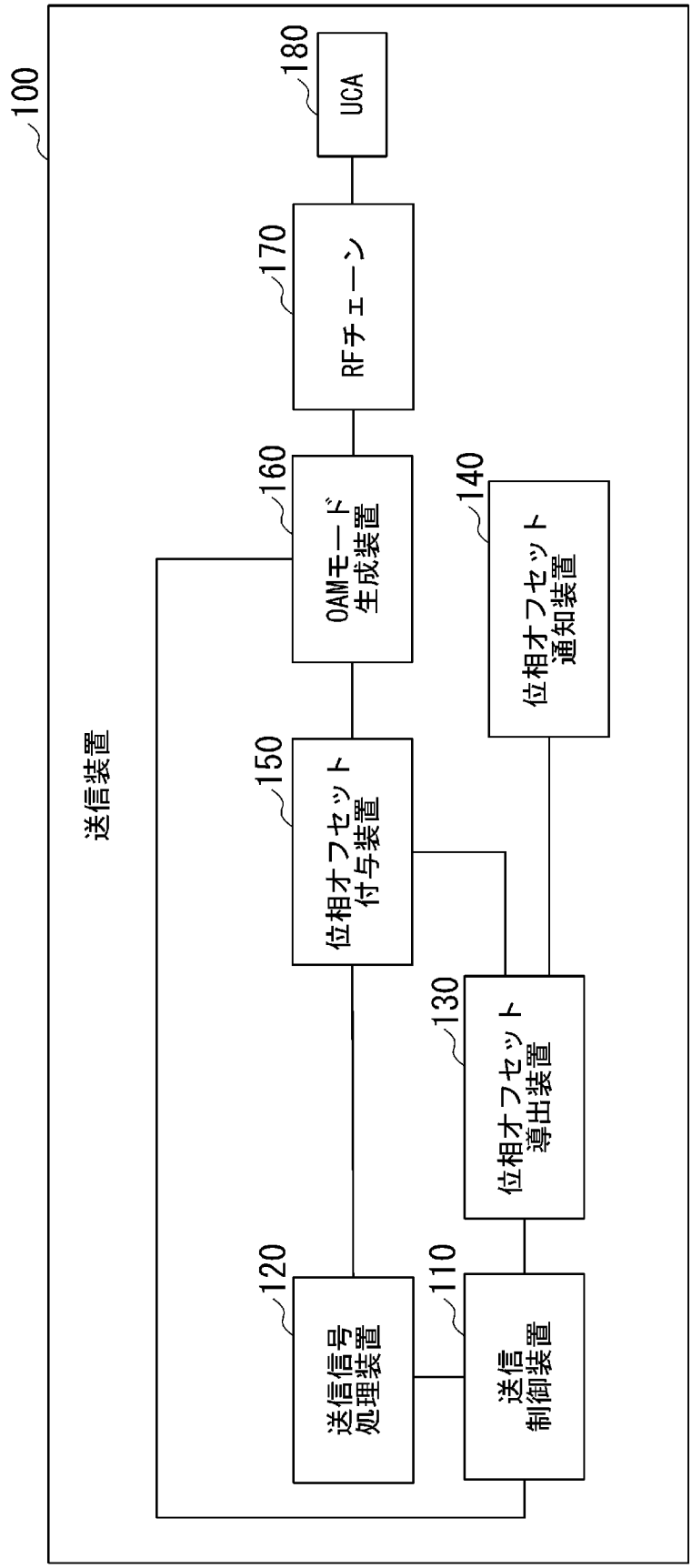
を備える受信装置。

[請求項6] 前記位相オフセット量を送信装置から取得する、又は、前記位相オフセット量を推定する位相オフセット取得部を更に備える、請求項５に記載の受信装置。

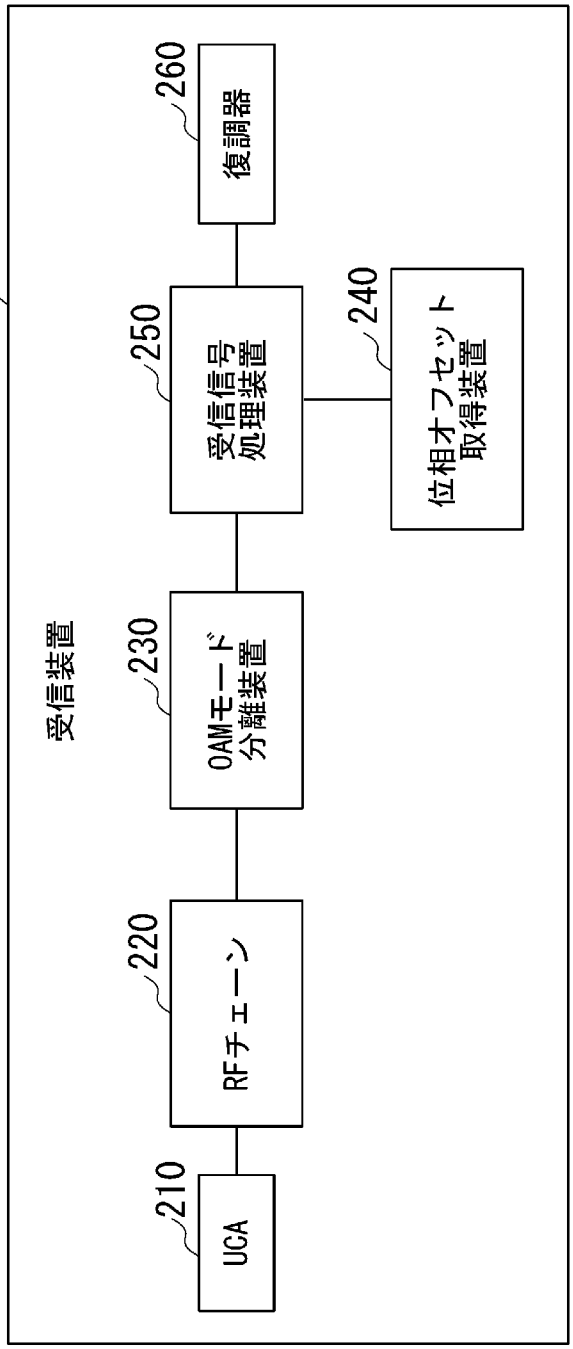
[図1]



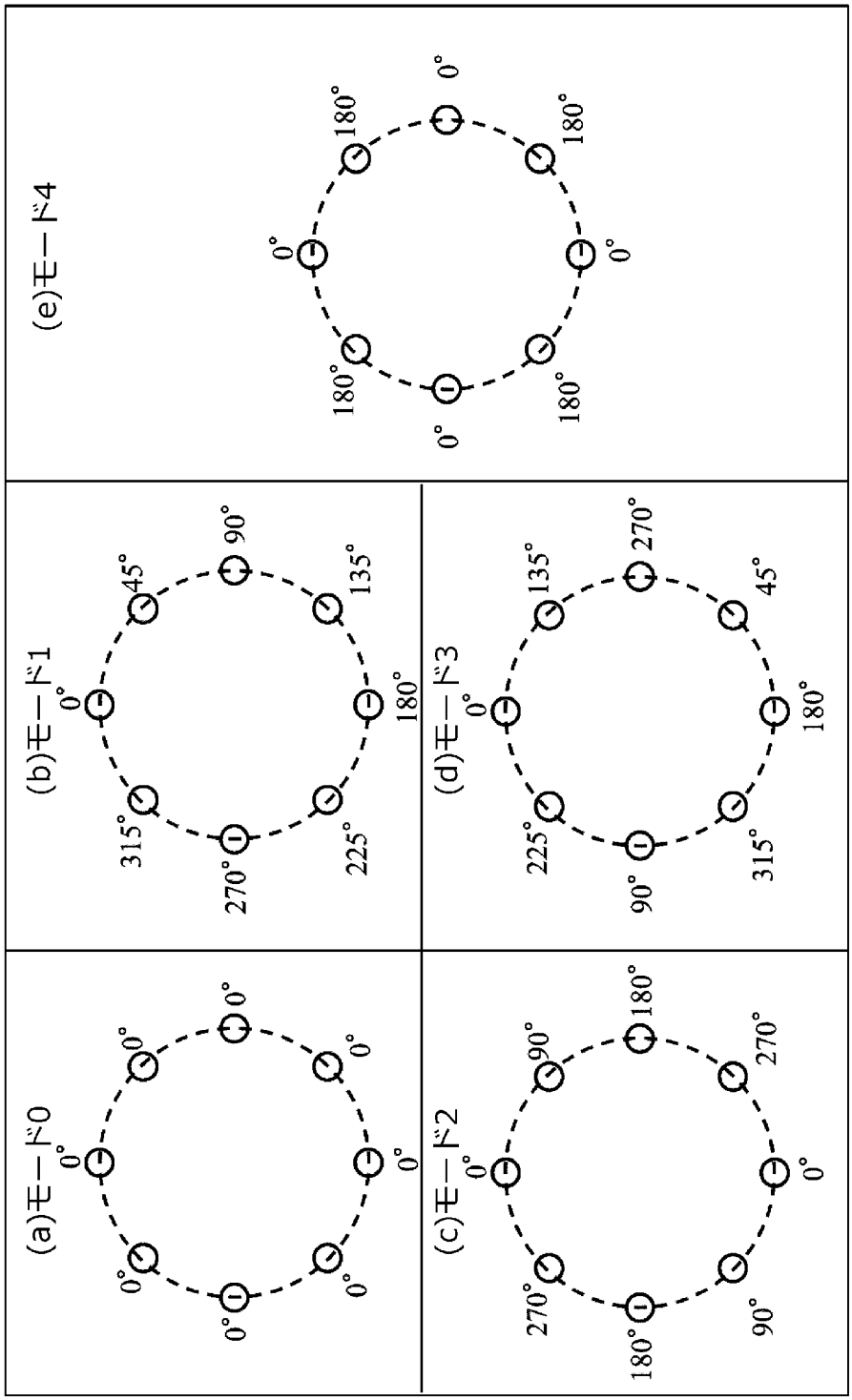
[図2]


100
送信装置
180
UCA
170
RFチェーン
160
OAMモード
生成装置
140
位相オフセット
通知装置
150
位相オフセット
付与装置
130
位相オフセット
導出装置
120
送信信号
処理装置
110
送信
制御装置

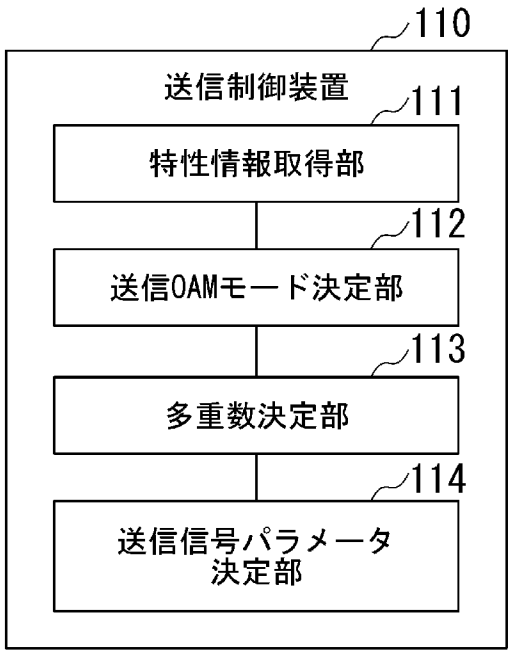
[図3]


200
受信装置
210
UCA
220
RFチェーン
230
OAMモード分離装置
240
位相オフセット取得装置
250
受信信号処理装置
260
復調器

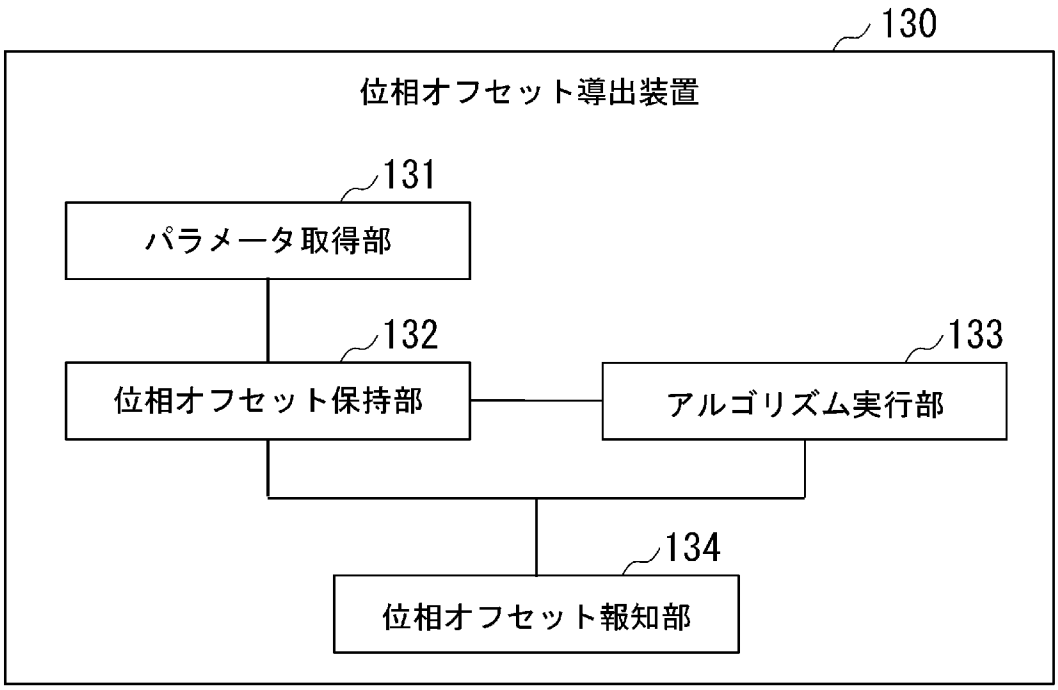
[図4]


(a)モード0
0°
0°
0°
0°
0°
0°
0°
0°
(b)モード1
0°
45°
90°
135°
180°
225°
270°
315°
(c)モード2
0°
90°
180°
270°
0°
90°
180°
270°
(d)モード3
0°
135°
270°
45°
180°
315°
90°
225°
(e)モード4
0°
180°
0°
180°
0°
180°
0°
180°

[図5]


110
送信制御装置
111
特性情報取得部
112
送信OAMモード決定部
113
多重数決定部
114
送信信号パラメータ
決定部

[図6]


130
位相オフセット導出装置
131
パラメータ取得部
132
位相オフセット保持部
133
アルゴリズム実行部
134
位相オフセット報知部

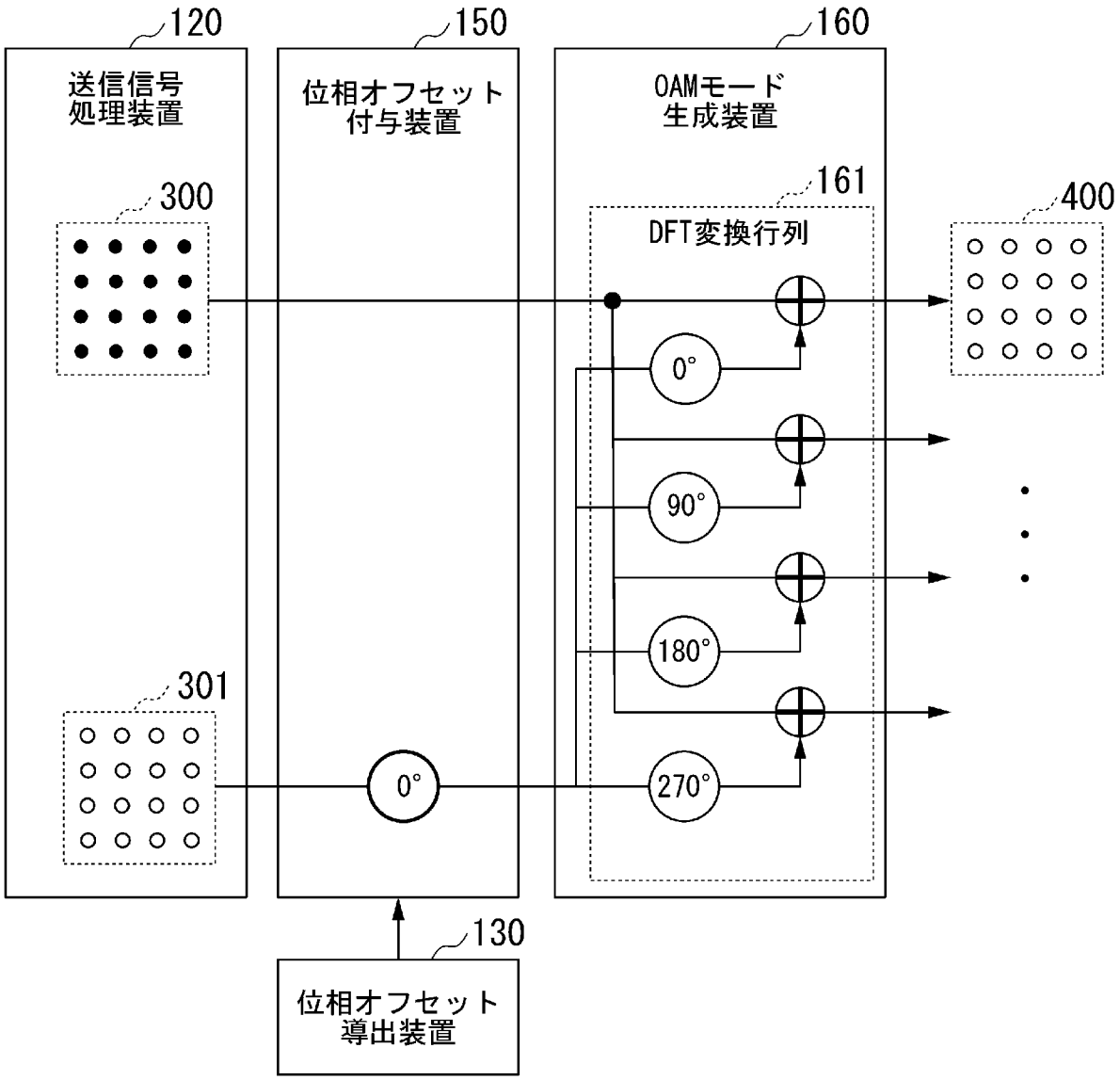
[図7]

アンテナ素子数	モード多重数	OAMモードのインデックス	位相オフセット量[deg]
4	1	[0]	—
	2	[0, 1]	—
⋮	⋮	⋮	⋮
8	1	[0]	—
	2	[0, 1]	—
	⋮	⋮	⋮
	8	[0, 1, −1, 2, −2, 3, −3, 4]	[0, 0, 22.5, 22.5, 45, 45, 67.5, 67.5]

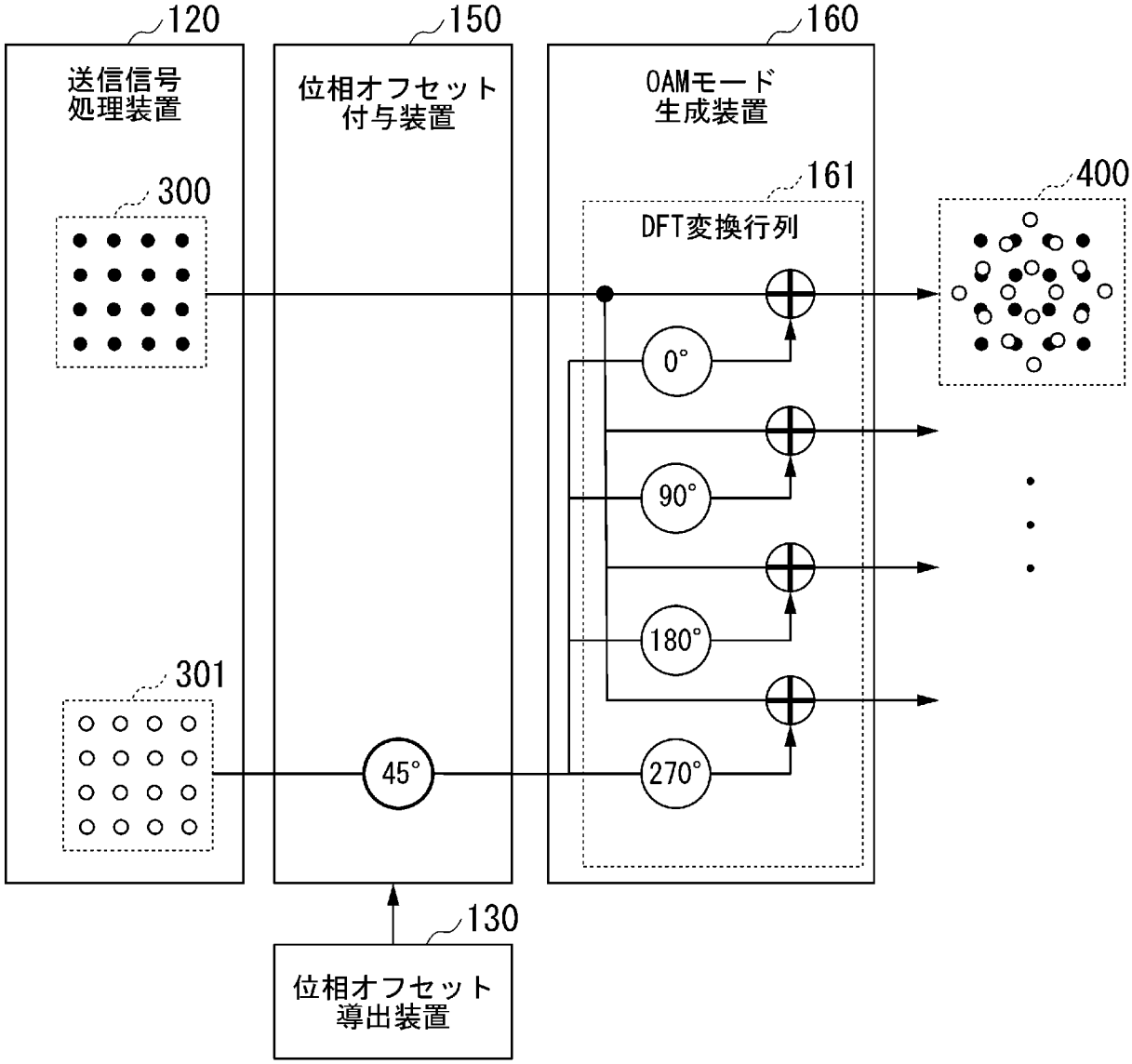
[図8]

OAMモード m(l)	位相差Δφ (l)	剰余 $\Delta\phi_{mod90}$ (l)	グループ インデックス	位相オフセット量 [deg]
0	0	0	1	0
1	45	45	2	0
-1	45	45	2	22.5
2	90	0	1	22.5
-2	90	0	1	45
3	135	45	2	45
-3	135	45	2	67.5
4	180	0	1	67.5

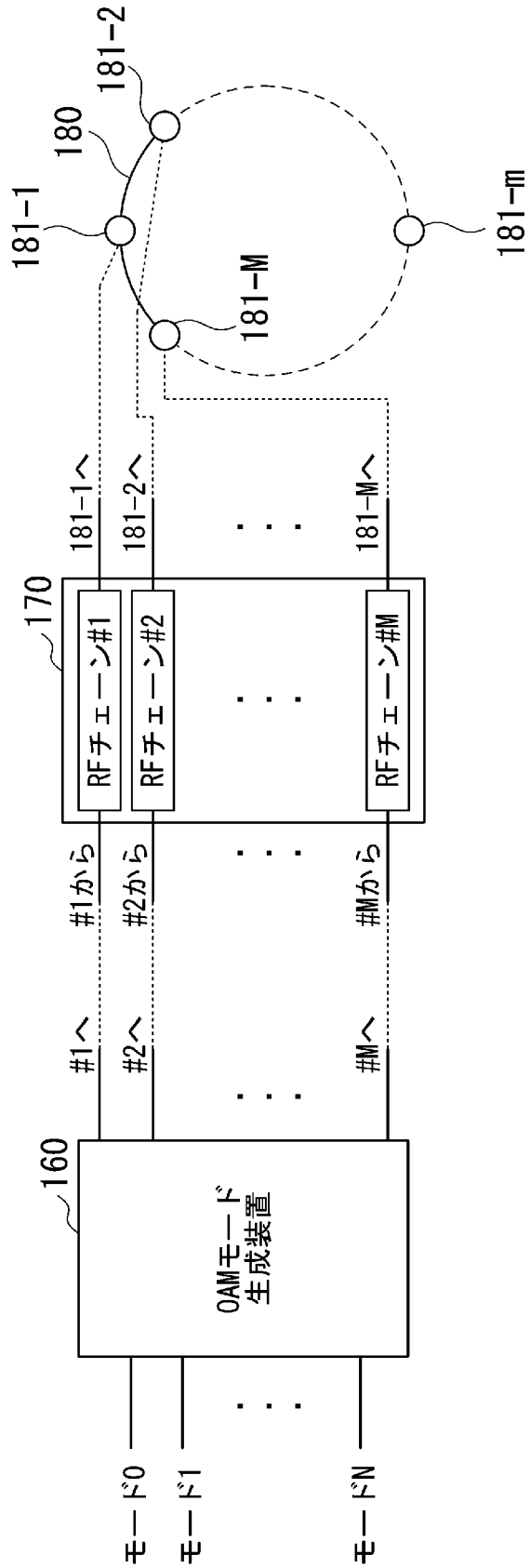
[図9]



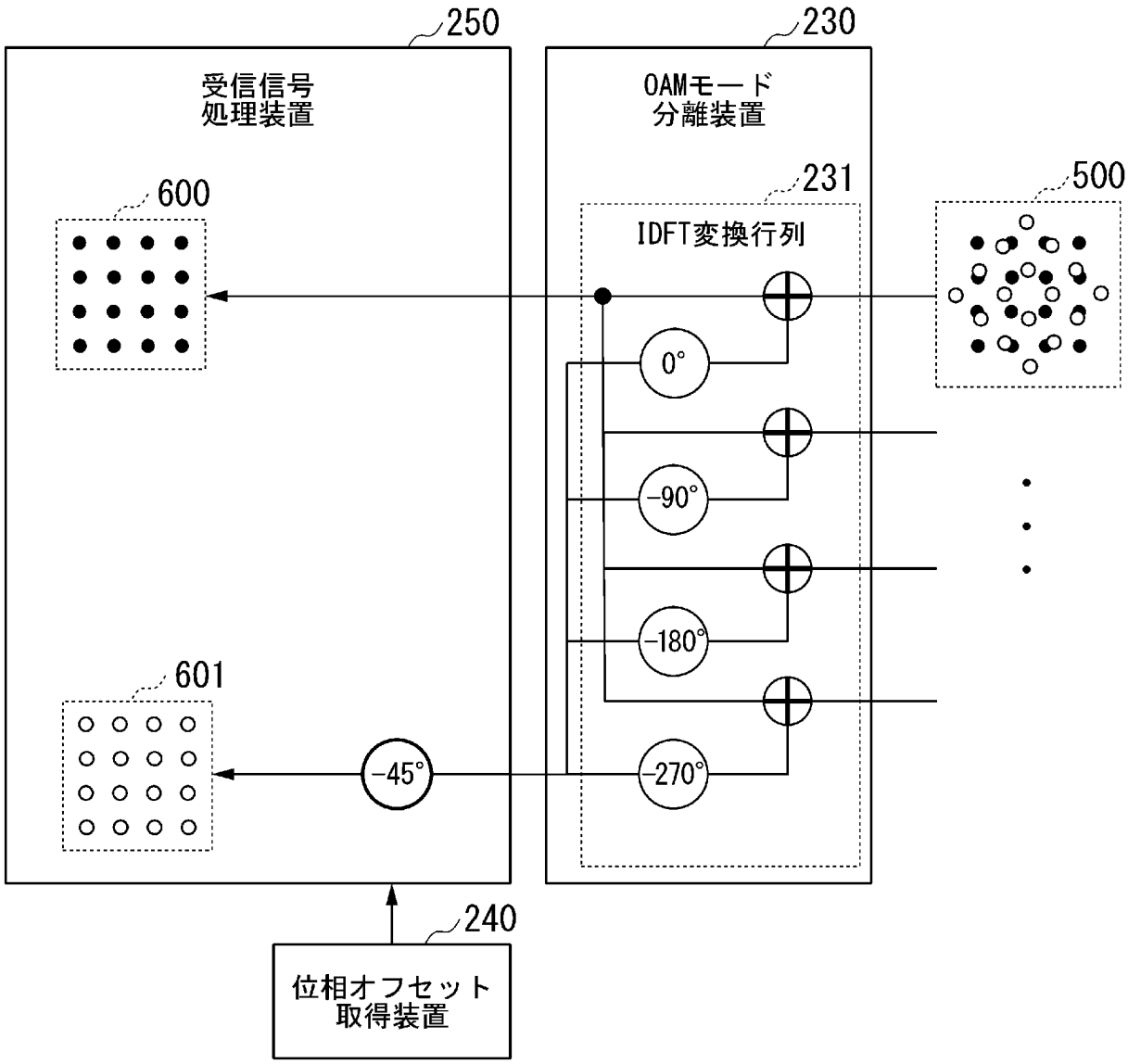
[図10]


120
送信信号
処理装置
300
301
150
位相オフセット
付与装置
45°
160
OAMモード
生成装置
161
DFT変換行列
0°
90°
180°
270°
400
130
位相オフセット
導出装置

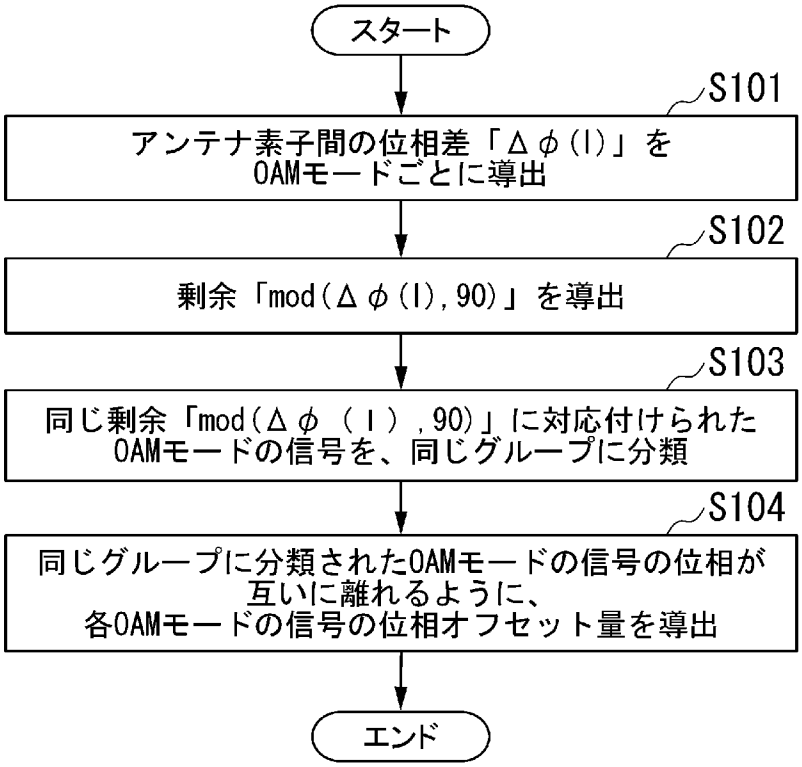
[図11]


181-1
180
181-2
181-M
181-m
170
RFチェーン#1
RFチェーン#2
RFチェーン#M
181-1へ
181-2へ
181-Mへ
#1から
#2から
#Mから
#1へ
#2へ
#Mへ
160
OAMモード生成装置
モード0
モード1
モードN

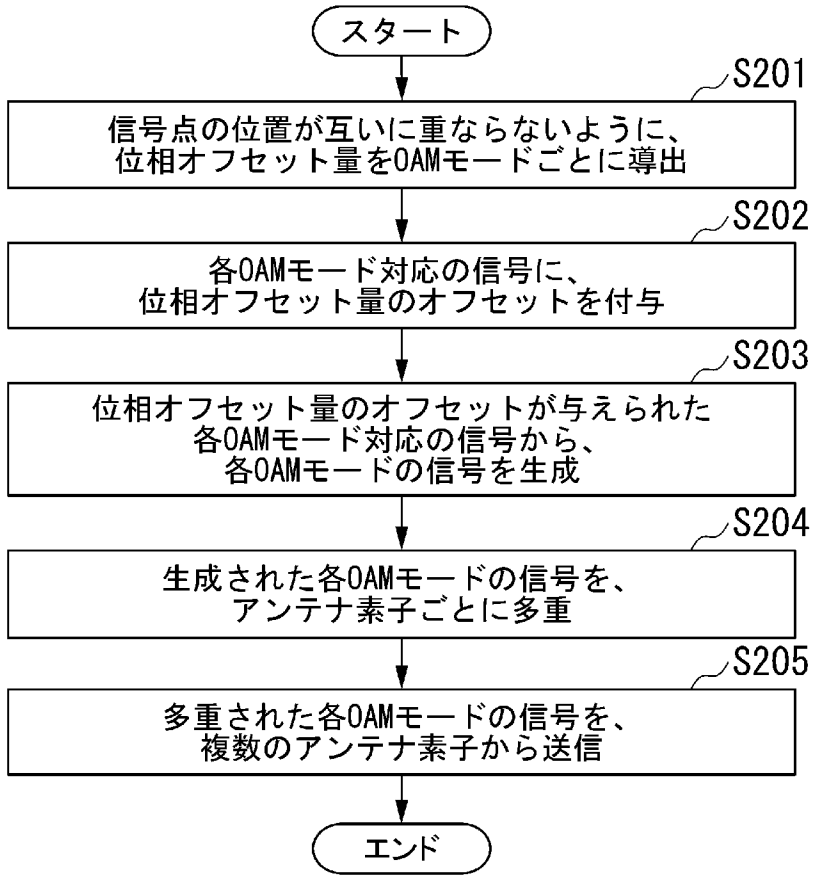
[図12]


250
受信信号
処理装置
230
OAMモード
分離装置
231
IDFT変換行列
600
500
601
0°
-90°
-180°
-270°
-45°
240
位相オフセット
取得装置

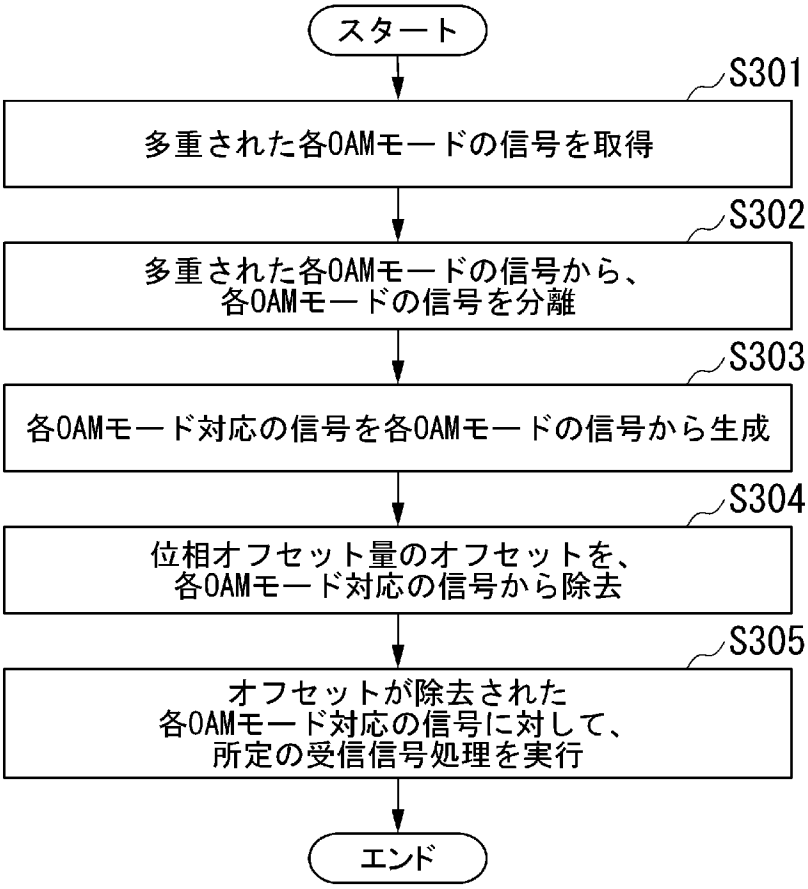
[図13]


スタート
S101
アンテナ素子間の位相差「Δφ(l)」を
OAMモードごとに導出
S102
剰余「mod(Δφ(l),90)」を導出
S103
同じ剰余「mod(Δφ（l）,90)」に対応付けられた
OAMモードの信号を、同じグループに分類
S104
同じグループに分類されたOAMモードの信号の位相が
互いに離れるように、
各OAMモードの信号の位相オフセット量を導出
エンド

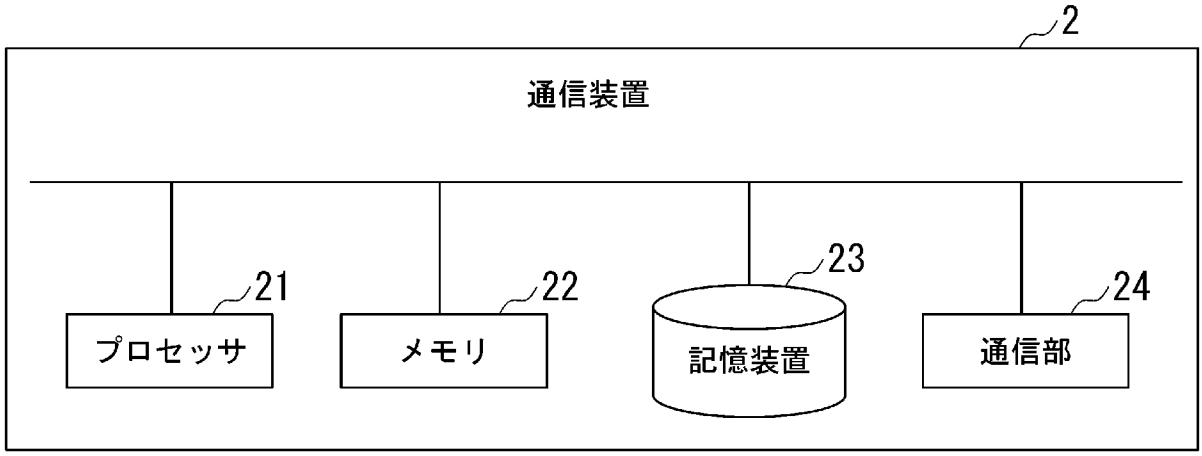
[図14]


スタート
S201
信号点の位置が互いに重ならないように、
位相オフセット量をOAMモードごとに導出
S202
各OAMモード対応の信号に、
位相オフセット量のオフセットを付与
S203
位相オフセット量のオフセットが与えられた
各OAMモード対応の信号から、
各OAMモードの信号を生成
S204
生成された各OAMモードの信号を、
アンテナ素子ごとに多重
S205
多重された各OAMモードの信号を、
複数のアンテナ素子から送信
エンド

[図15]


スタート
S301
多重された各OAMモードの信号を取得
S302
多重された各OAMモードの信号から、
各OAMモードの信号を分離
S303
各OAMモード対応の信号を各OAMモードの信号から生成
S304
位相オフセット量のオフセットを、
各OAMモード対応の信号から除去
S305
オフセットが除去された
各OAMモード対応の信号に対して、
所定の受信信号処理を実行
エンド

[図16]


2
通信装置
21
プロセッサ
22
メモリ
23
記憶装置
24
通信部

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/017774

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04J 99/00(2009.01)i
FI: H04J99/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04J99/00

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 1971-2022
Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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

IEEE Xplore

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2019/116774 A1 (NEC CORP.) 20 June 2019 (2019-06-20) paragraphs [0014]-[0049], fig. 1-8	1-6
X	WU, Qiuli et al., Orbital Angular Momentum Spread Transmission With Interferometry Codes for Peak-to-Average Power Ration Reduction, IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters (Vol. 21, Issue: 3, March 2022), 01 December 2021, pp. 436-440 sections 1-3, fig. 1	1-3, 5
A		4, 6
X	CHEN, Rui et al., Constant Envelope Multi-Mode OAM Communication System with UCA Antennas, 2019 IEEE Global Communications Conference, 13 December 2019 sections 2, 3, fig. 3	1-3, 5
A		4, 6

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
21 June 2022	**05 July 2022**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2022/017774

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2019/116774 A1	20 June 2019	US 2021/0075478 A1 paragraphs [0035]-[0072], fig. 1-8	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2022/017774

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H04J 99/00(2009.01)i
FI: H04J99/00

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））

H04J99/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２２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）

IEEE Xplore

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	WO 2019/116774 A1 (日本電気株式会社) 20.06.2019 (2019-06-20) [0014]-[0049],図1-8	1-6
X	WU Qiuli et al., Orbital Angular Momentum Spread Transmission With Interferometry Codes for Peak-to-Average Power Ration Reduction, IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters (Volume: 21, Issue: 3, March 2022), 2021.12.01, pp.436-440 section 1-3, Fig.1	1-3,5
A		4,6
X	CHEN Rui et al., Constant Envelope Multi-Mode OAM Communication System with UCA Antennas, 2019 IEEE Global Communications Conference, 2019.12.13 section 2-3, Fig.3	1-3,5
A		4,6

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と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
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
21.06.2022	05.07.2022

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）
吉江　一明 5K 5887
電話番号 03-3581-1101 内線 3556

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/JP2022/017774

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2019/116774 A1	20.06.2019	US 2021/0075478 A1 [0035]-[0072],図1-8	