

(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
2017年7月27日(27.07.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/125968 A1

- (51) 国際特許分類:
H04J 11/00 (2006.01) H04J 99/00 (2009.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/002835
- (22) 国際出願日: 2016年6月13日(13.06.2016)
- (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 2016-008882 2016年1月20日(20.01.2016) JP
- (71) 出願人: パナソニックIPマネジメント株式会社 (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5406207 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 安達 尚季(ADACHI, Naoki). 木村 知弘(KIMURA, Tomohiro). 外山 隆行(SOTOYAMA, Takayuki). 高橋 和晃(TAKAHASHI, Kazuaki). 白方 亨宗(SHIRAKATA, Naganori). 滝波 浩二(TAKINAMI, Koji). 坂本 剛憲(SAKAMOTO, Takenori).
- (74) 代理人: 鎌田 健司, 外(KAMATA, Kenji et al.); 〒5406207 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番6

1号パナソニックIPマネジメント株式会社内 Osaka (JP).

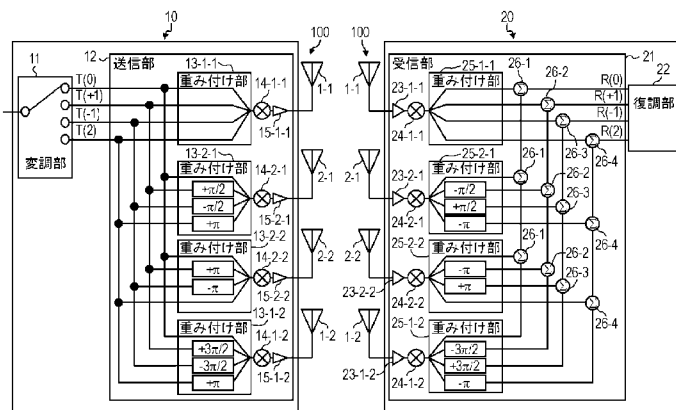
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK,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

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

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

(54) 発明の名称: 送信装置、受信装置、および通信方法



11 Modulation unit
12 Transmission unit
13-1-1, 13-1-2, 13-2-1, 13-2-2, 25-1-1, 25-1-2, 25-2-1,
25-2-2 Weighting unit
21 Reception unit
22 Demodulation unit

(57) Abstract: In a system that performs communications by means of wireless signals that have a plurality of orbital angular momentum (OAM) propagation modes, the present invention selects and modulates/demodulates at least one OAM propagation mode. According to the present invention, a transmission device (10) has: a modulation unit (11) that, in accordance with the value of bit data to be transmitted, selects at least one orbital angular momentum (OAM) propagation mode from N OAM propagation modes (N being an integer equal to or greater than 2); and a transmission unit (12) that transmits a signal in the OAM propagation mode(s) selected by the modulation unit (11).

(57) 要約: 複数のOAM (orbital angular momentum) 伝搬モードを有する無線信号によって通信を行うシステムにおいて、1つ以上のOAM伝搬モードを選択して変調/復調を行うこと。送信装置(10)は、送信するビットデータの値に応じて、N個(Nは2以上の整数)のOAM (orbital angular momentum) 伝搬モードの中から1つ以上のOAM伝搬モードを選択する変調部(11)と、変調部(11)によって選択された

OAM伝搬モードの信号を送信する送信部(12)と、を有する。

WO 2017/125968 A1

明 細 書

発明の名称：送信装置、受信装置、および通信方法

技術分野

[0001] 本開示は、送信装置、受信装置、および通信方法に関する。

背景技術

[0002] 電磁波を用いて信号を送受信する無線通信において、近年、軌道角運動量（OAM: orbital angular momentum）を有する電磁波が用いられている。

[0003] OAMを有する電磁波には、アジマス角に対する位相変化量の違いによって、複数のモード（以下、OAM伝搬モードと記載）が存在する。異なるOAM伝搬モードを有する電磁波は、互いに直交する。

[0004] 例えば、特許文献1では、複数の送信パラボラアンテナが、それぞれ異なるOAM伝搬モードを有する電磁波を送信し、複数の送信パラボラアンテナと対をなす複数の受信パラボラアンテナが、対応する送信パラボラアンテナから送信される電磁波を受信する技術が開示されている。この技術により、送信パラボラアンテナと受信パラボラアンテナの1対の間で1つのOAM伝搬モードを有する電磁波を送受信できるため、複数の直交チャネルで信号を多重できる。

[0005] また、特許文献2、特許文献3では、円形に配置したアレーアンテナを用いて、異なるOAM伝搬モードを有する電磁波を送信する技術が開示されている。この技術により、複数のOAM伝搬モードを有する電磁波を送受信できるため、複数の直交チャネルで信号を多重できる。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：国際公開第2014／199451号

特許文献2：国際公開第2015／159808号

特許文献3：特開2015－207799号公報

発明の概要

- [0007] しかしながら、特許文献 1、特許文献 2、特許文献 3 の技術では、OAM 伝搬モードを有する電磁波の無線信号の多重に用いるのみである。
- [0008] 本開示は、複数の OAM 伝搬モードを有する無線信号によって通信を行うシステムにおいて、OAM 伝搬モードを選択して変調／復調を行うことができる送信装置、受信装置、および通信方法を提供することを目的とする。
- [0009] 本開示の送信装置は、送信するビットデータの値に応じて、N 個（N は 2 以上の整数）の OAM (orbital angular momentum) 伝搬モードの中から OAM 伝搬モードを選択する変調部と、変調部によって選択された OAM 伝搬モードの信号を送信する送信部と、を有する。
- [0010] 本開示の受信装置は、N 個（N は 2 以上の整数）の OAM (orbital angular momentum) 伝搬モードの中から選択された OAM 伝搬モードの信号を受信する受信部と、受信した信号の OAM 伝搬モードに応じて、ビットデータの値を出力する復調部と、を有する。
- [0011] 本開示の送信装置は、N 個（N は 2 以上の整数）の OAM (orbital angular momentum) 伝搬モードのそれぞれを順に K 回（K は、1 以上の整数）選択する選択順を示すパターンに基づいて、OAM 伝搬モードを選択する変調部と、K 個のモード間隔からなる 1 シンボル間隔において、変調部が選択した順に、OAM 伝搬モードの信号を送信する送信部と、を有する。
- [0012] 本開示の受信装置は、K 個（K は、1 以上の整数）のモード間隔分の OAM 伝搬モードの信号を受信する受信部と、N 個（N は 2 以上の整数）の OAM (orbital angular momentum) 伝搬モードのいずれか少なくとも 1 つを順に K 回選択する選択順を示すパターンに基づいて、受信した信号からシンボルを復調する復調部と、を有する。
- [0013] 本開示の通信方法は、送信するビットデータの値に応じて、N 個（N は 2 以上の整数）の OAM (orbital angular momentum) 伝搬モードの中から OAM 伝搬モードを選択し、選択された OAM 伝搬

モードの信号を送信し、N個のOAM伝搬モードの中から選択されたOAM伝搬モードの信号を受信し、受信した信号のOAM伝搬モードに応じて、ビットデータの値を出力する。

[0014] 本開示の通信方法は、N個（Nは2以上の整数）のOAM（orbital angular momentum）伝搬モードのそれぞれを順にK回（Kは、1以上の整数）選択する選択順を示すパターンに基づいて、OAM伝搬モードを選択し、K個のモード間隔からなる1シンボル間隔において、選択した順に、OAM伝搬モードの信号を送信し、K個のモード間隔分のOAM伝搬モードの信号を受信し、パターンに基づいて、受信した信号からシンボルを復調する。

[0015] 本開示によれば、複数のOAM伝搬モードを用いて変調／復調を行うことができる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]図1は、本開示の実施の形態1に係るOAM多重伝送システムの一例を示す図である。

[図2]図2は、2×2の正方配置のアレーアンテナの一例を示す図である。

[図3]図3は、2×2の正方配置のアレーアンテナにおけるOAM移相を示す図である。

[図4]図4は、本開示の実施の形態1におけるテーブルの一例を示す図である。

[図5]図5は、本開示の実施の形態1におけるOAM伝搬モードの選択順の一例を示す図である。

[図6]図6は、本開示の実施の形態1におけるテーブルの別の一例を示す図である。

[図7]図7は、本開示の実施の形態2におけるOAM伝搬モードの選択順の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0017] 本開示の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、以

下に説明する各実施の形態は一例であり、本開示はこれらの実施の形態により限定されるものではない。

[0018] (実施の形態 1)

図 1 は、本実施の形態に係る OAM 伝送システムの一例を示す図である。本実施の形態に係る OAM 伝送システムは、0 次、1 次、-1 次、2 次の 4 つの OAM 伝搬モードで通信を行うシステムである。OAM 伝送システムは、送信装置 10 と、受信装置 20 とを含む。2 次の OAM 伝搬モードとしては、-2 次または +2 次のいずれか、またはその混在した OAM 伝搬モードを用いる。

[0019] 送信装置 10 は、アレーアンテナ 100、変調部 11、送信部 12 を有する。

[0020] 本実施の形態に係るアレーアンテナ 100 は、4 個のアンテナ素子が平面に格子状に配置された構成を有する。図 2 は、アレーアンテナ 100 の構成の一例を示す図である。

[0021] 図 2 に示すアレーアンテナ 100 は、4 個のアンテナ素子が横方向に 2 個、縦方向に 2 個配置された 2×2 の正方配置のフェーズドアレーである。以下、4 個の各アンテナ素子を図 2 に示す位置に応じて、それぞれ、アンテナ素子 1-1 ~ 2-2 と記載する。

[0022] 図 1 の説明に戻ると、変調部 11 は、入力される情報と OAM 伝搬モードとを対応付けたテーブルを有する。変調部 11 は、各 OAM 伝搬モードに対応する接続端子 T(0)、T(+1)、T(-1)、T(2) と接続する。変調部 11 は、入力される情報に基づいて、4 つの OAM 伝搬モードのうち、いずれか 1 つの OAM 伝搬モードを選択する。変調部 11 は、選択した OAM 伝搬モードに対応する接続端子から送受信間で既知の信号を出力する。なお、テーブルおよび変調処理の詳細については、後述する。

[0023] 送信部 12 は、変調部 11 から出力される信号に対し、OAM 伝搬モードに応じた重み付け、無線周波数帯へのアップコンバート、および増幅等の送信処理を行い、送信処理を行った信号をアレーアンテナ 100 へ出力する。

- [0024] 具体的に、送信部 12 は、重み付け部 13-1-1~13-2-2、ミキサ 14-1-1~14-2-2、および増幅器 15-1-1~15-2-2 を有する。
- [0025] 重み付け部 13-i-j (i、j は、それぞれ、1 または 2 をとる)、ミキサ 14-i-j、および増幅器 15-i-j は、アンテナ素子 i-j に対応する。つまり、送信部 12 は、アンテナ素子の数と同数の重み付け部 13、ミキサ 14、および増幅器 15 を有する。
- [0026] 重み付け部 13-i-j は、OAM 伝搬モードに対応する各接続端子から入力される信号に対して、アンテナ素子 i-j における各 OAM 伝搬モードの重み付けを行う。重み付け部 13-i-j は、接続端子 T(0) から信号が入力される場合、アンテナ素子 i-j における 0 次の OAM 伝搬モードの OAM 移相の重み付けを行う。同様に、重み付け部 13-i-j は、接続端子 T(+1) から信号が入力される場合、アンテナ素子 i-j における +1 次の OAM 伝搬モードの OAM 移相の重み付けを行う。重み付け部 13-i-j は、接続端子 T(-1) から信号が入力される場合、アンテナ素子 i-j における -1 次の OAM 伝搬モードの OAM 移相の重み付けを行う。重み付け部 13-i-j は、接続端子 T(2) から信号が入力される場合、アンテナ素子 i-j における 2 次の OAM 伝搬モードの OAM 移相の重み付けを行う。重み付けされる移相について、図 3 を参照して説明する。
- [0027] 図 3 には、アレーアンテナ 100 における各アンテナ素子の OAM 移相が OAM 伝搬モード毎に示される。
- [0028] 0 次の OAM 伝搬モードの場合、各アンテナ素子の OAM 移相は、全てゼロ、つまり、互いに位相差を与えない。そのため、アレーアンテナ 100 は、同位相の平面波を出力する。
- [0029] +1 次の OAM 伝搬モードの場合、各アンテナ素子における OAM 移相は、点 O を中心に左回りに一周して 2π 分移相が変化するような重み付けを行う。具体的には、アンテナ素子 1-1 における OAM 移相を 0 とし、アンテナ素子 2-1、アンテナ素子 2-2、アンテナ素子 1-2 における OAM 移

相をそれぞれ、 $\pi/2$ 、 π 、 $3\pi/2$ とする。

[0030] -1 次の OAM 伝搬モードの場合、各アンテナ素子における OAM 移相は、点 O を中心に右回りに一周して 2π 分移相が変化するような重み付けを行う。具体的には、アンテナ素子 1-1 における OAM 移相を 0 とし、アンテナ素子 2-1、アンテナ素子 2-2、アンテナ素子 1-2 における OAM 移相をそれぞれ、 $-\pi/2$ 、 $-\pi$ 、 $-3\pi/2$ とする。

[0031] 2 次の OAM 伝搬モードの場合、各アンテナ素子における OAM 移相は、点 O を中心に左回りに一周して 4π 分移相が変化するような重み付けを行う。具体的には、アンテナ素子 1-1 における OAM 移相を 0 とし、アンテナ素子 2-1、アンテナ素子 2-2、アンテナ素子 1-2 における OAM 移相をそれぞれ、 π 、 2π 、 3π とする。なお、 2π の OAM 移相の重み付けを行うということは、重み付けを行わない（つまり、OAM 移相が 0）ということと同様である。また、 3π の OAM 移相の重み付けを行うということは、 π の OAM 移相の重み付けを行うということと同様である。そのため、図 3 では、アンテナ素子 2-2、アンテナ素子 1-2 における OAM 移相をそれぞれ、0、 π とする。

[0032] 図 1 の説明に戻ると、ミキサ 14-i-j は、対応する重み付け部 13-i-j から出力される信号を、搬送波周波数帯にアップコンバートする。

[0033] 増幅器 15-i-j は、ミキサ 14-i-j から出力される信号の電力の増幅を行い、アンテナ素子 i-j へ出力する。

[0034] アンテナ素子 i-j は、増幅器 15-i-j から出力される信号を放射する。アレーアンテナ 100 は、OAM 移相がそれぞれ重み付けされた信号が各アンテナ素子から放射されることにより、OAM 伝搬モードを有する信号を出力する。

[0035] 受信装置 20 は、アレーアンテナ 100、受信部 21、復調部 22 を有する。受信装置 20 のアレーアンテナ 100 は、送信装置 10 のアレーアンテナ 100 と同一の構成を有し、送信装置 10 から送信された信号を受信する。

- [0036] 受信部 21 は、アンテナ素子 1-1 ~ 2-2 が受信した信号に対して、増幅、ベースバンドへのダウンコンバート、OAM 伝搬モードに応じた重み付け、合成等の受信処理を行い、受信処理を行った信号を復調部 22 へ出力する。受信処理が行われた信号は、各 OAM 伝搬モードに対応する信号に分離（または変換）される。
- [0037] 受信部 21 は、増幅器 23-1-1 ~ 23-2-2、ミキサ 24-1-1 ~ 23-2-2、重み付け部 25-1-1 ~ 25-2-2、および合成部 26-1 ~ 26-4 を有する。
- [0038] 増幅器 23-i-j、ミキサ 24-i-j、および重み付け部 25-i-j は、アンテナ素子 i-j に対応する。つまり、受信部 21 は、アンテナ素子の数と同数の増幅器 23、ミキサ 24、および重み付け部 25 を有する。
- [0039] 増幅器 23-i-j は、アンテナ素子 i-j が受信した受信信号の電力の増幅を行い、ミキサ 24-i-j へ出力する。
- [0040] ミキサ 24-i-j は、増幅器 23-i-j から出力される信号を、ベースバンドにダウンコンバートし、重み付け部 25-i-j へ出力する。
- [0041] 重み付け部 25-i-j は、ミキサ 24-i-j から出力された信号に対して、OAM 伝搬モードに応じた重み付けを行うことにより、各 OAM 伝搬モードの信号成分に変換する。
- [0042] 図 1 に示すように、重み付け部 25-i-j において重み付けされる OAM 移相は、送信装置 10 の重み付け部 13-i-j において重み付けされる OAM 移相の正負を反転させた OAM 移相である。
- [0043] 合成部 26-1 ~ 26-4 は、それぞれ、0 次、+1 次、-1 次、2 次の OAM 伝搬モードに対応する。合成部 26-1 は、重み付け部 25-1-1 ~ 25-2-2 から出力される 0 次の OAM 伝搬モードの信号成分を加算することにより合成する。合成部 26-2 は、重み付け部 25-1-1 ~ 25-2-2 から出力される +1 次の OAM 伝搬モードの信号成分を加算することにより合成する。合成部 26-3 は、重み付け部 25-1-1 ~ 25-2-2 から出力される -1 次の OAM 伝搬モードの信号成分を加算することにより合成する。合成部 26-4 は、重み付け部 25-1-1 ~ 25-2-2 から出力される 2 次の OAM 伝搬モードの信号成分を加算することにより合成する。

より合成する。合成部 26-4 は、重み付け部 25-1-1 ~ 25-2-2 から出力される 2 次の OAM 伝搬モードの信号成分を加算することにより合成する。合成部 26-1 ~ 26-4 は、それぞれ合成した各 OAM 伝搬モードの受信信号 $R(0)$ 、 $R(+1)$ 、 $R(-1)$ 、 $R(2)$ を復調部 22 へ出力する。

[0044] 復調部 22 は、送信装置 10 の変調部 11 と同じ OAM 伝搬モードと情報とを対応づけたテーブルを有する。復調部 22 は、合成部 26-1 ~ 26-4 から出力された各 OAM 伝搬モードの受信信号から、受信信号の OAM 伝搬モード（つまり、どの OAM 伝搬モードを用いた信号を受信したか）を判定する。そして、復調部 22 は、テーブル、および判定した OAM 伝搬モードに基づいて、情報を復調し、復調した情報を出力する。

[0045] 例えば、復調部 22 は、各 OAM 伝搬モードの受信信号 $R(0)$ 、 $R(+1)$ 、 $R(-1)$ 、 $R(2)$ のそれぞれの信号電力と所定の閾値とを比較する。そして、復調部 22 は、所定の閾値より大きい信号電力を有する信号に対応する OAM 伝搬モードを、受信信号の OAM 伝搬モードと判定する。

[0046] 次に、変調部 11 における変調処理、および復調部 22 における復調処理に用いられるテーブルについて、図 4 を参照して説明する。

[0047] 図 4 は、本実施の形態におけるテーブルの一例を示す図である。図 4 に示すテーブルでは、0 次の OAM 伝搬モードが、2 ビットのデータ「00」に対応付けて割り当てられる。同様に、+1 次、-1 次、2 次の OAM 伝搬モードが、それぞれ、2 ビットのデータ「01」、「10」、「11」に対応付けて割り当てられる。

[0048] 次に、図 4 に示したテーブルに基づく、変調部 11 の変調処理、復調部 22 の復調処理について説明する。

[0049] 送信装置 10 の変調部 11、および受信装置 20 の復調部 22 は、同一のテーブルを有する。

[0050] 変調部 11 は、入力される 2 ビットのデータ、および図 4 に示すテーブルに基づいて、使用する OAM 伝搬モードを選択する。例えば、変調部 11 は

、入力される2ビットのデータが「00」の場合、図4に示すように、0次のOAM伝搬モードを選択する。変調部11は、0次のOAM伝搬モードに対応する接続端子T(0)から既知の信号を出力する。そして、送信部12は、0次のOAM伝搬モードを使用して既知の信号を送信する。

[0051] 復調部22は、受信信号のOAM伝搬モードを判定し、図4に示すテーブルを参照して、データを復調する。例えば、復調部22は、受信信号のOAM伝搬モードが0次のOAM伝搬モードである場合、「00」の2ビットのデータを出力する。

[0052] 次に、入力されるビットの列（データ系列）に対するOAM伝搬モードの選択について、図5を参照して説明する。

[0053] 図5は、本実施の形態におけるOAM伝搬モードの選択順の一例を示す図である。図5には、入力されるデータ系列と、データ系列に対して選択されるOAM伝搬モードがシンボル間隔 T_s 毎に示される。変調部11は、入力されるデータ系列の2ビット毎に、OAM伝搬モードを選択し、選択したOAM伝搬モードの信号を T_s 毎に出力する。

[0054] なお、図4では、1つのOAM伝搬モードと2ビットのデータとが、対応づけられたテーブルを示したが、本開示はこれに限定されない。テーブルの別の一例について、図6を参照して説明する。

[0055] 図6は、本実施の形態におけるテーブルの別の一例を示す図である。図6に示すテーブルでは、0次および+1次のOAM伝搬モードが、2ビットのデータ「00」に対応付けて割り当てられる。同様に、2ビットのデータ「01」、「10」、「11」それぞれに対応付けられて、+1次および-1次、-1次および2次、2次および0次のOAM伝搬モードが割り当てられる。

[0056] 変調部11は、図6に示すテーブルを参照して変調処理を行う場合、2つのOAM伝搬モードを選択する。例えば、変調部11は、入力される2ビットのデータが「00」の場合、0次および+1次のOAM伝搬モードを選択する。そして、変調部11は、0次および+1次のOAM伝搬モードに対応

するそれぞれの接続端子 $T(0)$ 、 $T(+1)$ から既知の信号を出力する。

[0057] この場合、変調部 11 が 2 つの接続端子から出力する既知の信号は、互いに同一であってもよいし、異なってもよい。また、変調部 11 が 2 つ以上の OAM 伝搬モードを選択する場合、重み付け部 13 は、図示しない加算部において、重み付けを行った後の信号を加算して合成し、合成した信号を対応するミキサ 14 へ出力する。

[0058] 復調部 22 は、受信信号に含まれる 2 つの OAM 伝搬モードを判定し、データを復調する。例えば、復調部 22 は、受信した信号の OAM 伝搬モードが 0 次および +1 次の OAM 伝搬モードである場合、「00」の 2 ビットのデータを出力する。

[0059] 以上説明した本実施の形態において、送信装置 10 は、送信する情報に基づいて、複数の OAM 伝搬モードのいずれか少なくとも 1 つの OAM 伝搬モードを選択し、選択された少なくとも 1 つの OAM 伝搬モードの信号を送信する構成を有する。また、受信装置 20 は、受信信号の OAM 伝搬モードに応じて、情報の復調を行う構成を有する。この構成により、複数の OAM 伝搬モードを有する無線信号によって通信を行うシステムにおいて、簡易な構成で OAM 伝搬モードを用いた変調／復調を行うことができる。

[0060] また、OAM 伝搬モードの信号が互いに直交するため、送信側が送信した OAM 伝搬モードを受信側が誤って判定する可能性は低い。そのため、復調時の誤りを低減することができる。

[0061] なお、本実施の形態では、変調部 11 が入力される情報がビットのデータである場合について説明したが、本開示はこれに限定されない。変調部 11 が、入力される情報に応じて、OAM 伝搬モードを選択する構成であればよい。

[0062] また、本実施の形態では、4 つの OAM 伝搬モードの信号を送信する構成として説明したが、本開示はこれに限定されない。3 つ以下、または 5 つ以上の OAM 伝搬モードの信号を送信する構成であってもよい。送信できる OAM 伝搬モードが増加すれば、変調の多値化を実現できる。例えば、送信装

置が8つのOAM伝搬モードを送信する構成を有する場合、1シンボル区間で3ビットのデータを送信できる。

[0063] (実施の形態2)

上記の実施の形態1では、入力される情報とOAM伝搬モードとを対応づけたテーブルに基づいて、OAM伝搬モードを選択して変調／復調を行う構成について説明した。本実施の形態2では、複数のOAM伝搬モードの順を示す拡散パターンを用いて1シンボル分のデータ信号を拡散する二次変調／復調する構成について説明する。

[0064] 本実施の形態2に係るOAM伝送システムは、図1に示したOAM伝送システムと同様である。本実施の形態2に係るOAM伝送システムでは、主に、送信装置10の変調部11、および受信装置10の復調部22の処理が実施の形態1と異なる。以下、本実施の形態2に係る変調部11および復調部22の処理について、図7を参照して説明する。

[0065] 図7は、本実施の形態におけるOAM伝搬モードの選択順の一例を示す図である。図7には、S1～S3の送信シンボルと、送信シンボルを送信するOAM伝搬モードの選択順が示される。図7の拡散パターンは、0次、+1次、-1次、2次の4つの選択順を示す拡散パターンである。

[0066] 変調部11は、ベースバンド変調器（図示せず）から入力される送信シンボルをモード間隔 $T_m (= (1/4) T_s)$ 毎に時間軸上で分割する。変調部11は、拡散パターンが示す選択順に基づいて、分割した送信シンボルそれぞれを各接続端子から出力する。

[0067] そして、変調部11は、拡散パターンが示す選択順によって選択されないOAM伝搬モードの出力端子から送受信間で既知のダミー信号を出力する。既知のダミー信号は、分割した送信シンボルと異なる信号であり、分割した送信シンボルの電力と同等の電力を有する。

[0068] 送信部12は、変調部11から出力される分割した送信シンボルまたはダミー信号をそれぞれ対応するOAM伝搬モードを用いて送信する。

[0069] 受信装置20の受信部21は、受信した信号から各OAM伝搬モードの受

信信号に変換（分離）し、復調部 22 へ出力する。

[0070] 復調部 22 は、変調部 11 が有する拡散パターンと同じ拡散パターンを有する。復調部 22 は、拡散パターンが示す順に従って、復調部 22 から出力される各 OAM 伝搬モードの信号の中から、受信シンボルを結合し、結合した受信シンボルを外部のベースバンド復調器（図示せず）へ出力する。

[0071] 一例として、送信装置 10 が送信シンボル S2 を送信する場合の送受信間の処理について説明する。

[0072] 変調部 11 は、送信シンボル S2 を T_m 毎に時間軸上で分割する。以下では、分割した送信シンボルを、順に、S21、S22、S23、S24 とする。

[0073] 変調部 11 は、 T_{m1} 区間で、0 次の OAM 伝搬モードに対応する接続端子 $T(0)$ に、分割した送信シンボル S21 を出力し、+1 次、-1 次、2 次の OAM 伝搬モードにそれぞれ対応する接続端子 $T(+1)$ 、 $T(-1)$ 、 $T(2)$ へ、ダミー信号を送信する。送信部 12 は、変調部 11 からの出力に基づき、 T_{m1} 区間で、0 次の OAM 伝搬モードを用いて、分割した送信シンボル S21 を送信し、+1 次、-1 次、2 次の OAM 伝搬モードを用いて、ダミー信号を送信する。

[0074] 同様に、送信部 12 は、 T_{m2} 区間で、+1 次の OAM 伝搬モードを用いて、分割した送信シンボル S22 を送信し、0 次、-1 次、2 次の OAM 伝搬モードを用いて、ダミー信号を送信する。送信部 12 は、 T_{m3} 区間で、-1 次の OAM 伝搬モードを用いて、分割した送信シンボル S23 を送信し、0 次、-1 次、2 次の OAM 伝搬モードを用いて、ダミー信号を送信する。同送信部 12 は、 T_{m4} 区間で、2 次の OAM 伝搬モードを用いて、分割した送信シンボル S24 を送信し、0 次、+1 次、-1 次の OAM 伝搬モードを用いて、ダミー信号を送信する。

[0075] 受信部 21 は、 T_m 区間毎に送信された信号に対する受信処理を行い、受信した信号から各 OAM 伝搬モードの受信信号に分離する。受信部 21 は、分離した各 OAM 伝搬モードの受信信号を復調部 22 へ出力する。

[0076] 復調部22は、 T_m1 区間に対応する区間において、0次のOAM伝搬モードの受信信号 $R(0)$ を抽出する。その際、復調部22は、+1次、-1次、2次のOAM伝搬モードの受信信号を破棄する。同様に、復調部22は、 T_m2 、 T_m3 、 T_m4 区間にそれぞれ対応する区間において、+1次、-1次、2次のOAM伝搬モードの受信信号 $R(+1)$ 、 $R(-1)$ 、 $R(2)$ を抽出する。復調部22は、拡散パターン1周期分、つまり、1シンボル分に相当するOAM伝搬モードの受信信号を抽出した後、抽出した信号を結合し受信シンボルを復調し、出力する。

[0077] 以上説明した本実施の形態によると、送信装置の通信相手とは異なる受信装置は、拡散パターンについて未知であるため、送信装置が送信した信号を傍受することができない。また、送信装置が拡散パターンによって選択されないOAM伝搬モードを用いてダミー信号を送信するため、送信装置の通信相手とは異なる受信装置は、各OAM伝搬モード間の信号強度により送信信号の推定を行うことができない。そのため、帯域の拡散等を行うことなく、互いに拡散パターンを共有する送信装置と受信装置との間の通信の秘匿性を向上させることができる。

[0078] なお、本実施の形態における送信装置は、4つのOAM伝搬モードの信号を送信する構成として説明したが、本開示はこれに限定されない。3つ以下、または5つ以上のOAM伝搬モードの信号を送信する構成であってもよい。送信できるOAM伝搬モードが増加すれば、OAM伝搬モードの選択するパターンを複雑にできるため、秘匿性をより向上させることができる。

[0079] また、本実施の形態では、1シンボル間隔 $T_s = 4T_m$ とし、1シンボル間隔内で、モード間隔 T_m 毎に、1つのOAM伝搬モードを4回選択する拡散パターンについて説明したが、本開示はこれに限定されない。モード間隔 T_m 毎に、2つ以上のOAM伝搬モードを選択する拡散パターンであってもよい。また、拡散パターンの長さ、つまり、1シンボル間隔内でのOAM伝搬モードの選択数は、3以下であっても、5以上であってもよい。1つのOAM伝搬モードを1シンボル間隔内で複数回選択する拡散パターンであって

もよい。

[0080] なお、上記の各実施の形態では、送信装置が 2×2 の正方配置のアレーアンテナを有する構成について説明したが、本開示はこれに限定されない。送信装置は、複数のOAM伝搬モードの信号を送信する構成であればよい。例えば、送信装置は、アンテナ素子が円形に配置された円形アレーアンテナを用いて複数のOAM伝搬モードの信号を送信する構成であってもよい。あるいは、送信装置は、複数のOAM伝搬モードそれぞれに対応する送信アンテナを備え、変調部によって選択されたOAM伝搬モードに対応する送信アンテナから信号を出力する構成であってもよい。受信装置においても、同様である。

[0081] また、上記の実施の形態では、本開示をハードウェアで構成する場合を例にとって説明したが、本開示はハードウェアとの連携においてソフトウェアでも実現することも可能である。

[0082] また、上記各実施の形態の説明に用いた各機能ブロックは、典型的には集積回路であるLSIとして実現される。これらは個別に1チップ化されてもよいし、一部または全てを含むように1チップ化されてもよい。ここでは、LSIとしたが、集積度の違いにより、IC、システムLSI、スーパーLSI、ウルトラLSIと呼称されることもある。

[0083] また、集積回路化の手法はLSIに限るものではなく、専用回路または汎用プロセッサで実現してもよい。LSI製造後に、プログラムすることが可能なFPGA(Field Programmable Gate Array)又は、LSI内部の回路セルの接続若しくは設定を再構成可能なリコンフィギュラブル・プロセッサを利用してよい。

[0084] さらに、半導体技術の進歩または派生する別技術によりLSIに置き換わる集積回路化の技術が登場すれば、当然、その技術を用いて機能ブロックの集積化を行ってもよい。バイオ技術の適用等が可能性としてありえる。

産業上の利用可能性

[0085] 本開示は、複数のOAM伝搬モードを用いて通信を行う無線通信装置、無

線通信方法に有用である。

符号の説明

- [0086] 1－1, 1－2, 2－1, 2－2 アンテナ素子
- 1 0 送信装置
- 1 1 変調部
- 1 2 送信部
- 1 3, 2 5 重み付け部
- 1 4, 2 4 ミキサ
- 1 5, 2 3 増幅器
- 2 0 受信装置
- 2 1 受信部
- 2 2 復調部
- 2 6 合成部
- 1 0 0 アレーアンテナ

請求の範囲

- [請求項1] 送信するビットデータの値に応じて、N個（Nは2以上の整数）のOAM（orbital angular momentum）伝搬モードの中からOAM伝搬モードを選択する変調部と、
前記変調部によって選択されたOAM伝搬モードの信号を送信する送信部と、
を有する送信装置。
- [請求項2] 前記変調部は、前記ビットデータの値と前記N個のOAM伝搬モードのいずれかK個（Kは、1以上N未満の整数）とが対応づけられたテーブルに基づいて、K個のOAM伝搬モードを選択し、
前記送信部は、前記K個のOAM伝搬モードの信号を送信する、
請求項1に記載の送信装置。
- [請求項3] N個（Nは2以上の整数）のOAM（orbital angular momentum）伝搬モードの中から選択されたOAM伝搬モードの信号を受信する受信部と、
前記受信した信号のOAM伝搬モードに応じて、ビットデータの値を出力する復調部と、
を有する受信装置。
- [請求項4] N個（Nは2以上の整数）のOAM（orbital angular momentum）伝搬モードのそれぞれを順にK回（Kは、1以上の整数）選択する選択順を示すパターンに基づいて、OAM伝搬モードを選択する変調部と、
K個のモード間隔からなる1シンボル間隔において、前記変調部が選択した順に、OAM伝搬モードの信号を送信する送信部と、
を有する送信装置。
- [請求項5] 前記送信部は、前記1シンボル間隔において、1シンボル分のデータ信号をK個に分割した信号それぞれを、前記変調部が選択した順のOAM伝搬モードを用いて送信する、

請求項4に記載の送信装置。

[請求項6] 前記送信部は、前記変調部が選択しないOAM伝搬モードを用いて、
ダミー信号を送信する、

請求項4または5に記載の送信装置。

[請求項7] K個（Kは、1以上の整数）のモード間隔分のOAM伝搬モードの
信号を受信する受信部と、

N個（Nは2以上の整数）のOAM（orbital angular momentum）伝搬モードのいずれか少なくとも1つを順
にK回選択する選択順を示すパターンに基づいて、前記受信した信号
からシンボルを復調する復調部と、

を有する受信装置。

[請求項8] 送信するビットデータの値に応じて、N個（Nは2以上の整数）の
OAM（orbital angular momentum）伝搬
モードの中からOAM伝搬モードを選択し、

前記選択されたOAM伝搬モードの信号を送信し、

前記N個のOAM伝搬モードの中から前記選択されたOAM伝搬モ
ードの信号を受信し、

前記受信した信号のOAM伝搬モードに応じて、ビットデータの値
を出力する、

通信方法。

[請求項9] N個（Nは2以上の整数）のOAM（orbital angular momentum）伝搬モードのそれぞれを順にK回（Kは、
1以上の整数）選択する選択順を示すパターンに基づいて、OAM伝
搬モードを選択し、

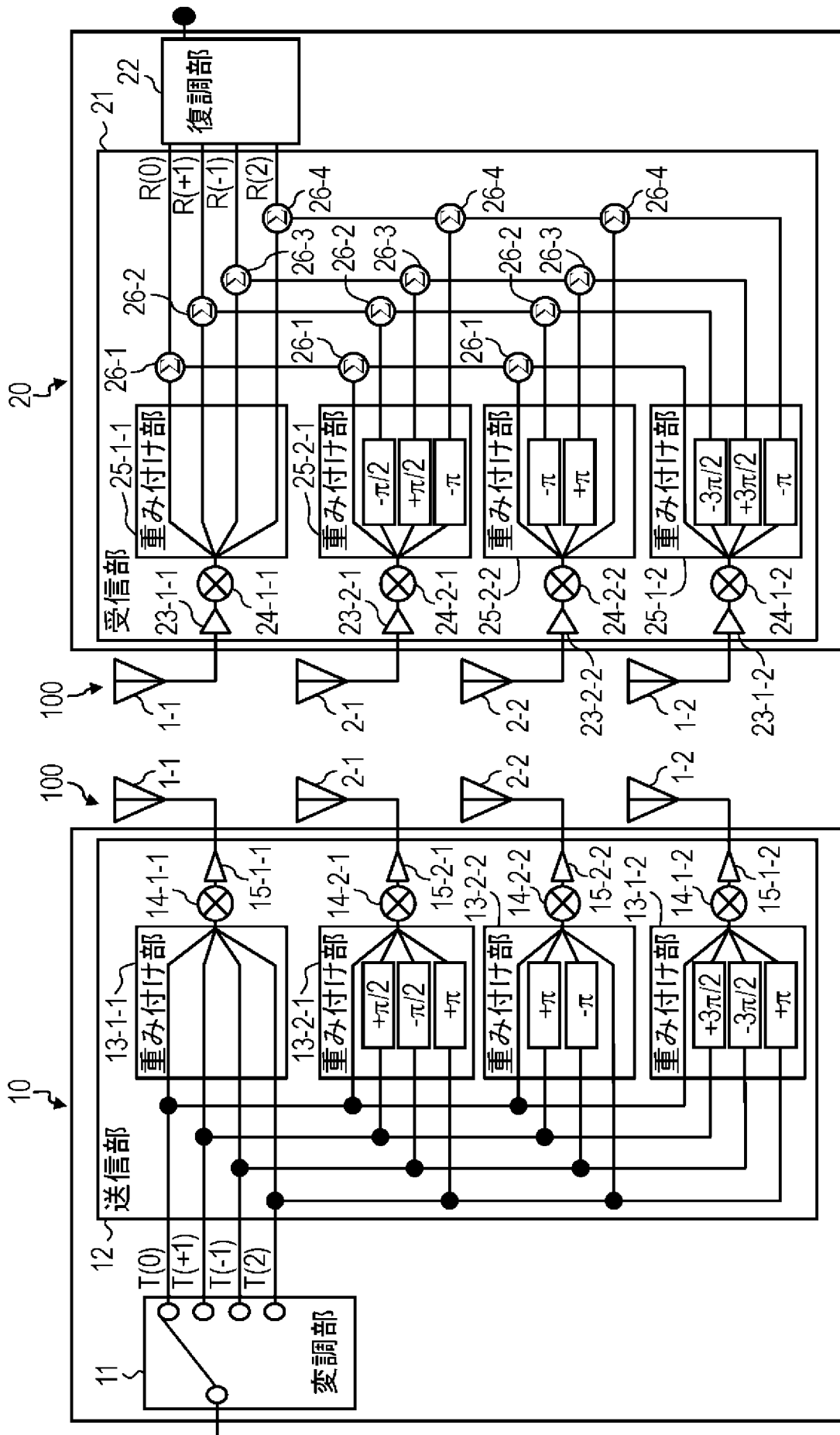
K個のモード間隔からなる1シンボル間隔において、前記選択した
順に、OAM伝搬モードの信号を送信し、

前記K個のモード間隔分のOAM伝搬モードの信号を受信し、

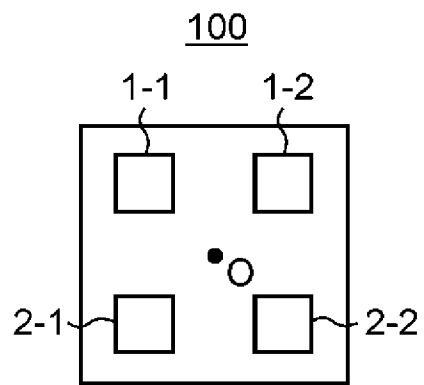
前記パターンに基づいて、前記受信した信号からシンボルを復調す

る、
通信方法。

[図1]



[図2]



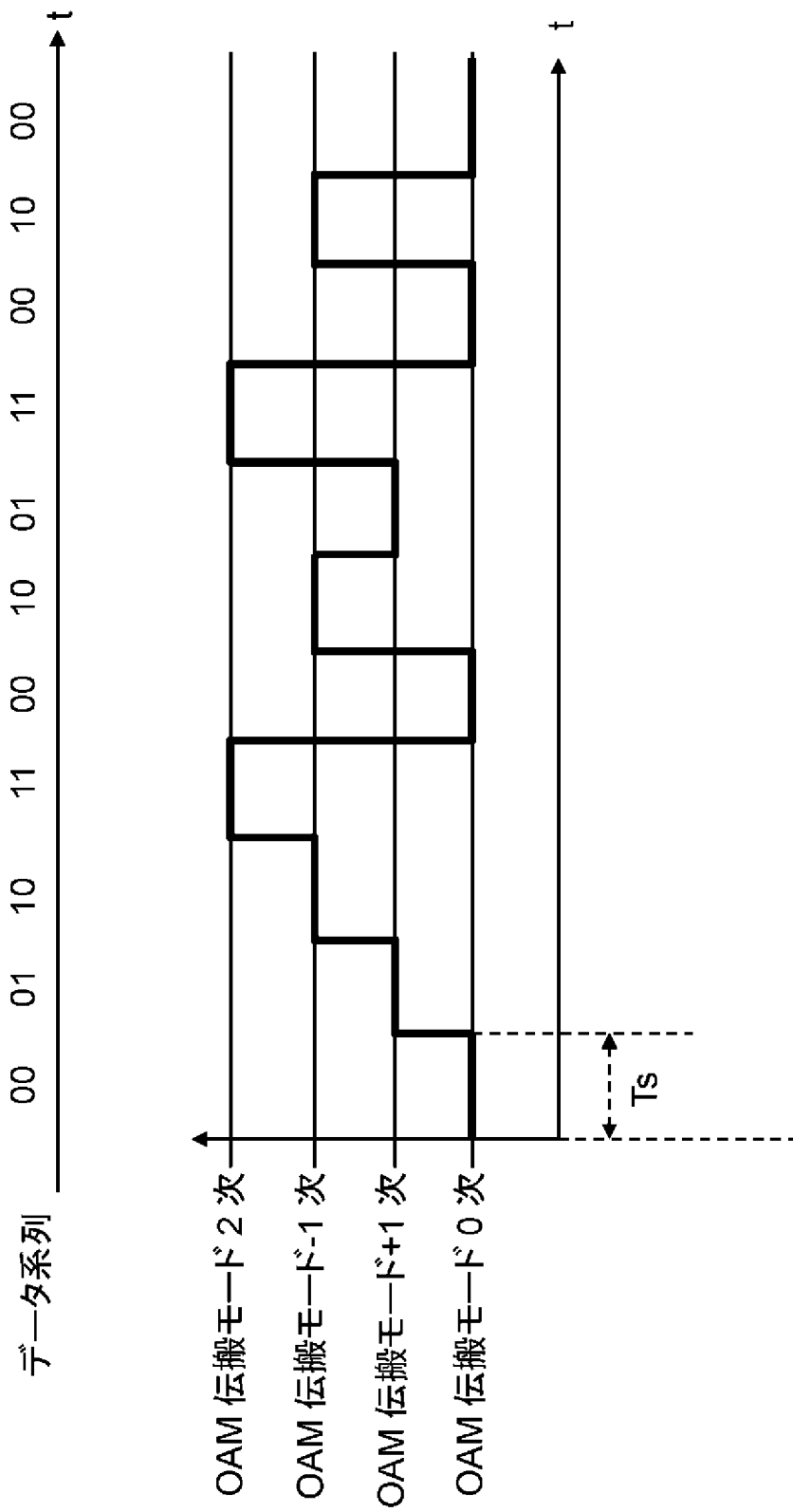
[図3]

モード0次	モード+1次	モード-1次	モード2次
+0 +0 ● ○	0 +3$\pi/2$ ● ○	0 -3$\pi/2$ ● ○	0 +π ● ○
+0 +0 ● ○	+$\pi/2$ +π ● ○	-$\pi/2$ -π ● ○	+π 0 ● ○

[図4]

データ	OAM 伝搬モード
00	モード 0 次
01	モード+1 次
10	モード-1 次
11	モード 2 次

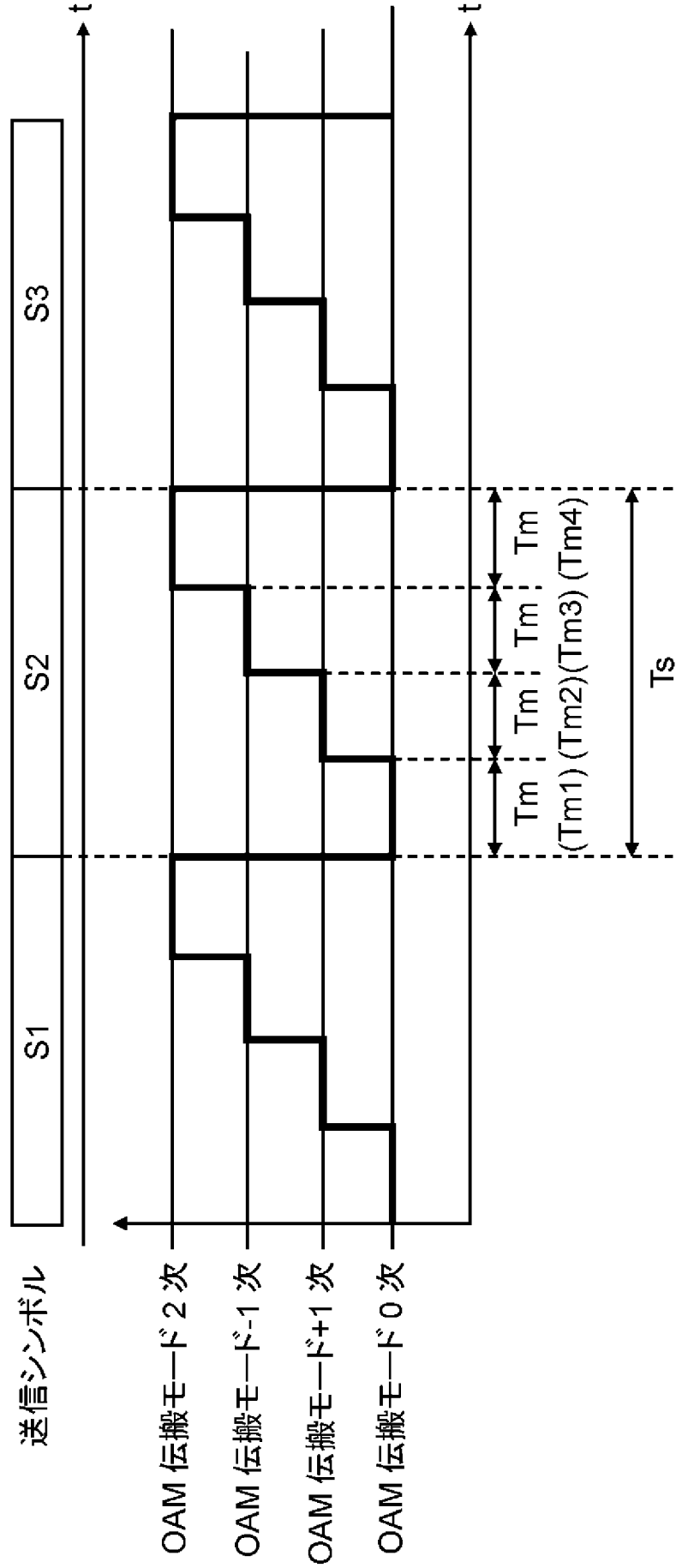
[図5]



[図6]

データ	OAM 伝搬モード
00	モード 0 次,モード+1 次
01	モード+1 次,モード-1 次
10	モード-1 次,モード 2 次
11	モード 2 次,モード 0 次

[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/002835

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04J11/00(2006.01)i, H04J99/00(2009.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04J11/00, H04J99/00

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

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2016

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2016 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2016

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

IEEE Xplore, CiNii

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	B. Allen et al., Wireless data encoding and decoding using OAM modes, Electronics Letters, 2014.01.30, Vol.50, No.3, pp.232-233	1-3, 8 4-7, 9
A	WO 2014/199451 A1 (Fujitsu Ltd.), 18 December 2014 (18.12.2014), fig. 1 to 7; paragraphs [0018] to [0076] & US 2016/0028163 A1 fig. 1 to 7; paragraphs [0033] to [0092]	1-9
A	US 2015/0146815 A1 (EUTELSAT S A), 28 May 2015 (28.05.2015), fig. 1, 4, 9 to 14 & WO 2014/016655 A1	1-9

☐ 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

19 July 2016 (19.07.16)

Date of mailing of the international search report

26 July 2016 (26.07.16)

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office

3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,

Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H04J11/00(2006.01)i, H04J99/00(2009.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H04J11/00, 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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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, CiNii

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	B. Allen et al., Wireless data encoding and decoding using OAM modes, Electronics Letters, 2014.01.30, Vol.50, No.3, pp.232-233	1-3, 8 4-7, 9
A	WO 2014/199451 A1 (富士通株式会社) 2014.12.18, 第1-7図, 段落 [0018] - [0076] & US 2016/0028163 A1, Figures 1-7, Paragraphs[0033]-[0092]	1-9

☒ 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、国際出願日後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

19.07.2016

国際調査報告の発送日

26.07.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

岡 裕之

電話番号 03-3581-1101 内線 3556

5K

3251

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	US 2015/0146815 A1 (EUTELSAT S A) 2015.05.28, Figures 1, 4, 9-14 & WO 2014/016655 A1	1-9