

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015年6月11日(11.06.2015)



(10) 国際公開番号

WO 2015/083475 A1

- (51) 国際特許分類:
H04J 99/00 (2009.01) H04B 7/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/079265
- (22) 国際出願日: 2014年11月4日(04.11.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-252667 2013年12月6日(06.12.2013) JP
- (71) 出願人: シャープ株式会社(SHARP KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒5458522 大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 加藤 勝也(KATO Katsuya), 山田 良太(YAMADA Ryota), 横枕 梢(YOKOMAKURA Kozue), 留場 宏道(TOMEBA Hiromichi).
- (74) 代理人: 福地 武雄(FUKUCHI Takeo); 〒1500031 東京都渋谷区桜丘町3番1号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,

BB, BG, BH, 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, JP, 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.

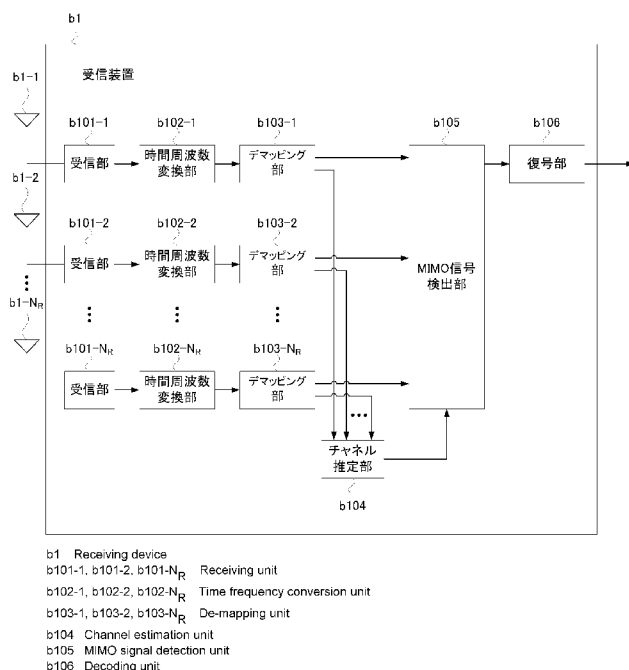
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,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

(54) 発明の名称: 受信装置、受信方法および受信プログラム



ス信号であることを特徴とする。

(57) Abstract: Provided are an MIMO receiving device, a receiving method, and a receiving program that can achieve exceptional transmission properties with a low amount of computation and reduced circuit scale. The receiving device is characterized by the following: using as a start signal at least one base signal that is the sum of a channel value and the size of a real part or imaginary part of a modulation point; and generating the base signals not included in the start signal by bit shift to the start signal and addition and subtraction. The present invention is also characterized in that the start signal is the smallest base signal that is the sum of the channel value and the smallest value for the size of the real part or imaginary part of the modulation point.

(57) 要約: 低演算量、低回路規模で優れた伝送特性を実現できるMIMOの受信装置、受信方法および受信プログラムを提供する。受信装置において、変調点の実部又は虚部の大きさとチャンネル値の積であるベース信号の少なくとも1つをスタート信号とし、前記スタート信号に含まれない前記ベース信号を、前記スタート信号へのビットシフトと加減算で生成することを特徴とする。また、前記スタート信号は、変調点の実部又は虚部の大きさの最小値とチャンネル値の積である最小ベー

明 細 書

発明の名称： 受信装置、受信方法および受信プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、受信装置、受信方法および受信プログラムに関する。

背景技術

[0002] 近年、大容量高速情報通信を実現するための技術として、MIMO (Multiple Input Multiple Output) 通信が注目されている。図10は、MIMO通信の一例を示す概略図であり、送信装置a1が送信アンテナa1-1～a1- N_T を備え、受信装置b1が受信アンテナb1-1～b1- N_R を備えている。 N_T は送信アンテナ数であり、 N_R は受信アンテナ数である。このMIMO通信では、異なる情報を同一時刻、同一周波数で送受信し、情報ビットレートを大幅に増大させることができる。

[0003] 下記非特許文献1には、MIMO通信における受信方法が記載されている。伝送特性の優れた受信方法として、MLD (Maximum Likelihood Detection) が記載されている。MLDは、取り得る送信候補の中で、受信信号との2乗ノルムを最小とするものを選択する受信方法である。

先行技術文献

非特許文献

[0004] 非特許文献1: A. J. Paulraj et al., "An Overview of MIMO Communications—a Key to Gigabit Wireless," Proc. IEEE, vol. 92, no. 2, Feb. 2004, pp. 198–218.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、非特許文献1の方式では、送信候補とチャネル値を乗算する必要があるため、乗算回数や回路規模が増大するという問題がある。

[0006] 本発明は、このような事情を鑑みてなされたものであり、その目的は、低演算量、低回路規模で優れた伝送特性を実現できるMIMOの受信装置、受信方法および受信プログラムを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 上述した課題を解決するために本発明に係る受信装置、受信方法および受信プログラムの構成は、次の通りである。

[0008] (1) 本発明の一態様による受信装置は、変調点の実部又は虚部の大きさとチャンネル値の積であるベース信号の少なくとも1つをスタート信号とし、前記スタート信号に含まれない前記ベース信号を、前記スタート信号へのビットシフトと加減算で生成することを特徴とする。

[0009] (2) 本発明の受信装置において、前記スタート信号は、変調点の実部又は虚部の大きさの最小値とチャンネル値の積である最小ベース信号であることを特徴とする。

[0010] (3) 本発明の受信装置において、前記スタート信号は、前記最小ベース信号の1.2倍の信号をさらに含むことを特徴とする。

[0011] (4) 本発明の受信装置において、前記スタート信号は、前記最小ベース信号、及び、前記最小ベース信号の3倍の信号、前記最小ベース信号の5倍の信号、前記最小ベース信号の7倍の信号、前記最小ベース信号の9倍の信号、前記最小ベース信号の1.1倍の信号、前記最小ベース信号の1.3倍の信号、前記最小ベース信号の1.5倍の信号のうち少なくとも1つを含むことを特徴とする。

[0012] (5) 本発明の受信装置において、前記スタート信号は、前記ベース信号の1.6倍の信号であって、2のべき乗倍ではない信号を少なくとも1つさらに含むことを特徴とする。

[0013] (6) 本発明の受信装置において、前記ベース信号への加減算を用いて各変調点と前記チャンネル値の積であるレプリカ信号を生成することを特徴とする。

[0014] (7) 本発明の受信装置において、前記ベース信号への加減算を用いて、

I Q平面上の隣り合う2つの象限の変調点と前記チャネル値の積である片側レプリカ信号を生成し、前記片側レプリカ信号を符号反転することで前記片側レプリカ信号に含まれない前記レプリカ信号を生成することを特徴とする。

[0015] (8) 本発明の受信装置において、前記最小ベース信号の1/2倍の信号と前記最小ベース信号の1/3倍の信号を記憶し、前記スタート信号と前記最小ベース信号の1/2倍の信号と前記最小ベース信号の1/3倍の信号とに基づいて前記ベース信号を求めることを特徴とする。

[0016] (9) また、本発明の一態様による受信装置の受信方法は、変調点の実部又は虚部の大きさとチャネル値の積であるベース信号の少なくとも1つをスタート信号とし、前記スタート信号に含まれない前記ベース信号を、前記スタート信号へのビットシフトと加減算で生成することを特徴とする。

[0017] (10) また、本発明の一態様による受信プログラムは、上述した受信方法をコンピュータに実行させることを特徴とする。

発明の効果

[0018] 本発明によれば、MIMO通信において、受信装置は低演算量、低回路規模で良好な伝送特性を実現することができる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]本発明の第1の実施形態に係る送信装置a1の構成例を示す概略図である。

[図2]64QAM (Quadrature Amplitude Modulation;直交振幅変調) の一例である。

[図3]本発明の第1の実施形態に係る送信装置a1が送信するパイロットシンボルの一例である。

[図4]本発明の第1の実施形態に係る受信装置b1の構成例を示す概略図である。

[図5]本発明の第1の実施形態に係る受信装置b1の動作を示すフローチャートである。

[図6]本発明の第2の実施形態に係る受信装置b2の構成例を示す概略図である。

[図7]本発明の第2の実施形態に係る受信装置b2の動作を示すフローチャートである。

[図8]本発明の第3の実施形態に係る受信装置b3の構成例を示す概略図である。

[図9]本発明の第3の実施形態に係る受信装置b3の動作を示すフローチャートである。

[図10]MIMO通信システムの一例を示す概略図である。

発明を実施するための形態

[0020] 以下、本発明の実施の形態について添付図面を参照して説明する。

[0021] 以下の実施形態では、送信装置が、OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing; 直交周波数分割多重) 方式を用いてデータ伝送を行う例について説明する。ただし、以下の実施形態において、その他の伝送方式、例えば、シングルキャリア伝送、SC-FDMA (Single Carrier-Frequency Division Multiple Access; 単一キャリア周波数分割多元アクセス)、DFT-s-OFDM (Discrete Fourier Transform-spread-OFDM; 離散フーリエ変換拡散OFDM) 等のシングルキャリア伝送方式や、MC-CDMA (Multiple Carrier-Code Division Multiple Access; 多重キャリア符号分割多重アクセス) 等のマルチキャリア伝送方式を用いてもよい。

[0022] (第1の実施形態)

以下、本発明の第1の実施形態について説明する。図1は、送信装置a1の構成を示す概略ブロック図である。この図において、送信装置a1は、S/P (Serial/Parallel) 変換部a101、符号化部a102-v、変調部a103-v、レイヤーマッピング部a104、パイロット生成部a105、プリコーディング部a106、RE (Resource Element; リソースエレメント) マッピング部a107-k、OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing; 直交周波数分割多重) 信号生成部a108-k、送信部a10

9-kを含んで構成される。ここで、 $v = 1, \dots, N_c$ であり、 $k = 1, \dots, N_T$ である。また、 N_c はコードワード数であり、符号化する個数を表す。また、リソースエレメントは、1つのOFDMシンボルにおける1つのサブキャリアを表し、変調シンボルやパイロットシンボルを配置する物理リソースである。また、図1では送信アンテナ a_{1-k} を併せて示す。

[0023] S/P変換部 a_{101} は、入力される情報ビットをシリアルパラレル変換し、符号化部 a_{102-v} に出力する。

[0024] 符号化部 a_{102-v} は、S/P変換部 a_{101} から入力されるビットを畳込み符号、ターボ符号、LDPC (Low Density Parity Check; 低密度パリティ検査) 符号などの誤り訂正符号を用いて符号化し、符号化ビットを生成する。符号化部 a_{102-v} は符号化ビットを変調部 a_{103-v} に出力する。

[0025] 変調部 a_{103-v} は、符号化部 a_{102-v} から入力される符号化ビットを、BPSK (Binary Phase Shift Keying; 2相位相変調)、QPSK (Quadrature Phase Shift Keying; 4相位相変調)、M-QAM (M-Quadrature Amplitude Modulation; M値直交振幅変調、例えば、 $M=4, 16, 64, 256, 1024, 4096$) などの変調方式を用いて変調することで、変調シンボルを生成する。ただし、QPSKと4QAMは同一である。変調部 a_{103-v} は、生成した変調シンボルをレイヤーマッピング部 a_{104} に出力する。なお、変調部 a_{103-v} は、生成した変調シンボルを並び替えてインターリーブする機能を有してもよい。

[0026] なお、M-QAMは、実部と虚部それぞれに、 $\log(M)/2$ ビットを割当てることができる。ただし、 $\log(x)$ は2を底とする x の対数を表す。以後、実部のみで考える。 $\log(M)/2$ ビットのうち1ビットは実部の正負を表す。このビットを b_{sign} とする。 b_{sign} 以外のビット数を N_{base} とすると、 N_{base} は次式(1)で表せる。

[0027] [数1]

$$N_{\text{base}} = \frac{\log(M)}{2} - 1 \quad (1)$$

[0028] 振幅数を M_{base} とすると、 M_{base} は次式 (2) で表せる。

[0029] [数2]

$$M_{base} = 2^{N_{base}} = \sqrt{\frac{M}{4}} \quad (2)$$

[0030] 振幅を $s_{base}(m)$ とすると、次式 (3) のようになる。ただし、 $m=0$ 、 $\dots$ 、 $M_{base}-1$ である。

[0031] [数3]

$$s_{base}(m) = \frac{2m+1}{\sqrt{2(M-1)/3}} \quad (3)$$

[0032] 振幅と関連付けられる n 番目のビットを $b(n)$ とすると、 $b(n)$ と振幅番号 m とを次式 (4) と (5) のように関連付けることができる。ただし、 $n=0$ 、 $\dots$ 、 $N_{base}-1$ である。

[0033] [数4]

$$m = \sum_{n=0}^{N_{base}-1} b'(n) 2^{N_{base}-1-n} \quad (4)$$

$$b'(n) = \begin{cases} b(0) & (n=0) \\ b(n) \oplus \overline{b(n-1)} & (n>0) \end{cases} \quad (5)$$

[0034] ただし、 $+$ を円で囲んだ記号は排他的論理和を表し、上付き線は論理否定を表す。なお、QPSK (4QAM) の場合は $N_{base}=0$ なので、常に $m=0$ とする。なお、 $b'(0)$ から $b'(N_{base}-1)$ は m の2進数表記でもある。実部に割当てられるもう1つのビットが0の場合は $s_{base}(m)$ が最終的な実部信号となる。そのビットが1の場合は $-s_{base}(m)$ が最終的な実部信号となる。なお、これまでに説明したビットと信号点の割当ては一例に過ぎず、他の割当ての場合でも本発明に含まれる。

[0035] レイヤーマッピング部 a104 は、変調部 a103-v から入力される変調シンボルを、1、 $\dots$ 、 N_T のストリームのいずれかに割り振り、プリコーディング部 a106 に出力する。

[0036] パイロット生成部 a105 は、受信装置がチャネル推定を行うためのパイ

ロットシンボルを生成し、そのパイロットシンボルをプリコーディング部 a 1 0 6 に出力する。

[0037] プリコーディング部 a 1 0 6 は、レイヤーマッピング部 a 1 0 4 から入力される変調シンボルとパイロット生成部 a 1 0 5 から入力されるパイロットシンボルにプリコーディングを行う。具体的に、コードブックに基づいたユニタリ行列又はユニタリ行列の部分行列を乗算することができる。また、S T B C (Space Time Block Code) や S F B C (Space Frequency Block Code) 等を用いてもよい。

[0038] R E マッピング部 a 1 0 7 - k は、プリコーディング部 a 1 0 6 から入力されるプリコーディングが行われた変調シンボルとパイロットシンボルを、リソースエレメントにマッピングする。R E マッピング部 a 1 0 7 - k は、マッピングしたリソースエレメントのシンボルを O F D M 信号生成部 a 1 0 8 - k に出力する。

[0039] O F D M 信号生成部 a 1 0 8 - k は、R E マッピング部 a 1 0 7 - k から入力されるシンボルに周波数時間変換を行い、時間領域の信号を生成する。具体的に、周波数時間変換には I F F T (Inverse Fast Fourier Transform; 逆高速フーリエ変換) を用いることができる。O F D M 信号生成部 a 1 0 8 - k は、生成した時間領域の信号に C P (Cyclic Prefix; サイクリックプリフィックス) を付加し、O F D M 信号を生成する。ここで、C P とは、周波数時間変換で得られた時間領域の信号の後方の一部であり、その一部の信号はその時間領域の信号の前方に付加される。なお、C P が時間領域の信号の前方の一部のコピーであり、そのコピーが時間領域の信号の後方に付加されるようにしてもよい。なお、C P は G o l a y 符号などで生成した既知系列であってもよい。O F D M 信号生成部 a 1 0 8 - k は、生成した O F D M 信号を送信部 a 1 0 9 - k に出力する。

[0040] 送信部 a 1 0 9 - k は、O F D M 信号生成部 a 1 0 8 - k から入力される O F D M 信号をデジタル・アナログ変換し、変換したアナログ信号を波形整形する。送信部 a 1 0 9 - k は、波形整形した信号をベースバンド帯から無

線周波数帯にアップコンバートし、送信アンテナ $a1-k$ から受信装置 $b1$ へ送信する。

[0041] 図2は、64QAMの変調点配置を表す。64QAMでは $M_{base}=4$ のため、201～204のように4通りの振幅が存在する。201～204に割当てられる N_{base} (64QAMでは2) 個のビットは次式(6)のようになる。

[0042] [数5]

	$b(0)$	$b(1)$	$b'(0)$	$b'(1)$
201 (205)	0	1	0	0
202 (206)	0	0	0	1
203 (207)	1	0	1	0
204 (208)	1	1	1	1

(6)

[0043] なお、式(6)には205～208も記載されており、これらは b_{sign} に割当てられるビットが201～204に割当てられるビットの反転ビットとなる。

[0044] 以上、実部について説明したが、虚部についても同様である。

[0045] 図3はREマッピング部 $a107-k$ の出力例である。例えば、 $N_T=8$ の場合において、リソースエレメント#1を $k=1, 2, 5, 7$ のパイロット位置とし、リソースエレメント#2を $k=3, 4, 6, 8$ のパイロット位置とすることができる。受信装置 $b1$ は、これらのリソースエレメントにおける受信信号を用いてチャネル推定を行うことができる。各ストリームのパイロットシンボルは、例えば、符号多重されてもよい。

[0046] 図4は、本発明の第1の実施形態に係る受信装置 $b1$ の構成を示す概略ブロック図である。この図において、受信装置 $b1$ は、受信部 $b101-r$ 、時間周波数変換部 $b102-r$ 、デマッピング部 $b103-r$ 、チャネル推定部 $b104$ 、MIMO信号検出部 $b105$ 、復号部 $b106$ を含んで構成される。ここで、 $r=1, \dots, N_R$ である。また、図4では受信アンテナ $b1-r$ を併せて示す。

[0047] 受信部 $b101-r$ は、送信装置 $a1$ が送信したOFDM送信信号を、受

信アンテナ $b1-r$ を介して受信する。受信部 $b101-r$ は、周波数変換及びアナログーデジタル変換を、受信した信号に対して行う。受信部 $b101-r$ は、変換した受信信号を時間周波数変換部 $b102-r$ に出力する。

[0048] 時間周波数変換部 $b102-r$ は、 CP を、受信部 $b101-r$ から入力される受信信号から除去する。時間周波数変換部 $b102-r$ は、 CP を除去した信号に時間周波数変換を行う。具体的に、時間周波数変換には FFT (Fast Fourier Transform; 高速フーリエ変換) を用いることができる。時間周波数変換部 $b102-r$ は、変換した周波数領域の受信信号をデマッピング部 $b103-r$ に出力する。

[0049] デマッピング部 $b103-r$ は、データが送信されたリソースエレメントとパイロットシンボルが送信されたリソースエレメントを、時間周波数変換部 $b102-r$ から入力される周波数領域の信号から分離する。デマッピング部 $b103-r$ は、データが送信されたリソースエレメントの受信信号を $MIMO$ 信号検出部 $b105$ に出力する。デマッピング部 $b103-r$ は、パイロットシンボルが送信されたリソースエレメントの受信信号をチャネル推定部 $b104$ に出力する。

[0050] チャネル推定部 $b104$ は、デマッピング部 $b103-r$ から入力されるパイロットシンボルが送信されたリソースエレメントの受信信号を用いてチャネル推定を行い、チャネル値を算出する。チャネル推定部 $b104$ は、算出したチャネル値を $MIMO$ 信号検出部 $b105$ に出力する。なお、一般にチャネル値は複素数であるが、第1の実施形態ではチャネル値を実部と虚部に分け、別々の実数として $MIMO$ 信号検出部 $b105$ に出力する。

[0051] $MIMO$ 信号検出部 $b105$ は、 MLD (Maximum Likelihood Detection; 最尤検出) や $QR M$ (QR Decomposition and M-algorithm) - MLD 、 SD (Sphere Decoding) 等を用いて $MIMO$ 信号検出を行う。その際、 $MIMO$ 信号検出部 $b105$ は、チャネル推定部 $b104$ から入力されるチャネル値と式 (3) で示した $s_{base}(0)$ との積である最小ベース信号を生成する。 $MIMO$ 信号検出部 $b105$ は、最小ベース信号をスタート信号として用い

る。MIMO信号検出部b105は、チャネル推定部b104から入力されるチャネル値と式(3)で示した $s_{base}(m)$ との積であるベース信号を、スタート信号へのビットシフトと加減算を用いて生成する。MIMO信号検出部b105は、送信ビットのLLR(Log Likelihood Ratio;対数尤度比)を算出し、復号部b106に出力する。なお、この動作は動作原理と併せて後述する。

[0052] 復号部b106は、MIMO信号検出部b105から入力されるLLRに基づいて、例えば、最尤復号法、最大事後確率(MAP;Maximum A posteriori Probability)、log-MAP、Max-log-MAP、SOVA(Soft Output Viterbi Algorithm)等を用いて、復号処理を行う。

[0053] <動作原理について>

以下、本発明に係る第1の実施形態の動作原理について説明する。まず、MIMO信号検出部b105にデマッピング部b103-rから入力されるデータが送信されたリソースエレメントの受信信号を、 $r=1, \dots, N_R$ について並べたサイズ N_R の受信信号ベクトル y は次式(7)で表される。

[0054] [数6]

$$y = Hs + n \quad (7)$$

[0055] ただし、リソースエレメントの位置についての情報は省略されている。また、 H は $N_R \times N_T$ のチャネル行列であり、その第 r 行 k 列の要素は送信アンテナ $a1-k$ から受信アンテナ $b1-r$ へのチャネル値である。また、 s は送信アンテナ $a1-k$ から送信された送信信号を $k=1, \dots, N_T$ について並べたサイズ N_T の送信信号ベクトルである。また、 n はサイズ N_R の雑音である。

[0056] 次に、式(7)を実部と虚部に分けて表記する。あるスカラー又はベクトル z に対して、 $Re[z]$ を z の実部とし、 $Im[z]$ を z の虚部とする。 $Re[y]$ と $Im[y]$ を順番に並べたサイズ $2N_R$ のベクトル y' は次式(8)~(11)で表される。

[0057]

[数7]

$$\mathbf{y}' = \begin{pmatrix} \text{Re}[\mathbf{y}] \\ \text{Im}[\mathbf{y}] \end{pmatrix} = \mathbf{H}' \mathbf{s}' + \mathbf{n}' \quad (8)$$

$$\mathbf{H}' = \begin{pmatrix} \text{Re}[\mathbf{H}] & -\text{Im}[\mathbf{H}] \\ \text{Im}[\mathbf{H}] & \text{Re}[\mathbf{H}] \end{pmatrix} \quad (9)$$

$$\mathbf{s}' = \begin{pmatrix} \text{Re}[\mathbf{s}] \\ \text{Im}[\mathbf{s}] \end{pmatrix} \quad (10)$$

$$\mathbf{n}' = \begin{pmatrix} \text{Re}[\mathbf{n}] \\ \text{Im}[\mathbf{n}] \end{pmatrix} \quad (11)$$

[0058] MLDを用いると、第kストリームのn個目の送信ビット $b_{k,n}$ のLLRL λ ($b_{k,n}$)を次式(12)のように算出することができる。

[0059] [数8]

$$\lambda(b_{k,n}) = \frac{1}{\sigma^2} \left[\min_{b_{k,n}=1} (\|\mathbf{y}' - \mathbf{H}' \mathbf{s}'\|^2) - \min_{b_{k,n}=0} (\|\mathbf{y}' - \mathbf{H}' \mathbf{s}'\|^2) \right] \quad (12)$$

[0060] ただし、 σ^2 は雑音電力である。式(12)は、 $b_{k,n}$ を1に固定した場合の最小メトリックと、 $b_{k,n}$ を0に固定した場合の最小メトリックとの減算を雑音電力で除算することを意味する。なお、最小値を求めなくてもよく、探索するビットを削減してもよい。

[0061] 式(12)において、二乗ユークリッドノルムの演算量が膨大となるため、MLDの代わりにQRM-MLDやSDを用いることができる。しかしながら、 $\mathbf{H}' \mathbf{s}'$ を何度も計算する必要があり、この演算量が大きいという問題が依然としてある。本発明では $\mathbf{H}' \mathbf{s}'$ 生成の演算量を低減する。

[0062] まず、次式(13)で示すベース信号ベクトル $\mathbf{y}_{k,base}(m)$ を生成する。ただし、 $m=0, \dots, M_{base}-1$ 、 $k=1, \dots, 2N_T$ である。

[0063] [数9]

$$\mathbf{y}_{k,base}(m) = \mathbf{h}'_k s_{base}(m) \quad (13)$$

[0064] ただし、 $\mathbf{h}'_k$ は $\mathbf{H}'$ の第k列ベクトルである。また、 $s_{base}(m)$ は式(3)で示した振幅である。

[0065] 式(13)を用いると、式(12)で計算するメトリックは次式(14)のようにすることができる。

[0066] [数10]

$$\left\| \mathbf{y}' - \sum_{k=1}^{2N_T} (-1)^{b_{\text{sign}}(k)} \mathbf{y}_{k, \text{base}}(m_k) \right\|^2 \quad (14)$$

[0067] ただし、 $b_{\text{sign}}(k)$ は、 s' の第 k 要素の b_{sign} を表し、 m_k は s' の第 k 要素において式(4)で示される振幅番号を表す。したがって、 $y_{k, \text{base}}(m)$ を効率的に生成することで演算量を低減することができる。以後は簡単のため、 $y_{k, \text{base}}(m)$ の1つの要素だけで説明を行う。このベース信号を $y_{\text{base}}(m)$ と表現する。

[0068] まず、最小ベース信号 $y_{\text{base}}(0)$ を生成する。 $m = 1, \dots, M_{\text{base}} - 1$ についてのベース信号 $y_{\text{base}}(m)$ は $y_{\text{base}}(0)$ の $(2m+1)$ 倍で実現できる。本発明では最小ベース信号 $y_{\text{base}}(0)$ をスタート信号とし、スタート信号に含まれないベース信号は、スタート信号へのビットシフトと加減算を用いて生成する。ビットシフトと加減算を用いれば、乗算の発生を防ぐことができる。 $m = 1, \dots, 7$ については、例えば、次式(15)～(21)で生成することができる。ただし、 $y_{\text{base}}(0)$ を省略して、 y_{base} と示した。

[0069] [数11]

$$y_{\text{base}}(1) = 2^1 y_{\text{base}} + y_{\text{base}} \quad (15)$$

$$y_{\text{base}}(2) = 2^2 y_{\text{base}} + y_{\text{base}} \quad (16)$$

$$y_{\text{base}}(3) = 2^3 y_{\text{base}} - y_{\text{base}} \quad (17)$$

$$y_{\text{base}}(4) = 2^3 y_{\text{base}} + y_{\text{base}} \quad (18)$$

$$y_{\text{base}}(5) = 2^3 y_{\text{base}} + 2^1 y_{\text{base}} + y_{\text{base}} \quad (19)$$

$$y_{\text{base}}(6) = 2^3 y_{\text{base}} + 2^2 y_{\text{base}} + y_{\text{base}} \quad (20)$$

$$y_{\text{base}}(7) = 2^4 y_{\text{base}} - y_{\text{base}} \quad (21)$$

[0070] ただし、 $2 \times$ の乗算は x ビットシフトで実現する。これは、実際は乗算を必要としないことを意味する。その際、 $y_{\text{base}}(m)$ を表すビット系列は固定

小数点でもよいし、浮動小数点でもよい。浮動小数点の場合は指数部に x を加算する。なお、式 (15) ~ (21) で $M_{base} = 8$ である 256 QAM までをカバーできている。なお、 $y_{base}(5)$ と $y_{base}(6)$ は加算を 2 回必要とするため、回路の遅延が問題となる可能性がある。そこで、この 2 つについては事前に計算してメモリ等に保存するようにしてもよい。あるいは、 $12y_{i, base}$ を事前に生成してスタート信号に含ませ、次式 (22)、(23) のように生成するようにしてもよい。

[0071] [数12]

$$y_{base}(5) = 12y_{base} - y_{base} \quad (22)$$

$$y_{base}(6) = 12y_{base} + y_{base} \quad (23)$$

[0072] このようにすると、 $y_{base}(5)$ と $y_{base}(6)$ の両方を保存するよりメモリ等の数を削減することができる。

[0073] 次に、 $m = 8$ 、 $\dots$ 、15 については、例えば、次式 (24) ~ (31) で生成することができる。

[0074] [数13]

$$y_{base}(8) = 2^4 y_{base} + y_{base} \quad (24)$$

$$y_{base}(9) = 2^4 y_{base} + 2^1 y_{base} + y_{base} \quad (25)$$

$$y_{base}(10) = 2^4 y_{base} + 2^2 y_{base} + y_{base} \quad (26)$$

$$y_{base}(11) = 2^4 y_{base} + 2^3 y_{base} - y_{base} \quad (27)$$

$$y_{base}(12) = 2^4 y_{base} + 2^3 y_{base} + y_{base} \quad (28)$$

$$y_{base}(13) = 2^4 y_{base} + 2^3 y_{base} + 2^1 y_{base} + y_{base} \quad (29)$$

$$y_{base}(14) = 2^4 y_{base} + 2^3 y_{base} + 2^2 y_{base} + y_{base} \quad (30)$$

$$y_{base}(15) = 2^5 y_{base} - y_{base} \quad (31)$$

[0075] 式 (24) ~ (31) で $M_{base} = 16$ である 1024 QAM までをカバーできる。なお、 $y_{base}(13)$ と $y_{base}(14)$ は加算回数が多いため、この 2 つについては事前に計算してメモリ等に保存するようにしてもよい。あるいは、 $12y_{base}$ をスタート信号に含ませ、次式 (32)、(33) のように生成するようにしてもよい。

[0076] [数14]

$$y_{base}(13) = 2^4 y_{base} + 12 y_{base} - y_{base} \quad (32)$$

$$y_{base}(14) = 2^4 y_{base} + 12 y_{base} + y_{base} \quad (33)$$

[0077] あるいは、 $y_{base}(1)$ 、 $\dots$ 、 $y_{base}(6)$ を保存してスタート信号に含ませ、次式(34)～(39)のように生成するようにしてもよい。

[0078] [数15]

$$y_{base}(9) = 2^4 y_{base} + y_{base}(1) \quad (34)$$

$$y_{base}(10) = 2^4 y_{base} + y_{base}(2) \quad (35)$$

$$y_{base}(11) = 2^4 y_{base} + y_{base}(3) \quad (36)$$

$$y_{base}(12) = 2^4 y_{base} + y_{base}(4) \quad (37)$$

$$y_{base}(13) = 2^4 y_{base} + y_{base}(5) \quad (38)$$

$$y_{base}(14) = 2^4 y_{base} + y_{base}(6) \quad (39)$$

[0079] このようにすると、加算回数を1とすることができ、回路規模を削減することができる。

[0080] 次に、 $m = 16$ 、 $\dots$ 、 23 については、例えば次式(40)～(47)で生成することができる。

[0081] [数16]

$$y_{base}(16) = 2^5 y_{base} + y_{base} \quad (40)$$

$$y_{base}(17) = 2^5 y_{base} + 2^1 y_{base} + y_{base} \quad (41)$$

$$y_{base}(18) = 2^5 y_{base} + 2^2 y_{base} + y_{base} \quad (42)$$

$$y_{base}(19) = 2^5 y_{base} + 2^3 y_{base} - y_{base} \quad (43)$$

$$y_{base}(20) = 2^5 y_{base} + 2^3 y_{base} + y_{base} \quad (44)$$

$$y_{base}(21) = 2^5 y_{base} + 2^3 y_{base} + 2^1 y_{base} + y_{base} \quad (45)$$

$$y_{base}(22) = 2^5 y_{base} + 2^3 y_{base} + 2^2 y_{base} + y_{base} \quad (46)$$

$$y_{base}(23) = 2^5 y_{base} + 2^4 y_{base} - y_{base} \quad (47)$$

[0082] なお、 $y_{base}(21)$ と $y_{base}(22)$ は加算回数が多いため、この2つについては事前に計算してメモリ等に保存するようにしてもよい。あるいは、 $12 y_{base}$ をスタート信号に含ませ、次式(48)、(49)のように生

成するようにしてもよい。

[0083] [数17]

$$y_{base}(21) = 2^5 y_{base} + 12 y_{base} - y_{base} \quad (48)$$

$$y_{base}(22) = 2^5 y_{base} + 12 y_{base} + y_{base} \quad (49)$$

[0084] あるいは、 $y_{base}(1)$ 、 $\dots$ 、 $y_{base}(7)$ を保存してスタート信号に含ませ、次式(50)～(56)のように生成するようにしてもよい。

[0085] [数18]

$$y_{base}(17) = 2^5 y_{base} + y_{base}(1) \quad (50)$$

$$y_{base}(18) = 2^5 y_{base} + y_{base}(2) \quad (51)$$

$$y_{base}(19) = 2^5 y_{base} + y_{base}(3) \quad (52)$$

$$y_{base}(20) = 2^5 y_{base} + y_{base}(4) \quad (53)$$

$$y_{base}(21) = 2^5 y_{base} + y_{base}(5) \quad (54)$$

$$y_{base}(22) = 2^5 y_{base} + y_{base}(6) \quad (55)$$

$$y_{base}(23) = 2^5 y_{base} + y_{base}(7) \quad (56)$$

[0086] 次に、 $m = 24$ 、 $\dots$ 、 31 については、例えば、次式(57)～(64)で生成することができる。

[0087] [数19]

$$y_{base}(24) = 48 y_{base} + y_{base} \quad (57)$$

$$y_{base}(25) = 48 y_{base} + 2^1 y_{base} + y_{base} \quad (58)$$

$$y_{base}(26) = 48 y_{base} + 2^2 y_{base} + y_{base} \quad (59)$$

$$y_{base}(27) = 48 y_{base} + 2^3 y_{base} - y_{base} \quad (60)$$

$$y_{base}(28) = 48 y_{base} + 2^3 y_{base} + y_{base} \quad (61)$$

$$y_{base}(29) = 48 y_{base} + 2^3 y_{base} + 2^1 y_{base} + y_{base} \quad (62)$$

$$y_{base}(30) = 48 y_{base} + 2^3 y_{base} + 2^2 y_{base} + y_{base} \quad (63)$$

$$y_{base}(31) = 2^6 y_{base} - y_{base} \quad (64)$$

[0088] ここで、 $48 y_{base}$ は、毎回 $2^5 y_{base} + 2^4 y_{base}$ を計算することで実現してもよいし、一度生成して保存し、スタート信号に含ませるようにしてもよい。 $y_{base}(17)$ 、 $\dots$ 、 $y_{base}(31)$ の結果により、4096

QAMまでをカバーすることができる。

[0089] なお、 $y_{base}(29)$ と $y_{base}(30)$ は加算回数が多いため、この2つについては事前に計算してメモリ等に保存するようにしてもよい。あるいは、 $12y_{base}$ を保存してスタート信号に含ませ、次式(65)、(66)のように生成するようにしてもよい。

[0090] [数20]

$$y_{base}(29) = 48y_{base} + 12y_{base} - y_{base} \quad (65)$$

$$y_{base}(30) = 48y_{base} + 12y_{base} + y_{base} \quad (66)$$

[0091] あるいは、 $y_{base}(1)$ 、 $\dots$ 、 $y_{base}(6)$ を保存してスタート信号に含ませ、次式(67)～(72)のように生成するようにしてもよい。

[0092] [数21]

$$y_{base}(25) = 48y_{base} + y_{base}(1) \quad (67)$$

$$y_{base}(26) = 48y_{base} + y_{base}(2) \quad (68)$$

$$y_{base}(27) = 48y_{base} + y_{base}(3) \quad (69)$$

$$y_{base}(28) = 48y_{base} + y_{base}(4) \quad (70)$$

$$y_{base}(29) = 48y_{base} + y_{base}(5) \quad (71)$$

$$y_{base}(30) = 48y_{base} + y_{base}(6) \quad (72)$$

[0093] なお、 $y_{base}(1)$ 、 $\dots$ 、 $y_{base}(7)$ を保存してスタート信号に含ませ、 $y_{base}(0)$ の16倍であって2のべき乗でない信号を保存してスタート信号に含ませることで、4096QAMより高い多値変調であっても加算1回で実現することができる。

[0094] <受信装置b1の動作について>

図5は、本実施形態に係る受信装置の動作を示すフローチャートである。なお、この図が示す動作は、図4のデマッピング部b103-rが、データが送信されたリソースエレメントの受信信号とパイロットシンボルが送信されたリソースエレメントの受信信号を分離した後の処理である。

[0095] (ステップS101) チャネル推定部b104は、パイロットシンボルが送信されたリソースエレメントの受信信号に基づいてチャネル推定を行う。

その後、ステップS102へ進む。

[0096] (ステップS102) MIMO信号検出部b105は、ステップS101で得られるチャネル値に基づいて最小ベース信号を生成する。その後、ステップS103へ進む。

[0097] (ステップS103) MIMO信号検出部b105は、ステップS102で得られる最小ベース信号に基づいてベース信号を生成する。その後、ステップS104へ進む。

[0098] (ステップS104) MIMO信号検出部b105は、ステップS103で得られるベース信号とデータが送信されたリソースエレメントの受信信号に基づいて送信ビットのLLRを算出する。その後、ステップS105へ進む。

[0099] (ステップS105) 復号部b106は、ステップS104で得られるLLRを用いて復号を行う。その後、受信装置b1は動作を終了する。

[0100] このように、本実施形態によれば、MIMO信号検出に必要な演算量や回路規模を削減することができる。

[0101] なお、上記第1の実施形態において、最小ベース信号 y_{base} をスタート信号として用いる場合について説明したが、 y_{base} の2のべき乗倍をスタート信号として用いてもよい。2のべき乗はビットシフトで表せるので、最小ベース信号は保存してある y_{base} の2のべき乗倍から容易に取り出すことができる。浮動小数点の場合も同様で、指数部の値を変更することで、容易に取り出すことができる。したがって、 y_{base} の2のべき乗倍を保存することは、 y_{base} を保存することと見なす。また、ベース信号 $y_{base}(m)$ の $m=0$ でないものをスタート信号としてもよい。

[0102] (第2の実施形態)

以下、図面を参照しながら本発明の第2の実施形態について詳しく説明する。第1の実施形態では、受信装置b1が、最小ベース信号等をスタート信号とし、スタート信号へのビットシフトと加減算を用いてベース信号を生成し、ベース信号と受信信号を用いて送信ビットのLLRを計算した。その際

、受信信号、チャネル行列、および送信信号は実部と虚部に分けて計算していた。本実施形態では、実部と虚部に分けずにLLRを計算する方法を説明する。

[0103] なお、本発明の第2の実施形態に係る送信装置は、第1の実施形態に係る送信装置a1と構成が同じのため、説明を省略する。

[0104] 図6は、本発明の第2の実施形態に係る受信装置b2の構成を示す概略ブロック図である。本実施形態に係る受信装置b2（図6）と第1の実施形態に係る受信装置b1（図4）とを比較すると、MIMO信号検出部b205が異なる。しかし、その他の構成要素（受信部b101-r、時間周波数変換部b102-r、デマッピング部b103-r、チャネル推定部b104、復号部b106）が持つ機能は第1の実施形態と同じである。第1の実施形態と同じ機能の説明は省略する。

[0105] MIMO信号検出部b205は、まず、第1の実施形態と同様にベース信号を生成する。次に、MIMO信号検出部b205は、各変調点とチャネル値の積であるレプリカ信号を、ベース信号への加減算で生成する。MIMO信号検出部b205は、生成したレプリカ信号と受信信号を用いて送信ビットのLLRを計算する。

[0106] 受信信号を実部と虚部に分けない場合、第kストリームのn個目の送信ビット $b_{k,n}$ のLLR $\lambda(b_{k,n})$ は次式(73)のように計算できる。

[0107] [数22]

$$\lambda(b_{k,n}) = \frac{1}{\sigma^2} \left[\min_{b_{k,n}=1} (\|\mathbf{y} - \mathbf{H}\mathbf{s}\|^2) - \min_{b_{k,n}=0} (\|\mathbf{y} - \mathbf{H}\mathbf{s}\|^2) \right] \quad (73)$$

[0108] 式(12)と異なり、 $\mathbf{y}$ 、 $\mathbf{H}$ 、 $\mathbf{s}$ は複素数である。式(73)の中のメトリックは、次式(74)のように表すことができる。

[0109] [数23]

$$\left\| \mathbf{y} - \sum_{k=1}^{N_T} \mathbf{h}_k s_k \right\|^2 \quad (74)$$

[0110] $\mathbf{h}_k$ は $\mathbf{H}$ の第k列ベクトル、 s_k は $\mathbf{s}$ の第k要素である。 s_k は変調点の1つ

であり、例えば64QAMを用いる場合、図2の64点のうちいずれかである。レプリカ信号 $h_k s_k$ を効率的に計算する方法を説明する。

[0111] 第2の実施形態においても、第1の実施形態のようにベース信号 $y_{k, base}(m)$ を次式(15)のように計算する。ただし、 $m=0, \dots, M_{base}$ である。

[0112] [数24]

$$y_{k, base}(m) = h_k s_{base}(m) \quad (75)$$

[0113] 第1の実施形態と異なり、 $s_{base}(m)$ に乘算されるチャネル値が複素数である。このようにすると、レプリカ信号 $h_k s_k$ は次式(76)で計算することができる。

[0114] [数25]

$$h_k s_k = (-1)^{b_{i, sign}(k)} y_{k, base}(m_{i, k}) + j(-1)^{b_{q, sign}(k)} y_{k, base}(m_{q, k}) \quad (76)$$

[0115] j は虚数単位、 $b_{i, sign}(k)$ は第 k ストリームの実部の符号ビット b_{sign} 、 $m_{i, k}$ は第 k ストリームの実部の振幅番号、 $b_{q, sign}(k)$ は第 k ストリームの虚部の符号ビット b_{sign} 、 $m_{q, k}$ は第 k ストリームの虚部の振幅番号を表す。振幅番号は式(4)で示されている。虚数の乗算は実部虚部の入れ替えと符号反転で実現できるので、実際には乗算が発生しない。したがって、ベース信号への加減算でレプリカ信号を生成することができる。式(76)を用いて式(74)のメトリックを計算し、LLRを算出することができる。

[0116] <受信装置b2の動作について>

図7は、本実施形態に係る受信装置の動作を示すフローチャートである。なお、この図が示す動作は、図6のデマッピング部b103-rが、データが送信されたりソースエレメントの受信信号とパイロットシンボルが送信されたりソースエレメントの受信信号を分離した後の処理である。

[0117] (ステップS201) チャネル推定部b104は、パイロットシンボルが送信されたりソースエレメントの受信信号に基づいてチャネル推定を行う。その後、ステップS202へ進む。

- [0118] (ステップS202) MIMO信号検出部b205は、ステップS201で得られるチャネル値に基づいて最小ベース信号を生成する。その後、ステップS203へ進む。
- [0119] (ステップS203) MIMO信号検出部b205は、ステップS202で得られる最小ベース信号に基づいてベース信号を生成する。その後、ステップS204へ進む。
- [0120] (ステップS204) MIMO信号検出部b205は、ステップS203で得られるベース信号に基づいてレプリカ信号を生成する。その後、ステップS205へ進む。
- [0121] (ステップS205) MIMO信号検出部b205は、ステップS204で得られるレプリカ信号とデータが送信されたリソースエレメントの受信信号に基づいて送信ビットのLLRを算出する。その後、ステップS206へ進む。
- [0122] (ステップS206) 復号部b106は、ステップS205で得られるLLRを用いて復号を行う。その後、受信装置b2は動作を終了する。
- [0123] このように、本実施形態によれば、ベース信号への加減算でレプリカ信号を生成し、レプリカ信号を用いてLLRを計算する。これにより、演算量や回路規模を削減することができる。
- [0124] (第3の実施形態)
- 以下、図面を参照しながら本発明の第3の実施形態について詳しく説明する。第2の実施形態では、受信装置b2が、ベース信号への加減算でレプリカ信号を生成した。第3の実施形態では、I-Q平面の第1、4象限の変調点とチャネル値の積である片側レプリカ信号を生成し、残りのレプリカ信号に関しては、片側レプリカ信号への符号反転で得る場合について説明する。
- [0125] なお、本発明の第3の実施形態に係る送信装置は、第1の実施形態に係る送信装置a1と構成が同じのため、説明を省略する。
- [0126] 図8は、本発明の第3の実施形態に係る受信装置b3の構成を示す概略ブロック図である。本実施形態に係る受信装置b3（図8）と第1の実施形態

に係る受信装置b1（図4）とを比較すると、MIMO信号検出部b305が異なる。しかし、その他の構成要素（受信部b101-r、時間周波数変換部b102-r、デマッピング部b103-r、チャネル推定部b104、復号部b106）が持つ機能は第1の実施形態と同じである。第1の実施形態と同じ機能の説明は省略する。

[0127] MIMO信号検出部b305は、IQ平面の第1、4象限の変調点とチャネル値の積である片側レプリカ信号を生成する。片側レプリカ信号はベース信号への加減算で算出することができる。また、MIMO信号検出部b305は、片側レプリカ信号に含まれないレプリカ信号を、片側レプリカへの符号反転で生成する。MIMO信号検出部b305は、レプリカ信号を用いて送信ビットのLLRを算出する。

[0128] <受信装置b3の動作について>

図9は、本実施形態に係る受信装置の動作を示すフローチャートである。なお、この図が示す動作は、図8のデマッピング部b103-rが、データが送信されたリソースエレメントの受信信号とパイロットシンボルが送信されたリソースエレメントの受信信号を分離した後の処理である。

[0129] （ステップS301）チャネル推定部b104は、パイロットシンボルが送信されたリソースエレメントの受信信号に基づいてチャネル推定を行う。その後、ステップS302へ進む。

[0130] （ステップS302）MIMO信号検出部b305は、ステップS301で得られるチャネル値に基づいて片側レプリカ信号を生成する。その後、ステップS303へ進む。

[0131] （ステップS303）MIMO信号検出部b305は、ステップS302で得られる片側レプリカ信号に基づいてレプリカ信号を生成する。その後、ステップS304へ進む。

[0132] （ステップS304）MIMO信号検出部b305は、ステップS303で得られるレプリカ信号とデータが送信されたリソースエレメントの受信信号に基づいて送信ビットのLLRを算出する。その後、ステップS305へ

進む。

[0133] (ステップS305) 復号部b106は、ステップS304で得られるL Rを用いて復号を行う。その後、受信装置b3は動作を終了する。

[0134] このように、本実施形態によれば、片側レプリカ信号を用いて片側レプリカ信号ではないレプリカ信号を符号反転で生成することができ、必要な加算回数を減少させ、演算量と回路規模を削減することができる。

[0135] なお、上記第1から3の実施形態において、MLDを用いる場合について、レプリカ信号の生成方法を説明したが、MLDでなくとも、送信候補とチャネル値との積を利用する方法全てに適用することができる。また、送信候補に乗算されるものはチャネル値でなくてもよい。

[0136] 本発明に関わる送信装置a1、受信装置b1、b2およびb3で動作するプログラムは、本発明に関わる上記実施形態の機能を実現するように、CPU等を制御するプログラム（コンピュータを機能させるプログラム）である。そして、これら装置で取り扱われる情報は、その処理時に一時的にRAMに蓄積され、その後、各種ROMやHDDに格納され、必要に応じてCPUによって読み出し、修正・書き込みが行われる。プログラムを格納する記録媒体としては、半導体媒体（例えば、ROM、不揮発性メモリカード等）、光記録媒体（例えば、DVD、MO、MD、CD、BD等）、磁気記録媒体（例えば、磁気テープ、フレキシブルディスク等）等のいずれであってもよい。また、ロードしたプログラムを実行することにより、上述した実施形態の機能が実現されるだけでなく、そのプログラムの指示に基づき、オペレーティングシステムあるいは他のアプリケーションプログラム等と共同して処理することにより、本発明の機能が実現される場合もある。

[0137] また市場に流通させる場合には、可搬型の記録媒体にプログラムを格納して流通させたり、インターネット等のネットワークを介して接続されたサーバコンピュータに転送したりすることができる。この場合、サーバコンピュータの記憶装置も本発明に含まれる。また、上述した実施形態において、図面を用いて説明した送信装置a1、受信装置b1、b2、およびb3の一部

、または全部を典型的には集積回路であるLSIとして実現してもよい。送信装置a1、受信装置b1、b2、およびb3の各機能ブロックは個別にチップ化してもよいし、一部、または全部を集積してチップ化してもよい。また、集積回路化の手法はLSIに限らず専用回路、または汎用プロセッサで実現してもよい。また、半導体技術の進歩によりLSIに代替する集積回路化の技術が出現した場合、当該技術による集積回路を用いることも可能である。

[0138] 以上、この発明の実施形態に関し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変更等も含まれる。また、本発明は、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせて得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。また、上記各実施形態に記載された要素であり、同様の効果を奏する要素同士を置換した構成も含まれる。

[0139] なお、本願発明は上述の実施形態に限定されるものではない。本願発明の端末装置は、移動局装置への適用に限定されるものではなく、屋内外に設置される据え置き型、または非可動型の電子機器、たとえば、AV機器、キッチン機器、掃除・洗濯機器、空調機器、オフィス機器、自動販売機、その他生活機器などに適用できることは言うまでもない。

産業上の利用可能性

[0140] 本発明は、受信装置、受信方法および受信プログラムに用いて好適である。

[0141] なお、本国際出願は、2013年12月6日出願した日本国特許出願第2013-252667号に基づく優先権を主張するものであり、日本国特許出願第2013-252667号の全内容を本国際出願に援用する。

符号の説明

[0142] a1 送信装置

a1-1～a1-N_T 送信アンテナ

b 1、b 2、b 3 受信装置

b 1-1 ~ b 1-N_R 受信アンテナ

a 1 0 1 S/P変換部

a 1 0 2-1 ~ a 1 0 2-N_C 符号化部

a 1 0 3-1 ~ a 1 0 3-N_C 変調部

a 1 0 4 レイヤーマッピング部

a 1 0 5 パイロット生成部

a 1 0 6 プリコーディング部

a 1 0 7-1 ~ a 1 0 7-N_T REマッピング部

a 1 0 8-1 ~ a 1 0 8-N_T OFDM信号生成部

a 1 0 9-1 ~ a 1 0 9-N_T 送信部

2 0 1 ~ 2 0 8 変調点の実部

b 1 0 1-1 ~ b 1 0 1-N_R 受信部

b 1 0 2-1 ~ b 1 0 2-N_R 時間周波数変換部

b 1 0 3-1 ~ b 1 0 3-N_R デマッピング部

b 1 0 4 チャネル推定部

b 1 0 5、b 2 0 5、b 3 0 5 MIMO信号検出部

b 1 0 6 復号部

請求の範囲

- [請求項1] 変調点の実部又は虚部の大きさとチャネル値の積であるベース信号の少なくとも1つをスタート信号とし、
前記スタート信号に含まれない前記ベース信号を、前記スタート信号へのビットシフトと加減算で生成する、
ことを特徴とする受信装置。
- [請求項2] 前記スタート信号は、変調点の実部又は虚部の大きさの最小値とチャネル値の積である最小ベース信号である、
ことを特徴とする請求項1に記載の受信装置。
- [請求項3] 前記スタート信号は、前記最小ベース信号の1.2倍の信号をさらに含む、
ことを特徴とする請求項2に記載の受信装置。
- [請求項4] 前記スタート信号は、前記最小ベース信号、及び、前記最小ベース信号の3倍の信号、前記最小ベース信号の5倍の信号、前記最小ベース信号の7倍の信号、前記最小ベース信号の9倍の信号、前記最小ベース信号の1.1倍の信号、前記最小ベース信号の1.3倍の信号、前記最小ベース信号の1.5倍の信号のうち少なくとも1つを含む、
ことを特徴とする請求項2に記載の受信装置。
- [請求項5] 前記スタート信号は、前記ベース信号の1.6倍の信号であって、2のべき乗倍ではない信号を少なくとも1つさらに含む、
ことを特徴とする請求項4に記載の受信装置。
- [請求項6] 前記ベース信号への加減算を用いて各変調点と前記チャネル値の積であるレプリカ信号を生成する、
ことを特徴とする請求項1から5のいずれかの項に記載の受信装置。
- [請求項7] 前記ベース信号への加減算を用いて、I-Q平面上の隣り合う2つの象限の変調点と前記チャネル値の積である片側レプリカ信号を生成し、

前記片側レプリカ信号を符号反転することで前記片側レプリカ信号に含まれない前記レプリカ信号を生成する、

ことを特徴とする請求項 6 に記載の受信装置。

[請求項 8] 前記最小ベース信号の 1.1 倍の信号と前記最小ベース信号の 1.3 倍の信号を記憶し、前記スタート信号と前記最小ベース信号の 1.1 倍の信号と前記最小ベース信号の 1.3 倍の信号とに基づいて前記ベース信号を求める

ことを特徴とする請求項 2 に記載の受信装置。

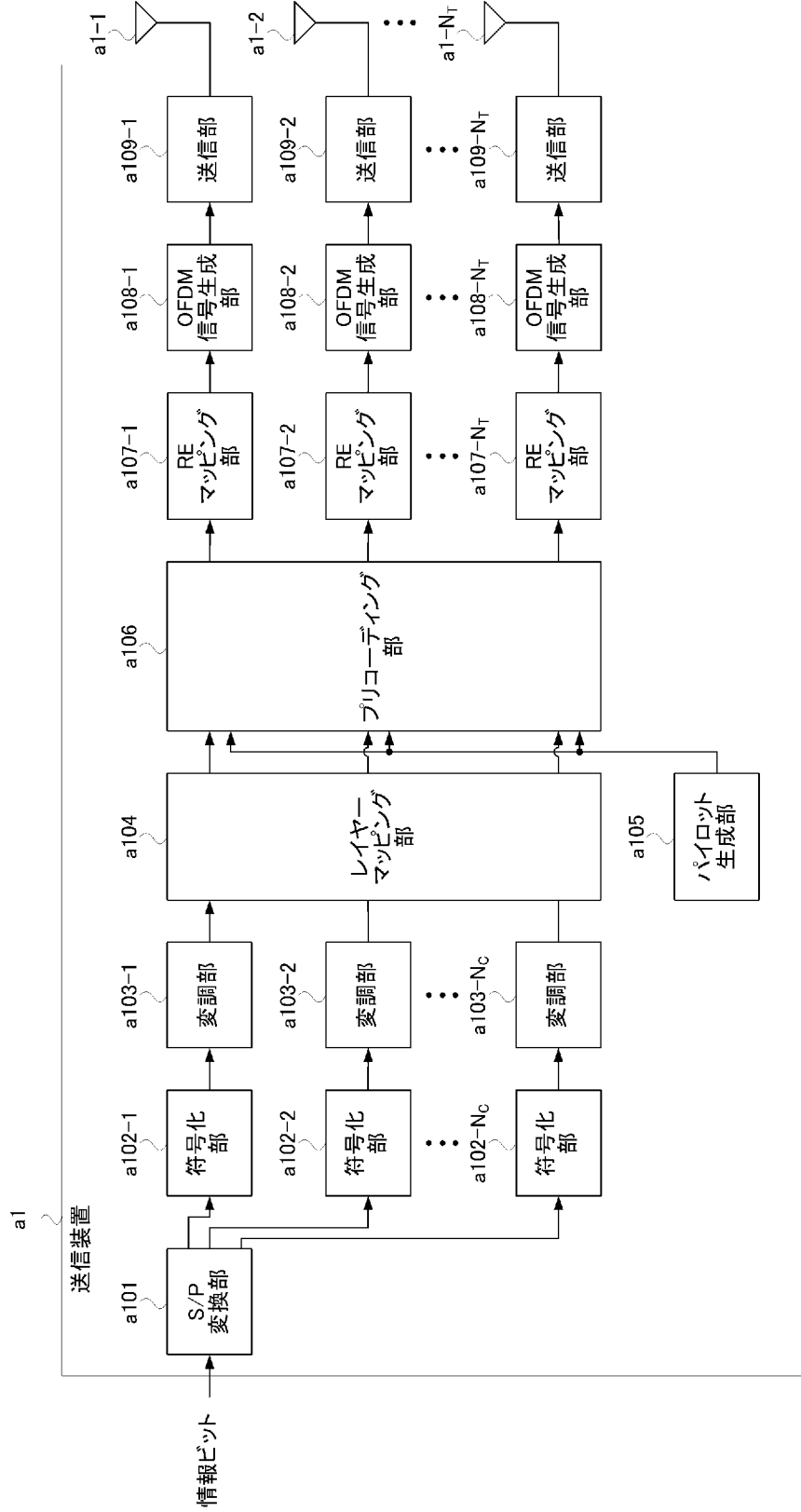
[請求項 9] 変調点の実部又は虚部の大きさとチャネル値の積であるベース信号の少なくとも 1 つをスタート信号とし、

前記スタート信号に含まれない前記ベース信号を、前記スタート信号へのビットシフトと加減算で生成する、

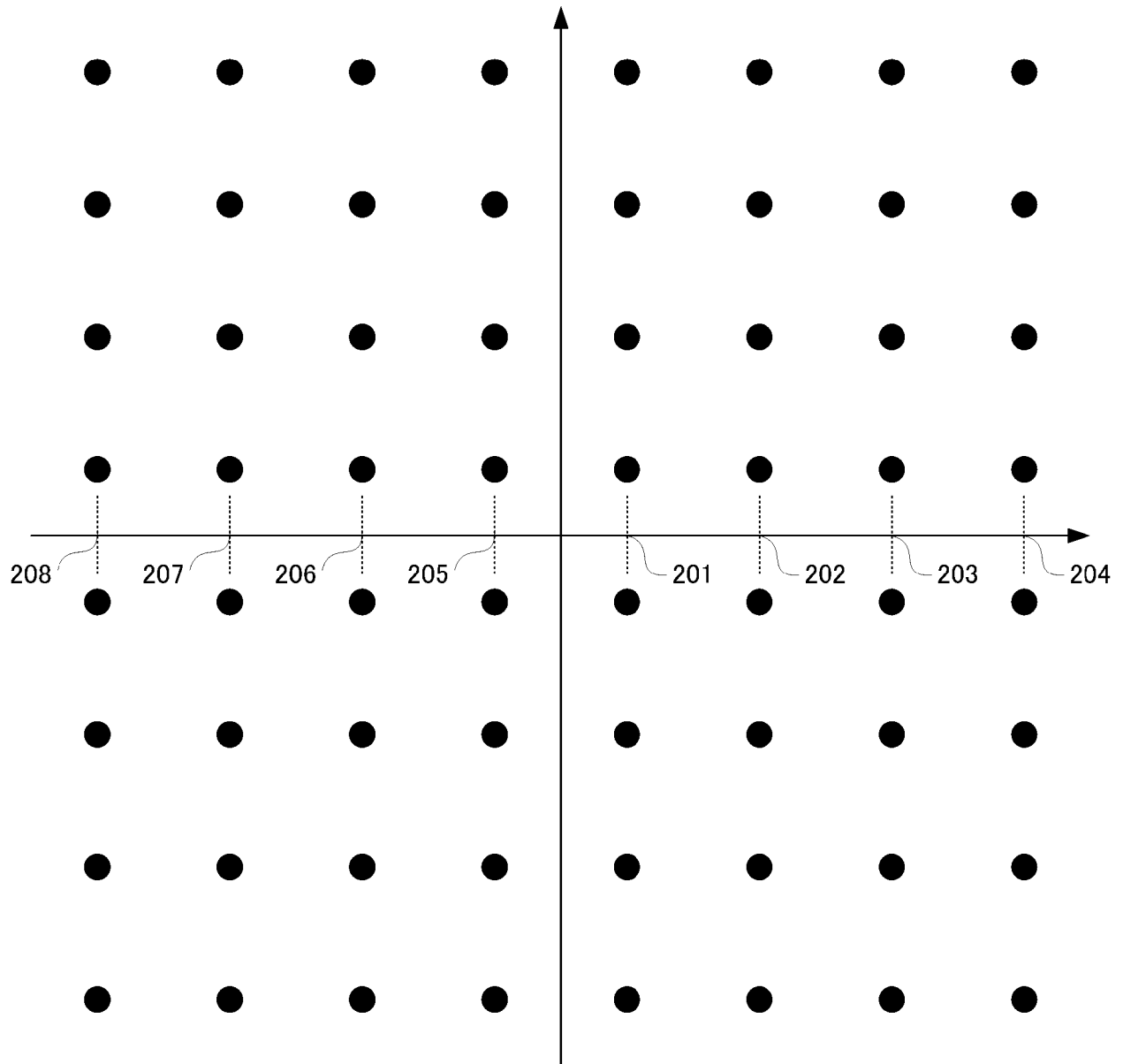
ことを特徴とする受信方法。

[請求項 10] 請求項 9 に記載の受信方法をコンピュータに実行させるための受信プログラム。

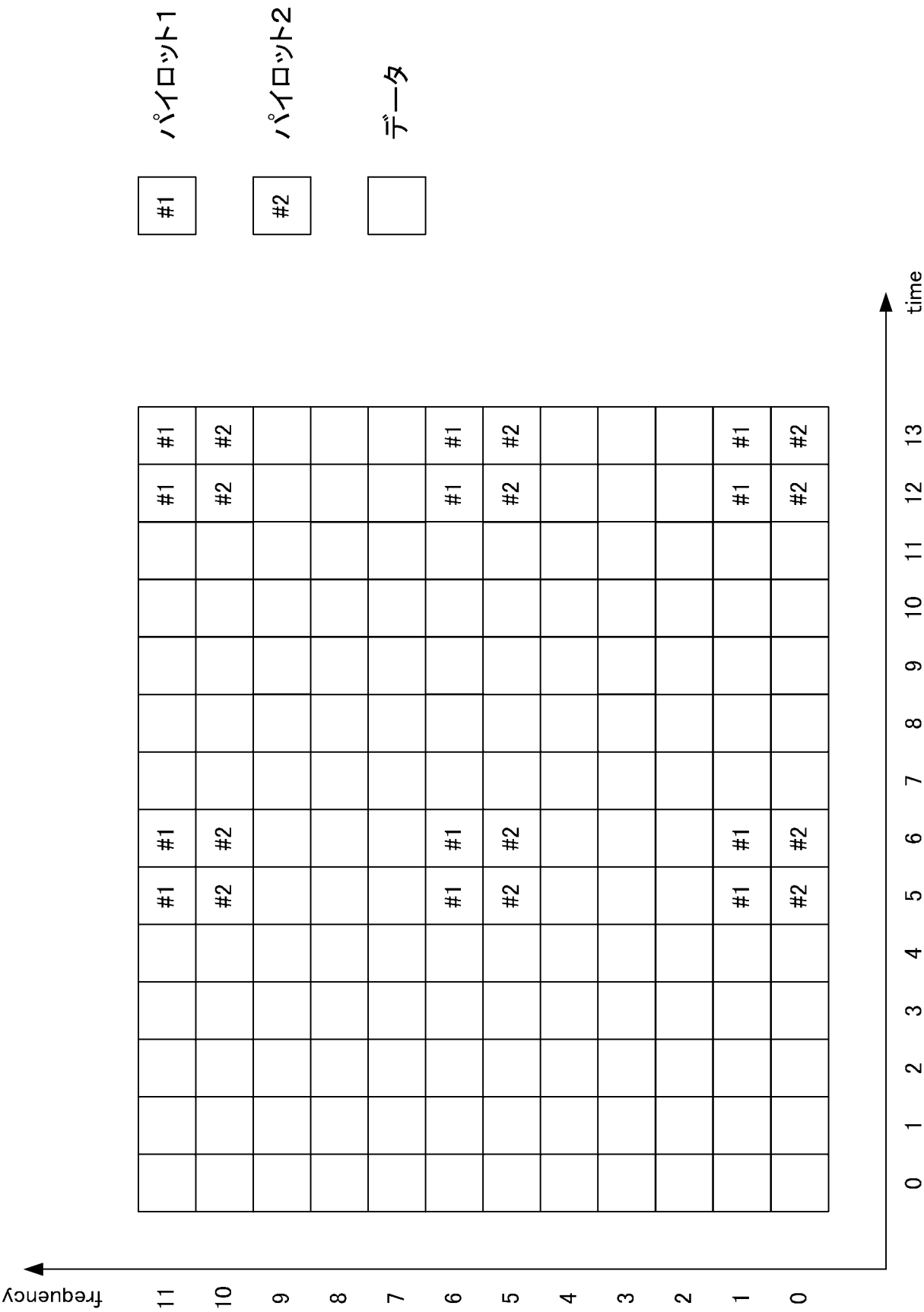
[図1]



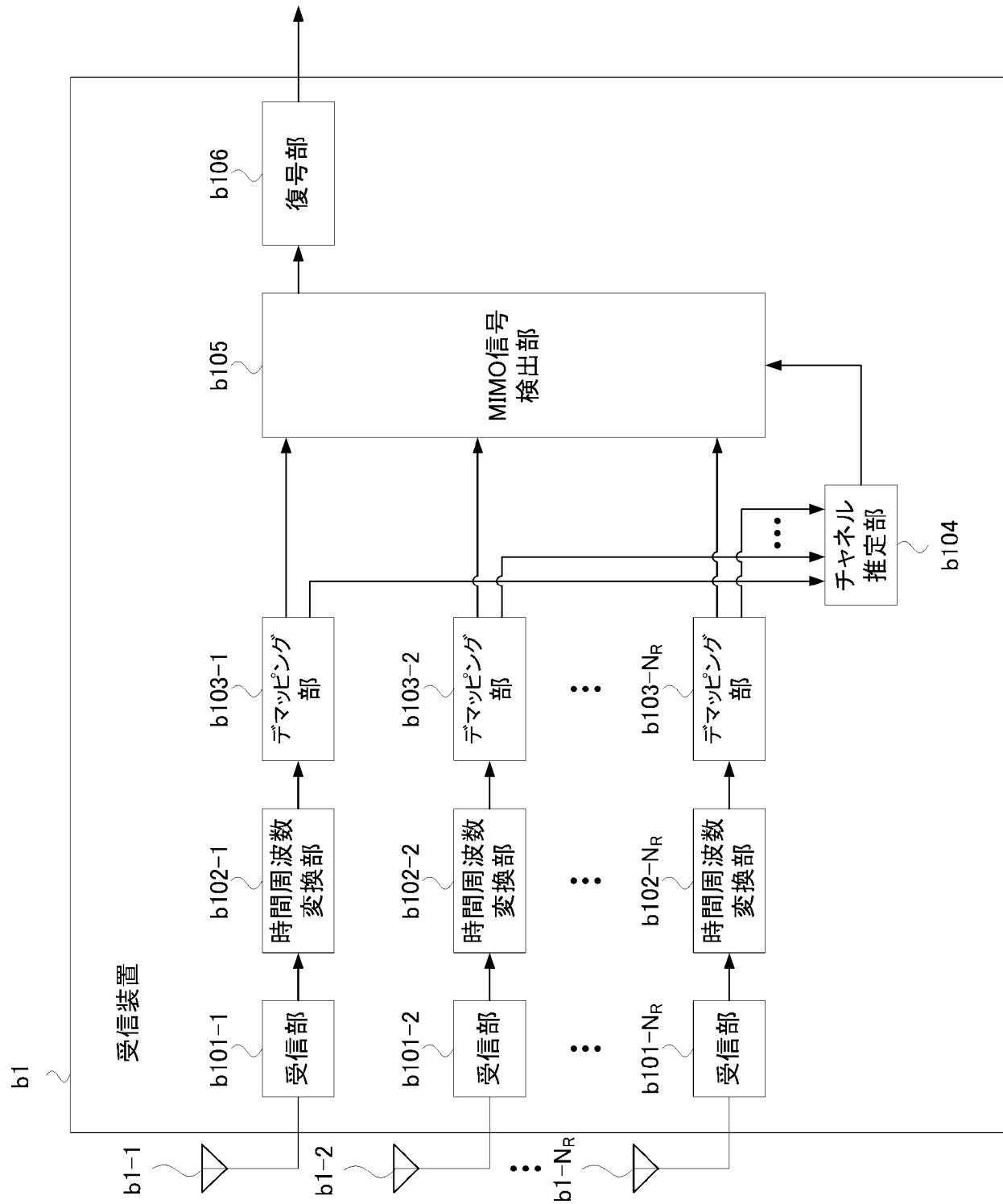
[図2]



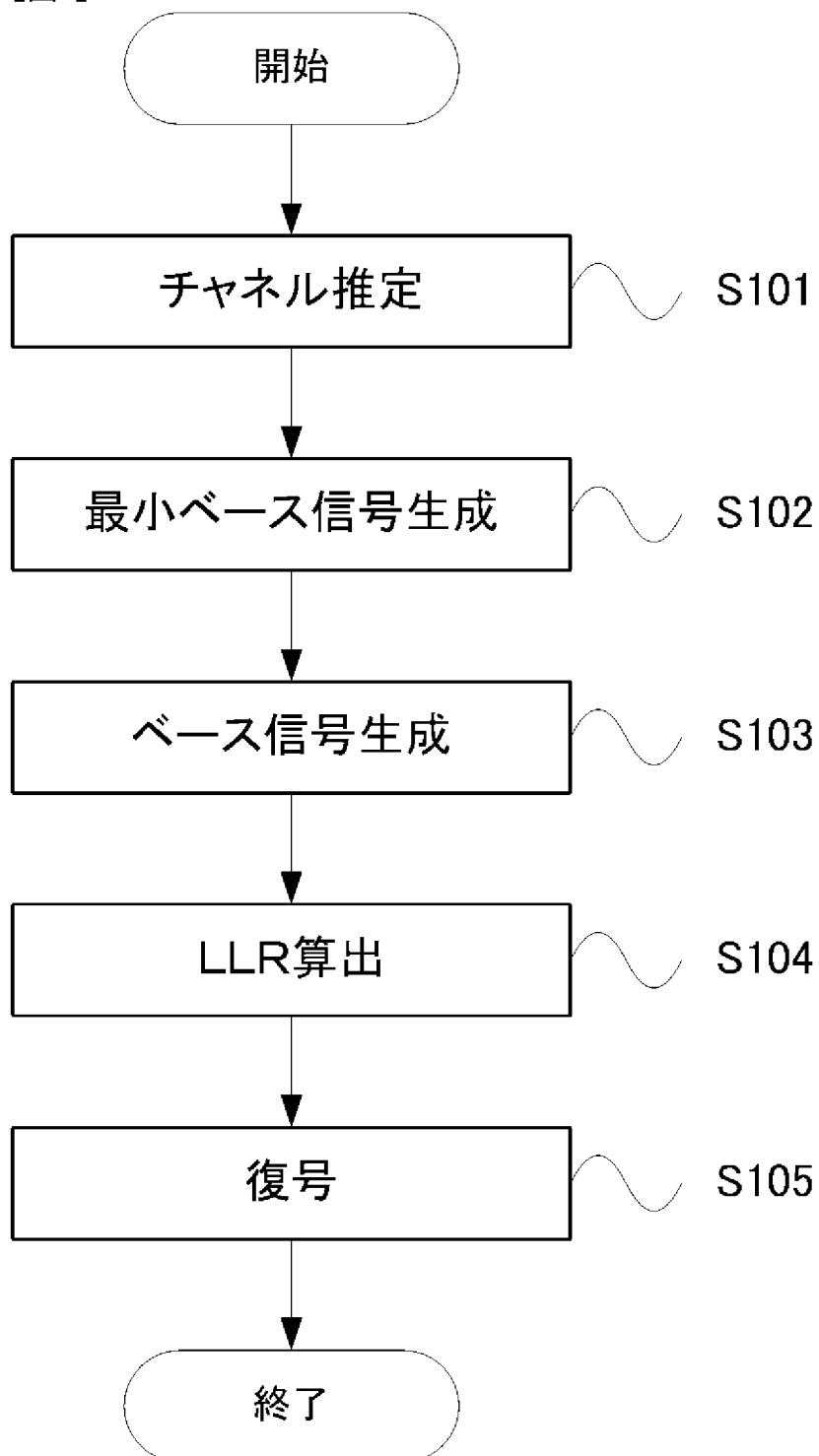
[図3]



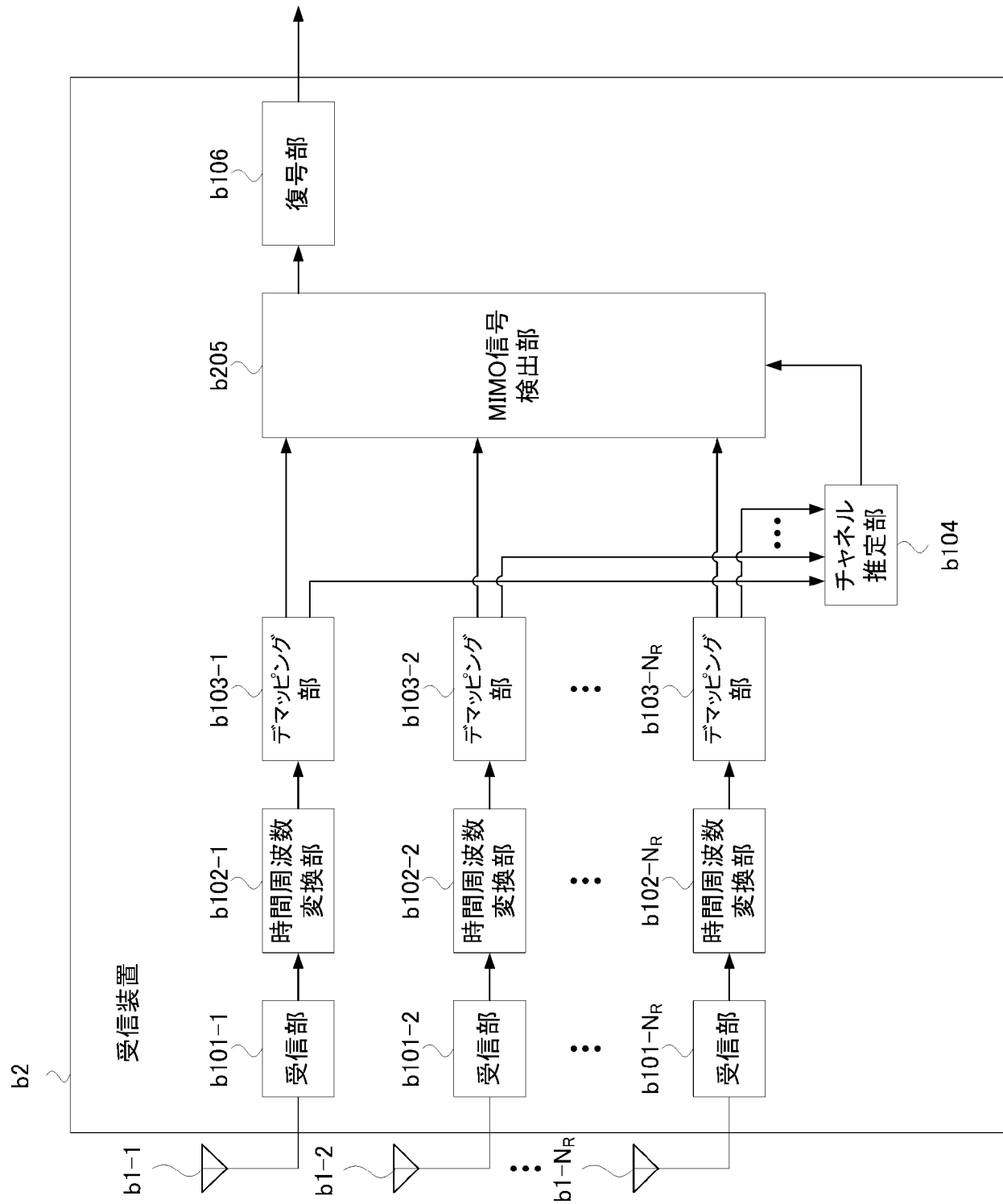
[図4]



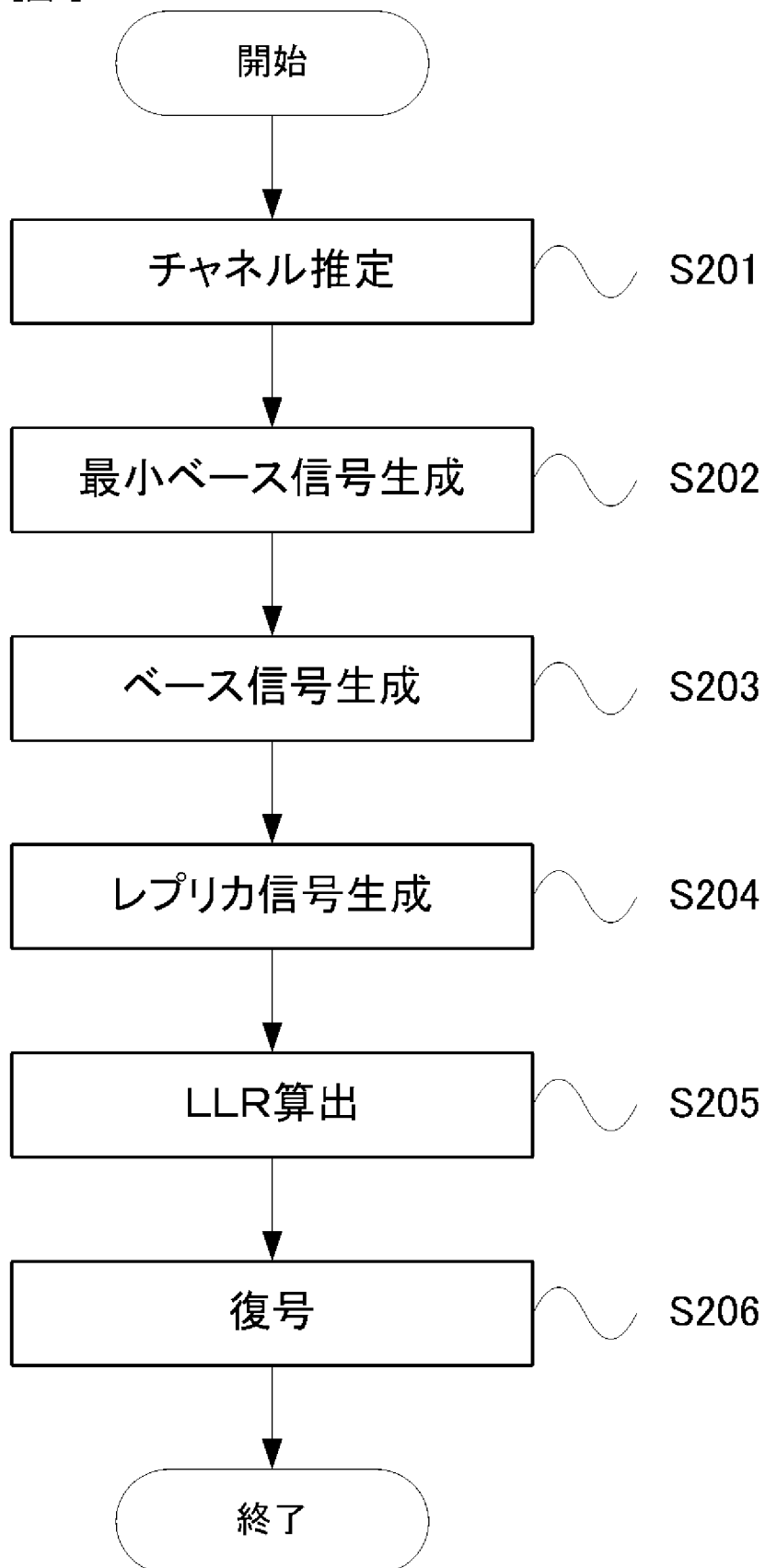
[図5]



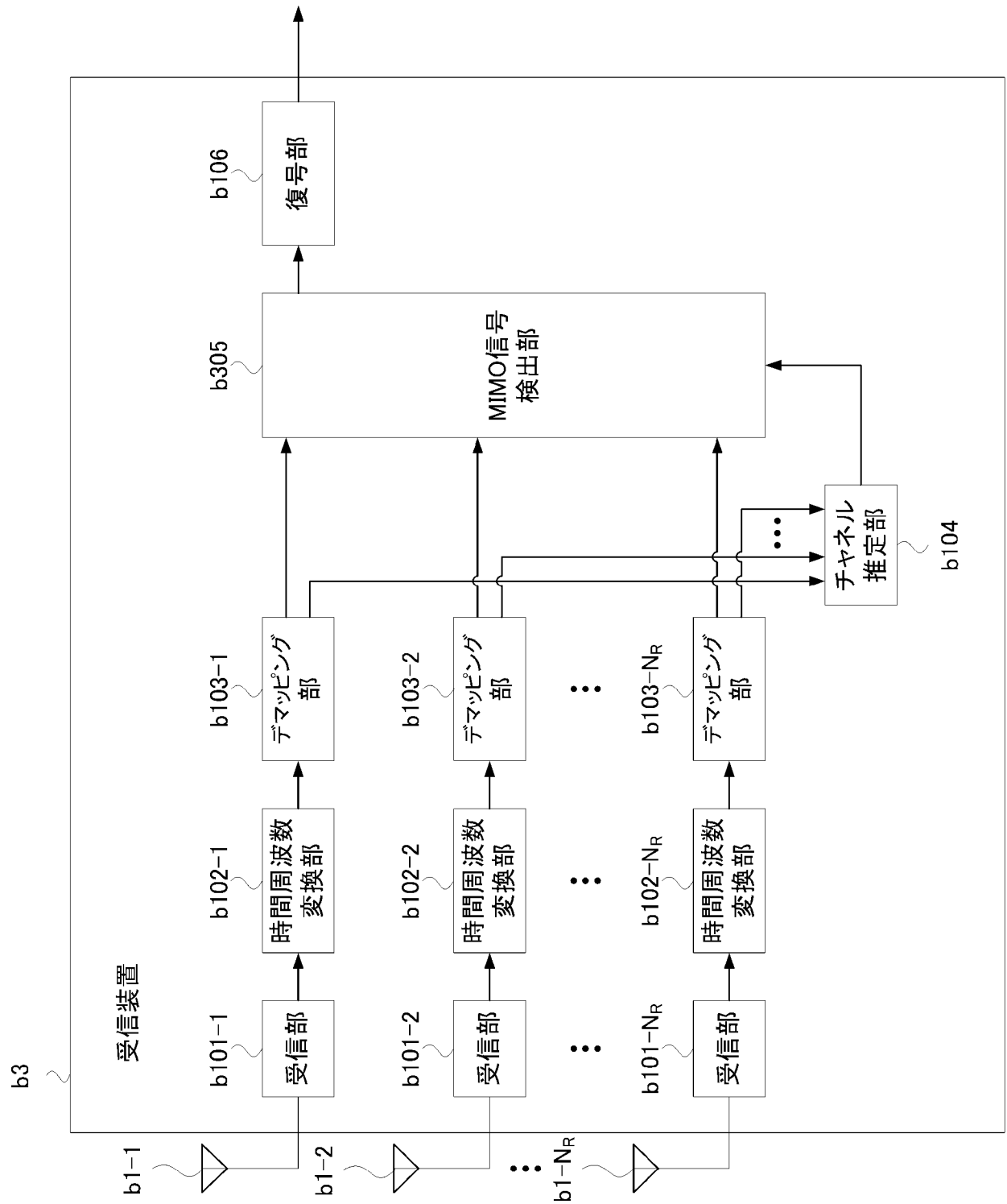
[図6]



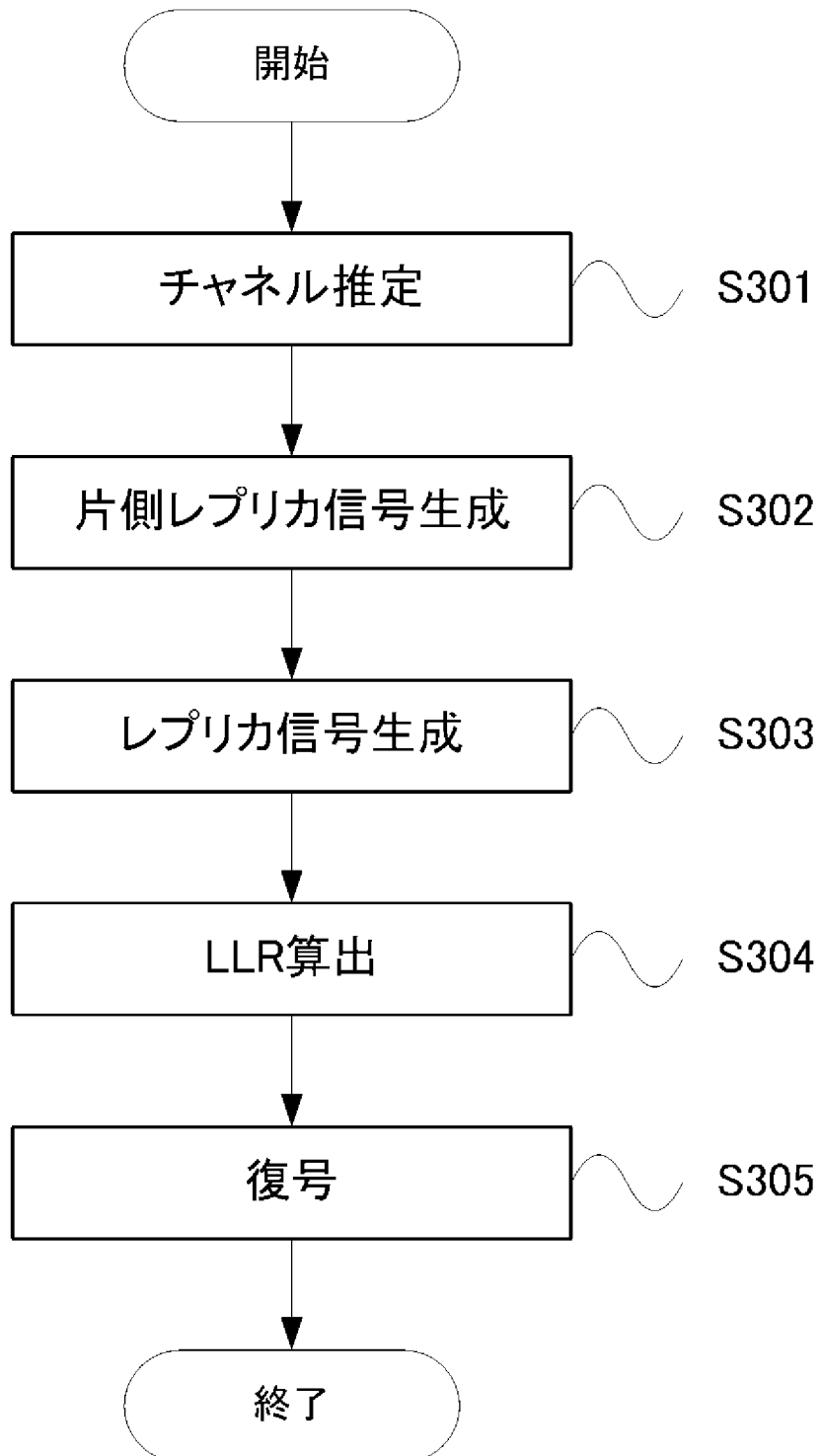
[図7]



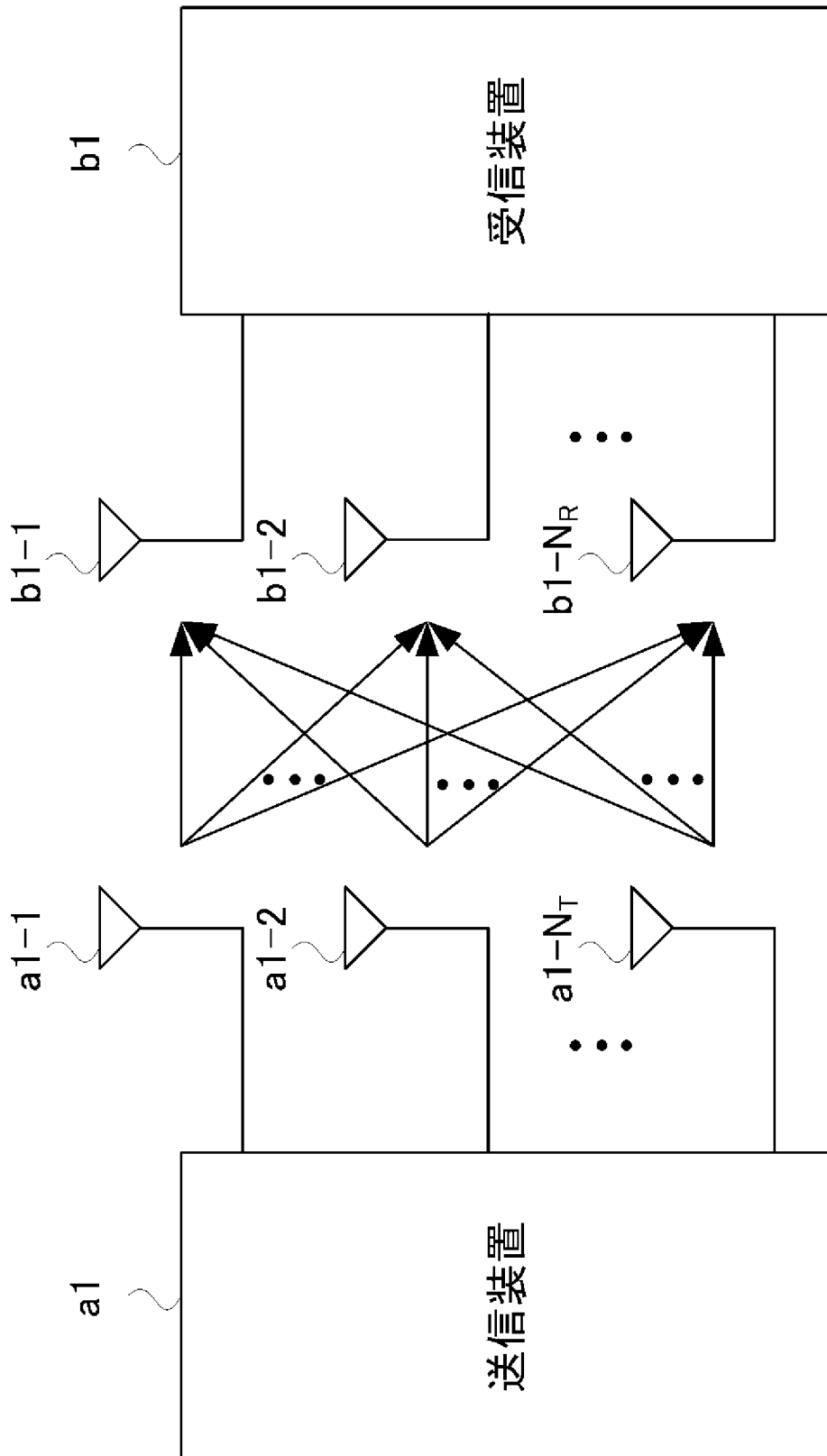
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/079265

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

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

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04J99/00, H04B7/04

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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 A	JP 2007-189372 A (Fujitsu Ltd.), 26 July 2007 (26.07.2007), paragraphs [0018], [0019], [0021], [0026], [0034] (Family: none)	1, 2, 6, 7, 9, 10 3-5, 8
X A	CN 101674160 A (FUDAN UNIVERSITY), 17 March 2010 (17.03.2010), explanatory sheet, page 7, lines 6 to 10 (Family: none)	1, 2, 6, 7, 9, 10 3-5, 8
X A	US 2013/0052976 A1 (Fujitsu Ltd.), 28 February 2013 (28.02.2013), paragraph [0076] & JP 2013-48332 A	1, 2, 6, 7, 9, 10 3-5, 8

☐ 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
16 January 2015 (16.01.15)

Date of mailing of the international search report
27 January 2015 (27.01.15)

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（I P C））

Int.Cl. H04J99/00(2009.01)i, H04B7/04(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H04J99/00, H04B7/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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 A	JP 2007-189372 A（富士通株式会社）2007.07.26, 【0018】、【0019】、【0021】、【0026】、【0034】，（ファミリーなし）	1, 2, 6, 7, 9, 10 3-5, 8
X A	CN 101674160 A（▼復▲旦大学（FUDAN UNIVERSITY））2010.03.17, 説明書第7ページ第6行－第10行，（ファミリーなし）	1, 2, 6, 7, 9, 10 3-5, 8
X A	US 2013/0052976 A1（FUJITSU LIMITED）2013.02.28, [0076] & JP 2013-48332 A	1, 2, 6, 7, 9, 10 3-5, 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。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 6 . 0 1 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

2 7 . 0 1 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

藤江 大望

5 K

4 8 7 9

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 5 6