

(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
2014年7月24日(24.07.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/112366 A1

- (51) 国際特許分類:
H04J 99/00 (2009.01) H04B 7/04 (2006.01)
H01Q 3/26 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/000139
- (22) 国際出願日: 2014年1月15日(15.01.2014)
- (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 2013-007346 2013年1月18日(18.01.2013) JP
- (71) 出願人: 日本電気株式会社(NEC CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号
Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 吉田 高英(YOSHIDA, Takahide); 〒
1088001 東京都港区芝五丁目7番1号日本電気
株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 下坂 直樹(SHIMOSAKA, Naoki); 〒
1088001 東京都港区芝五丁目7番1号日本電気
株式会社内 Tokyo (JP).

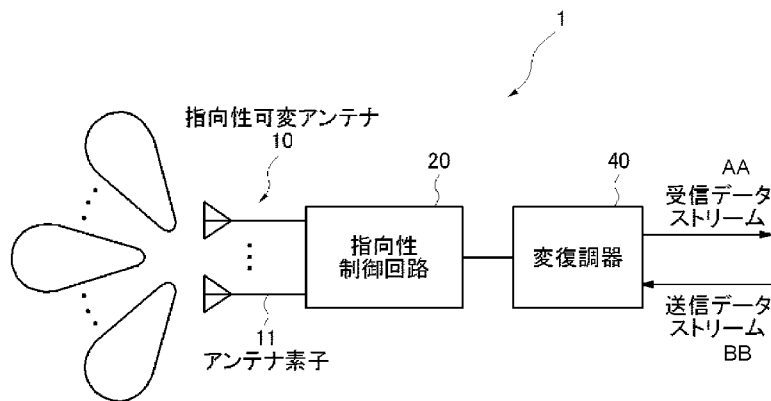
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: RADIO COMMUNICATION APPARATUS, RADIO COMMUNICATION METHOD AND RADIO COMMUNICATION SYSTEM

(54) 発明の名称: 無線通信装置、無線通信方法および無線通信システム



- 10 Directivity-variable antenna
11 Antenna element
20 Directivity control circuit
40 Modulator/demodulator
AA Received data stream
BB Transmission data stream

(57) Abstract: [Problem] For radio communication apparatuses using spatial multiplex MIMO system, it was difficult to reduce the sizes of the apparatuses while maintaining the communication performance. [Solution] A radio communication apparatus comprises: a directivity-variable antenna that has antenna elements for transmitting/receiving radio signals having predetermined bands, the directivity of each antenna element being variable; a directivity control means that switches the directivity of the directivity-variable antenna at a predetermined switching rate; and a modulation/demodulation means that performs one of modulation and demodulation of the radio signals when the directivity has been switched at the predetermined switching rate. The switching rate is an integral multiple of a sampling rate that is determined in accordance with a band.

(57) 要約: [課題] 空間多重MIMO方式を用いた無線通信装置においては、通信性能を維持したまま装置の小型化を図ることが困難であった。[解決手段] 所定の帯域を有する無線信号を送受信するアンテナ素子を備え、アンテナ素子の指

向性が可変である指向性可変アンテナと、指向性可変アンテナの指向性を所定の切り替えレートで切り替える指向性制御手段と、指向性が所定の切り替えレートで切り替わっている状態で無線信号の変調および復調のいずれか一方を行う変復調手段とを有し、切り替えレートが帯域で定まるサンプリングレートの整数倍である。

WO 2014/112366 A1

明 細 書

発明の名称：

無線通信装置、無線通信方法および無線通信システム

技術分野

[0001] 本発明は、無線通信装置、無線通信方法および無線通信システムに関し、特にMIMO (Multiple-Input Multiple-Output) 通信に用いられる無線通信装置、無線通信方法および無線通信システムに関する。

背景技術

[0002] 近年、通信容量を増大させて高速通信を実現するために、複数のサブストリームを空間分割多重により通信するMIMOシステムが移動体通信などで商用化されている。

[0003] MIMOシステムでは複数のアンテナ素子を有する送信機と受信機により通信が行われる。複数のアンテナ素子を有する送信機から複数のサブストリームが送信され、サブストリームの数以上のアンテナ素子を有する受信機により信号を受信することによって空間多重MIMO通信を可能とする。

[0004] このような空間多重MIMO通信技術の一例が特許文献1、特許文献2に記載されている。

[0005] 特許文献1においては、複数のアンテナ素子を有するMIMOアンテナ装置において、通信時にチャネル容量を最大化する最適なアンテナ素子を選択する方法が提案されている。

[0006] 特許文献2においては、MIMO通信用アンテナと指向性アンテナとを切り替えるアレイアンテナが提案されている。また、複数のアンテナ素子の給電点を、個別にスイッチングできるようにするスイッチング素子が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開2009-182403号公報

特許文献2：国際公開第2008/105126号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] しかしながら、これらの特許文献に記載の無線通信装置等には次のような問題があった。

[0009] 特許文献1では、MIMOアンテナ装置を実装するためには送信するサブストリーム数（以後 Z 個と呼ぶ）以上のアンテナ素子の数（以後 X 本と呼ぶ）が必要とされる。即ち、 $X \geq Z$ との制約が存在する。そのため、広いアンテナ実装面積が必要となり、小型の携帯端末などでは実装が容易ではなかった。仮に、省スペースにアンテナ素子を実装できたとしても、アンテナ間距離が相互に近接することとなる。そうすると、相関係数の増加や放射効率の低下が発生し、むしろ通信性能が劣化する恐れがあった。このように、アンテナ素子数の制約による実用上の問題があった。また、小型の携帯端末に限らず、一般的なMIMO通信用アンテナ装置においても、アンテナ素子数はサブストリーム数と同等かそれ以上の数が必要になるというアンテナ設計上の制約があった。

[0010] また、特許文献2では、MIMO用アンテナかあるいは指向性アンテナか、いずれかを選択している。そのため、この場合にもMIMOアンテナ装置を用いるときには、送信するサブストリーム数以上のアンテナ素子の数が必要になるという問題があった。

[0011] このように、MIMO方式を用いた関連する無線通信装置においては、アンテナ素子数に制約があるため、通信性能を維持したまま装置の小型化を図ることが困難であるという問題があった。

[0012] 本発明の目的は、上述した課題である、MIMO方式を用いた無線通信装置においてはアンテナ素子に制約があるため、通信性能を維持したまま装置の小型化を図ることが困難である、という課題を解決する無線通信装置、無線通信方法および無線通信システムを提供することにある。

課題を解決するための手段

- [0013] 本発明の無線通信装置は、所定の帯域を有する無線信号を送受信するアンテナ素子を備え、アンテナ素子の指向性が可変である指向性可変アンテナと、指向性可変アンテナの指向性を所定の切り替えレートで切り替える指向性制御手段を有する。そして、指向性が所定の切り替えレートで切り替わっている状態で無線信号の変調および復調のいずれか一方を行う変復調手段を有し、切り替えレートが帯域で定まるサンプリングレートの整数倍である。
- [0014] また、本発明の無線通信方法は、所定の帯域を有する無線信号を送受信する指向性可変アンテナの指向性を所定のレートで切り替え、指向性が所定の切り替えレートで切り替わっている状態で無線信号の変調および復調のいずれか一方を行い、切り替えレートを帯域で定まるサンプリングレートの整数倍とする。
- [0015] また、本発明の無線通信システムは、所定の帯域を有する無線信号を送信する指向性可変アンテナの指向性を所定のレートで切り替え、指向性が所定の切り替えレートで切り替わっている状態で無線信号の変調を行い、切り替えレートを帯域で定まるサンプリングレートの整数倍とする変調器を備えた送信器を含む。そして、所定の帯域を有する無線信号を受信する指向性可変アンテナの指向性を所定のレートで切り替え、指向性が所定の切り替えレートで切り替わっている状態で無線信号の復調を行い、切り替えレートを帯域で定まるサンプリングレートの整数倍とする復調器を備えた受信器を含む。

発明の効果

- [0016] 本発明の無線通信装置によれば、アンテナ素子に制約があるMIMO方式を用いた場合であっても、通信性能を維持したまま装置の小型化を図ることができる。

図面の簡単な説明

- [0017] [図1]本発明の第1の実施形態に係る無線通信装置の構成を示すブロック図である。
- [図2]本発明の第1の実施形態に係る各指向性状態ごとに受信される電気信号

を説明するための特性図である。

[図3]本発明の第1の実施形態に係る切り替えレートを決定する手順を説明するためのフローチャートである。

[図4]本発明の第2の実施形態に係る無線通信装置の構成を示すブロック図である。

[図5]本発明の第3の実施形態に係る無線通信装置の構成を示すブロック図である。

[図6]本発明の第3の実施形態に係る無線通信装置の別の構成を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0018] 次に、本発明を実施するための形態について図面を参照して説明する。なお、以下の説明では、同じ機能を有するものには同じ符号をつけ、その説明を省略する場合がある。

(第1の実施形態)

(構成)

図1は、本発明の第1の実施形態に係る無線通信装置1の構成を示すブロック図である。無線通信装置1は、所定の帯域を有する無線信号を送受信するアンテナ素子11と、アンテナ素子11の指向性が可変である指向性可変アンテナ10を備えている。そして、指向性可変アンテナ10の指向性を所定の切り替えレートで切り替える指向性制御回路20と、指向性が所定の切り替えレートで切り替わっている状態で無線信号の変調および復調のいずれか一方を行う変復調器40を備えている。

[0019] 送信側で無線通信装置1を用いる場合、ベースバンド信号は、複数のデータストリームに分離され、各データストリームは変復調器40にてベースバンドから無線周波数帯にアップコンバートされ、各データストリームは異なるアンテナからそれぞれ送信される。

[0020] 受信側で用いる場合、送信側の複数のアンテナからそれぞれ送信されたサブストリームは、受信側の各アンテナにおいてそれぞれ混合した状態で受信

される。そして、変復調器40にて無線周波数帯からベースバンドにダウンコンバートされた後、ベースバンド信号として出力される。即ち、変復調器40は、送信側では変調器として動作し、受信側では復調器として動作する。

[0021] 以下、受信側で用いる場合の動作について説明する。図1に示すように、指向性可変アンテナ10で受信された信号は、変復調器40において信号処理がなされ復調される。

[0022] ここで、指向性可変アンテナ10は、アンテナ素子11をX本有しており、また、異なる指向性状態数（以後Yと呼ぶ）を有している。

[0023] 指向性制御回路20は、例えばデジタル信号処理によって、あるいは、アナログ的にスイッチ素子やリアクタンス可変素子を制御することによって、指向性可変アンテナ10に対して複数のアンテナビームを形成し指向性を変化させるよう制御する。指向性可変アンテナ10の各指向性状態で受信されたデータストリームは、変復調器40に入力される。

[0024] 変復調器40は、混合した状態で受信されたサブストリームから、それぞれのサブストリームを分離し、分離したサブストリームを統合して復調信号として出力する。なお、混合したサブストリームの分離は、送信側と受信側のアンテナ対ごと（伝播経路ごと）の伝達関数を逆演算処理し、送信元のサブストリームを推定することによって行うことができる。

[0025] また、指向性可変アンテナ10、指向性制御回路20、変復調器40の構成は、通信方式やアプリケーションなどに応じて適宜変更が可能である。また、本実施形態による無線通信装置1の基本構成は、受信側だけではなく、送信側にも適用可能である。

[0026] また、本実施形態において混合した状態で受信されたサブストリーム数Zは、指向性可変アンテナ10が有する異なる指向性状態数Yよりも大きくなることはない。即ち、 $Z \leq Y$ の関係を満たす。なお、XとYとは、 $X \leq Y$ の関係にある。

（動作）

以下ではMIMO-OFDMシステムを用いた $X_1 \times X_2$ MIMO空間多重受信方式を用いた場合を例に、本実施形態の無線通信装置1の動作を説明する。ここで、 X_1 、 X_2 はそれぞれ、送信側アンテナにおける指向性状態数と、受信側アンテナにおける指向性状態数とを表す。

[0027] OFDMデータブロック時間送信信号として、次の式(1)に示すような $S_{T,i}$ を想定する。

$$s_{T,i}(t) = \text{Re} \left[\sum_{n=0}^{N-1} d_i(n) e^{j2\pi n f_c t} e^{j2\pi n f_o t} \right] \quad \text{式(1)}$$

[0028] ここで、 N はサブキャリア数である。そして、 $d_i(N)$ はサブキャリア N における複素データシンボルである。「 $\text{Re}[\]$ 」は鍵括弧内の関数の実数成分を表す。 f_c はキャリア波周波数を、 f_o はキャリア間隔を示し、これより n 番目の搬送波の周波数は、 $f_c + n f_o$ となる。

[0029] データブロック時間(以後 T_s と呼ぶ)を次の式(2)のように表す。

$$T_s = 1 / f_o \quad \text{式(2)}$$

モデルを単純化するため、ここではガードインターバルは省略している。

[0030] 次に、受信信号について説明する。送信されたOFDMデータシンボル $S_{T,i}$ は、伝搬環境に応じてフェージング $h_{i,j}$ を受けた後、受信機のアンテナで受信される。このとき、本実施形態の無線通信装置1においてはアンテナの指向性を周期 Δ で切り替えながら受信を行う。

[0031] 指向性状態(添字「 i 」で区別)ごとに受信される電気信号 $C_i(t)$ は、次の式(3)のように表すことができる。

$$c_i(t) = \begin{cases} 1, & \frac{Yn+i-1}{Yf_o} \leq t \leq \frac{Yn+i}{Yf_o} \\ 0, & \text{その他} \end{cases} \quad \text{式(3)}$$

$n = 0, 1, 2, \dots$

[0032] 式(3)は矩形状の関数である。図2は、本発明の第1の実施形態に係る無線通信装置が各指向性状態ごとに受信する電気信号を説明するための特性図である。この特性図は $Y=2$ の場合であり、そうすると i の取り得る値は1または2となる。

[0033] 受信信号 $S_{R,i}$ は、これら h_{ij} 、 $C_i(t)$ 、 $S_{T,i}$ を用いて式 (4) のように与えられる。

$$\begin{aligned} s_{R,i}(t) &= \sum_{j=1}^Z \int_{-\infty}^{\infty} [h_{ij} c_i(v) s_{T,j}(t-v)] dv \\ &= \sum_{j=1}^Z \int_{-\infty}^{\infty} \left[h_{ij} c_i(v) \operatorname{Re} \left[\sum_{n=0}^{N-1} d_i(n) e^{j2\pi f_0(t-v)} e^{j2\pi f_c(t-v)} \right] \right] dv \\ &= \operatorname{Re} \left[\sum_{j=1}^Z \sum_{n=0}^{N-1} h_{ij} e^{j2\pi f_0 t} \left[\int_{-\infty}^{\infty} c_i(v) e^{-j2\pi(f_c + n f_0)v} dv \right] d_i(n) e^{j2\pi f_c t} \right] \end{aligned}$$

式 (4)

[0034] ここで、 j は受信されたサブストリームを区別する番号であり、 $j = 1, 2, \dots, Z$ である。

[0035] 続いて受信信号 $S_{R,i}$ は、変復調器でダウンコンバージョンされる。即ち、式 (4) の受信信号は式 (5) のような複素ベースバンド信号 $S_{B,i}$ に変換される。

$$s_{B,i}(t) = \sum_{j=1}^Z \sum_{n=0}^{N-1} h_{ij} e^{j2\pi f_0 t} \left[\int_{-\infty}^{\infty} c_i(v) e^{-j2\pi(f_c + n f_0)v} dv \right] d_i(n)$$

式 (5)

[0036] このベースバンド信号はさらに、式 (6) のような標本化時間 (以後 t_q と呼ぶ) によってサンプリングされる。

$$t_q = q / (N f_0) \quad (q = 1, 2, \dots, N-1) \quad \text{式 (6)}$$

[0037] $S_{B,i}$ は、式 (6) を使って、式 (5) から次の式 (7) のように書き換えられる。

$$\begin{aligned}
s_{B,i}(q) &= \sum_{j=1}^2 \sum_{n=0}^{N-1} h_{ij} e^{j2\pi f_0 q l(Nf_0)} \left[\int_{-\infty}^{\infty} c_i(v) e^{-j2\pi(f_c + nf_0)v} dv \right] d_i(n) \\
&= \sum_{j=1}^2 \sum_{n=0}^{N-1} h_{ij} e^{j2\pi f_0 q l(Nf_0)} \left[\int_0^{1/f_0} c_i(v) e^{-j2\pi(f_c + nf_0)v} dv \right] d_i(n)
\end{aligned}$$

式(7)

[0038] このようなベースバンド信号に変換された後、離散フーリエ変換され、チャネル推定処理が行われる。その際、アンテナの指向性切り替え周期 Δ を適切に選ぶことによって、送信信号の情報を劣化させることなく復元することができる。

[0039] 別の言い方をすると、アンテナ素子数に制約があるMIMO方式を用いた無線通信装置等において、 Y の値が2の場合に対応してサブストリーム数 Z の値を2とするには、アンテナ素子の数 X は2以上必要となる。一方、本実施形態の無線通信装置1においては、アンテナ素子の数 X がたとえ1であっても、切り替え周期 Δ を適切に選ぶことによって、サブストリーム数 Z の値として2を実現することができる。

[0040] 適切な指向性切り替えレート($1/\Delta$)は、使用するOFDMサブチャネル数や送信信号のサンプリングレート等によって変わる。そのため、状況に応じて適切な切り替えレートを選択することが望ましい。なお、OFDMの場合、高速変調された単一の広帯域幅信号はなく、遅い変調を受けた多数の狭帯域幅信号がある。この指向性切り替えレートを適切に設定する手法について次に説明する。

[0041] 図3は、本発明の第1の実施形態に係る切り替えレートを決定する手順を説明するためのフローチャートである。まず、送信側でトレーニング信号を送信する(ステップS1)。次に、指向性制御回路20は、切り替えレート($1/\Delta$)でアンテナ指向性の切り替えを行う。ここで、切り替えレートは、式(8)のように与えられる(ステップS2)。

$$1/\Delta = L N f_0, \quad L = Y, Y+1, Y+2, \dots \quad \text{式(8)}$$

[0042] 最初は $L = Y$ で切り替えを行い、必要に応じて L の値を1ずつ増加させていく。即ち、 $L = Y$ 、 $Y + 1$ 、 $Y + 2 \cdots$ である。続いて、トレーニング信号の復元を行う（ステップS3）。そして、復元した信号に誤りが発生するか否かでフローは分岐する（ステップS4）。即ち、誤り（エラー）が発生した場合（ステップS4／NO）、 L の値を1つ増加して切り替えレートを再設定する（ステップS2に戻る）。一方、誤り（エラー）がない場合（ステップS4／YES）、その切り替えレートが採用され、切り替えレートの選択処理は終了する。

（効果）

以上のように、アンテナの指向性切り替えの適切なレートが決定される。これによって、送信された混合状態のサブストリーム数以下のアンテナ数（ $X < Z$ ）でも空間多重MIMO通信が可能となり、送信信号の情報を劣化させることなく復元することが可能となる。すなわち、アンテナ素子に制約があるMIMO方式を用いた場合であっても、通信性能を維持したまま装置の小型化を図ることができる。

[0043] また、式（8）から判るように、切り替えレートは、サブキャリア数 N およびキャリア間隔 f_0 の積の数倍程度となる。さらに、式（6）と式（8）との比較から、切り替えレート（ $1/\Delta$ ）はサンプリングレート（ $1/t_q$ ）よりも $L \times q$ 倍高くなる。ここで、 L は Y 以上、 q は1以上であるので、 $L \times q$ は Y 以上の値となることが判る。

[0044] なお、図3に係る本発明の第1の実施形態に係る切り替えレートを決定する手順は、切り替えレートの選択処理の一例にすぎない。すなわち、誤り（エラー）が発生しない最初の L の値が得られた場合に切り替えレートの選択処理を終了しているが、適切な L の値は最初の値（最小の値）に限られるものではない。

（第2の実施形態）

図4は、本発明の第2の実施形態に係る無線通信装置2の構成を示すブロック図である。本実施形態の構成が第1の実施形態と異なる点は、指向性可

変アンテナ 10 が、アレイアンテナ 12、加算器 50、乗算器 60、重み付け制御回路 21 から構成される点である。それ以外の本実施形態の構成は第 1 の実施形態と同様である。

[0045] アレイアンテナ 12 の各素子に、乗算器 60 を介して、重み付け制御回路 21 から素子間の位相または振幅を調整（重み付け）する。そして、アレイアンテナ 12 の各素子の位相および振幅が加算器 50 を介して合成される。位相または振幅を調整することにより、アンテナの指向性を変化させることができる。

[0046] 本実施形態においても、第 1 の実施形態と同等の効果を奏する。

（第 3 の実施形態）

図 5 は、本発明の第 3 の実施形態に係る無線通信装置 3 の構成を示すブロック図である。本実施形態の構成が第 1 の実施形態と異なる点は、ポート切替回路 30 が含まれる点である。それ以外の本実施形態の構成は第 1 の実施形態と同様である。

[0047] ポート切替回路 30 は、指向性可変アンテナ 10 の各指向性状態で受信されたサブストリームが、変復調器 40 の所定の信号ポートにそれぞれ入力するように切り替える。ここで、変復調器 40 における信号ポートの数（以後 W と呼ぶ）は、空間多重 MIMO 通信で使用するサブストリーム数 Z 以上であり、指向性可変アンテナ 10 の取り得る Y 以下である。即ち、 $Z \leq W \leq Y$ の関係にある。

[0048] 本発明の第 3 の実施形態に係る無線通信装置 3 の構成では、アンテナ指向性ごとの受信信号が混合した状態から各信号を分離する処理が、変復調器 40 内において不要となる。その理由は、指向性可変アンテナ 10 の各指向性状態で受信された各サブストリームが、変復調器 40 内の各アンテナ指向性に対応する信号処理回路の各信号ポートにそれぞれ入力されるよう、ポート切替回路 30 によって切り替えられるからである。即ち、アンテナ指向性ごとに各信号を取り出す処理が、変復調器 40 内ではなく、変復調器 40 の外部で実行される。

[0049] なお、指向性可変アンテナ 10 で受信された信号を変復調器 40 の信号ポート間で替えるタイミングは、アンテナの指向性を切り替えるタイミングと同期させることとしてもよい。

[0050] なお、ポート切替回路 30 が切り替える信号ポート数 W を使って、第 1 の実施形態で説明した各式を次のように変形・拡張することができる。

[0051] 指向性状態ごとに受信される電気信号を表す式 (3) は、次の式 (9) のように表すことができる。

$$c_{W,i}(t) = \begin{cases} 1, & \frac{Wn+i-1}{Wf_0} \leq t \leq \frac{Wn+i}{Wf_0} \\ 0, & \text{その他} \end{cases} \quad \text{式 (9)}$$

$n = 0, 1, 2, \dots$

[0052] 受信信号 $S_{R,i}$ を表す式 (4) は、次の式 (10) のように表すことができる。

$$\begin{aligned} s_{R,W,i}(t) &= \sum_{j=1}^Z \int_{-\infty}^{\infty} [h_{ij} c_{W,i}(v) s_{T,j}(t-v)] dv \\ &= \sum_{j=1}^Z \int_{-\infty}^{\infty} \left[h_{ij} c_{W,i}(v) \operatorname{Re} \left[\sum_{n=0}^{N-1} d_i(n) e^{j2\pi f_0(t-v)} e^{j2\pi f_c(t-v)} \right] \right] dv \\ &= \operatorname{Re} \left[\sum_{j=1}^Z \sum_{n=0}^{N-1} h_{ij} e^{j2\pi f_0 t} \left[\int_{-\infty}^{\infty} c_{W,i}(v) e^{-j2\pi(f_c + n f_0)v} dv \right] d_i(n) e^{j2\pi f_c t} \right] \end{aligned}$$

式 (10)

[0053] 複素ベースバンド信号 $S_{B,i}$ を表す式 (5) は、次の式 (11) のように表すことができる。

$$s_{B,W,i}(t) = \sum_{j=1}^Z \sum_{n=0}^{N-1} h_{ij} e^{j2\pi f_0 t} \left[\int_{-\infty}^{\infty} c_{W,i}(v) e^{-j2\pi(f_c + n f_0)v} dv \right] d_i(n)$$

式 (11)

[0054] $S_{B,W,i}$ は、式 (6) を使って、式 (11) から次の式 (12) のように書き

換えられる。

$$\begin{aligned}
 s_{B,W,i}(q) &= \sum_{j=1}^Z \sum_{n=0}^{N-1} h_{ij} e^{j2\pi f_0 q l(Nf_0)} \left[\int_{-\infty}^{\infty} c_{W,i}(v) e^{-j2\pi(f_c + nf_0)v} dv \right] d_i(n) \\
 &= \sum_{j=1}^Z \sum_{n=0}^{N-1} h_{ij} e^{j2\pi f_0 q l(Nf_0)} \left[\int_0^{1/f_0} c_{W,i}(v) e^{-j2\pi(f_c + nf_0)v} dv \right] d_i(n)
 \end{aligned}$$

式(12)

[0055] 図6は、本発明の第3の実施形態に係る無線通信装置の別の構成を示すブロック図である。

[0056] 指向性可変アンテナ10として単一アンテナ13を備え、変復調器40における信号ポートの数Wは2つの場合を示す。そして、指向性可変アンテナ10が取り得る指向性状態の数Yは2つの場合であるとした。即ち、MIMO-OFDMシステムを用いた2×2MIMO空間多重受信を仮定し、X=1、Z=2、W=2、Y=2、という場合である。指向性の切り替えは、スイッチ素子やリアクタンス可変素子などを利用して行う。例えば、指向性制御回路20がこれらの素子を統括して制御し、所望の指向性を実現する。本実施形態においても、送信するサブストリーム数以下のアンテナ数(X<Z)でも、情報を劣化させずに空間多重MIMO通信が可能となる。

[0057] 上述した実施例による無線通信装置は、例えば、RFID(Radio Frequency Identification)、航空無線、海上無線といった長波から短波の領域で用いられる無線通信機器に搭載が可能である。

[0058] また、本発明は上記実施形態に限定されることなく、請求の範囲に記載した発明の範囲内で、種々の変形が可能であり、それらも本発明の範囲内に含まれることはいうまでもない。

[0059] この出願は、2013年1月18日に出願された日本出願特願2013-007346を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

符号の説明

[0060] 1、2、3 無線通信装置

1 0 指向性可変アンテナ

1 1 アンテナ素子

1 2 アレイアンテナ

1 3 単一アンテナ

2 0 指向性制御回路

2 1 重み付け制御回路

3 0 ポート切替回路

4 0 変復調器

5 0 加算器

6 0 乗算器

請求の範囲

- [請求項1] 所定の帯域を有する無線信号を送受信するアンテナ素子を備え、前記アンテナ素子の指向性が可変である指向性可変アンテナと、
前記指向性可変アンテナの前記指向性を所定の切り替えレートで切り替える指向性制御手段と、
前記指向性が前記所定の切り替えレートで切り替わっている状態で前記無線信号の変調および復調のいずれか一方を行う変復調手段と、
を有し、前記切り替えレートが前記帯域で定まるサンプリングレートの整数倍である
無線通信装置。
- [請求項2] 前記変復調手段は、前記無線信号に含まれるベースバンド信号をデータストリームに変換し、さらに異なる前記指向性が混合した状態のサブストリームに分割し、
前記アンテナ素子の数は当該サブストリームの数よりも少ない
請求項1に記載の無線通信装置。
- [請求項3] 前記指向性制御手段は、前記指向性可変アンテナの取りうる指向性の状態が送受信される前記サブストリームに対応するように指向性状態を制御し、
前記切り替えレートは、前記サンプリングレートより少なくとも前記指向性状態の数以上大きい
請求項1に記載の無線通信装置。
- [請求項4] 前記指向性の状態の数は、前記アンテナ素子の数以上であり、かつ、前記指向性状態の数は、前記サブストリームの数以上である
請求項1乃至3のいずれか一項に記載の無線通信装置。
- [請求項5] 前記指向性可変アンテナで受信される受信信号または送信される送信信号を、前記信号ポート間で切り替えるポート切替手段をさらに備え、
前記変復調手段は複数の信号ポートを有する

請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の無線通信装置。

[請求項6] 前記指向性制御手段と前記ポート切替手段とは互いに同期しており、
前記指向性の切り替えおよび信号ポート切り替えが同じタイミングで行われる

請求項 5 に記載の無線通信装置。

[請求項7] 前記変復調手段は、前記無線信号に含まれるベースバンド信号をデータストリームに変換し、さらに異なる前記指向性が混合した状態のサブストリームに分割し、

前記複数の信号ポートの数は、前記サブストリームの数以上であり、かつ、前記信号ポートの数は、前記指向性状態の数以下である

請求項 5 または 6 に記載の無線通信装置。

[請求項8] 前記指向性可変アンテナは、アレイアンテナからなる

請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載の無線通信装置。

[請求項9] 所定の帯域を有する無線信号を送受信する指向性可変アンテナの指向性を所定のレートで切り替え、

前記指向性が前記所定の切り替えレートで切り替わっている状態で前記無線信号の変調および復調のいずれか一方を行い、

前記切り替えレートを前記帯域で定まるサンプリングレートの整数倍とする

無線通信方法。

[請求項10] 所定の帯域を有する無線信号を送信する指向性可変アンテナの指向性を所定のレートで切り替え、

前記指向性が前記所定の切り替えレートで切り替わっている状態で前記無線信号の変調を行い、

前記切り替えレートを前記帯域で定まるサンプリングレートの整数倍とする

変調手段と、を備えた送信手段と、

所定の帯域を有する無線信号を受信する指向性可変アンテナの指向性を所定のレートで切り替え、

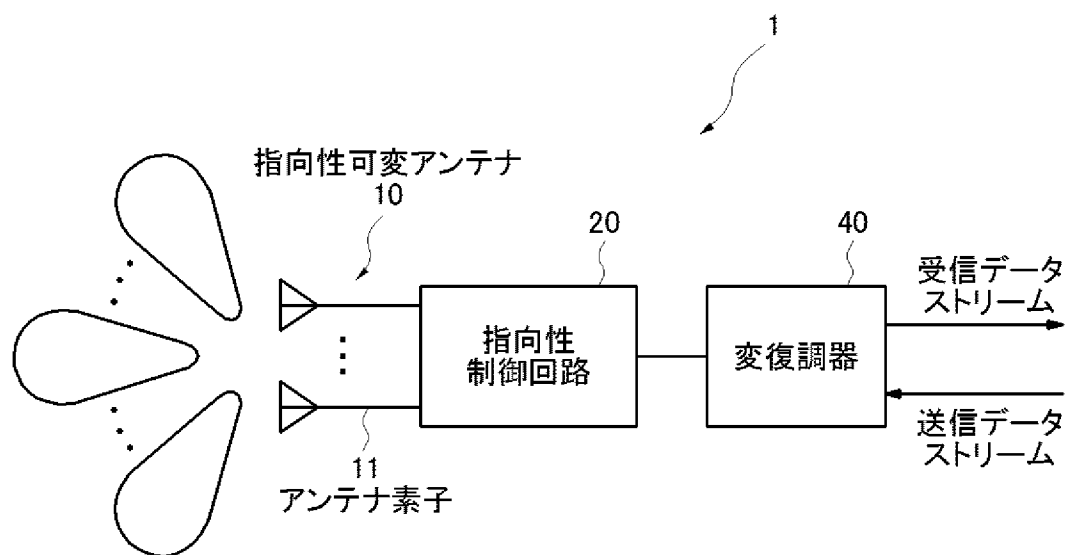
前記指向性が前記所定の切り替えレートで切り替わっている状態で前記無線信号の復調を行い、

前記切り替えレートを前記帯域で定まるサンプリングレートの整数倍とする

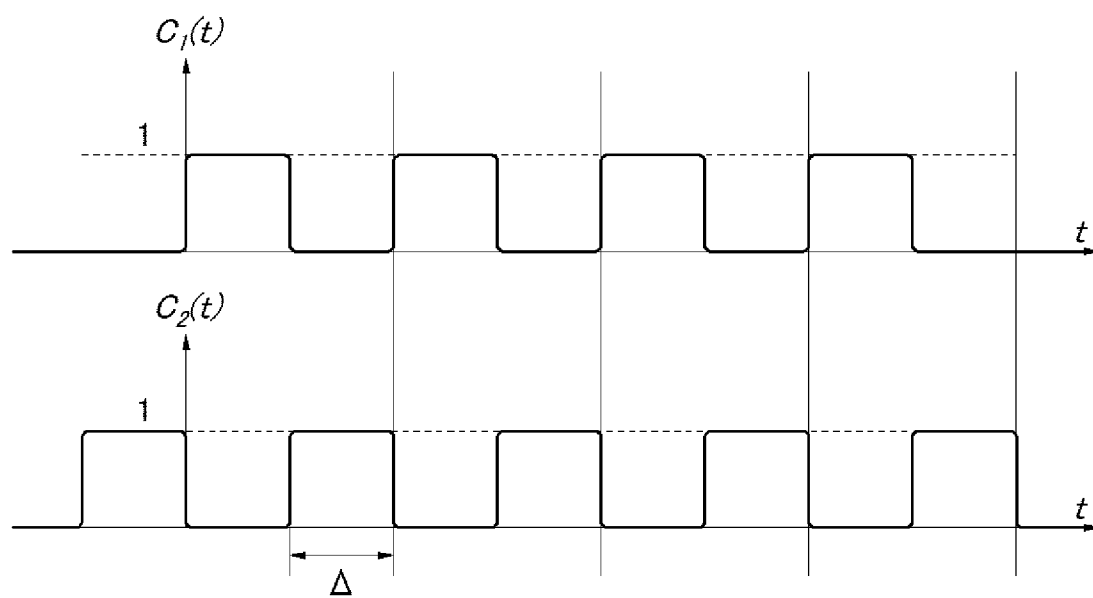
復調手段と、を備えた受信手段と、

を含むことを特徴とする無線通信システム。

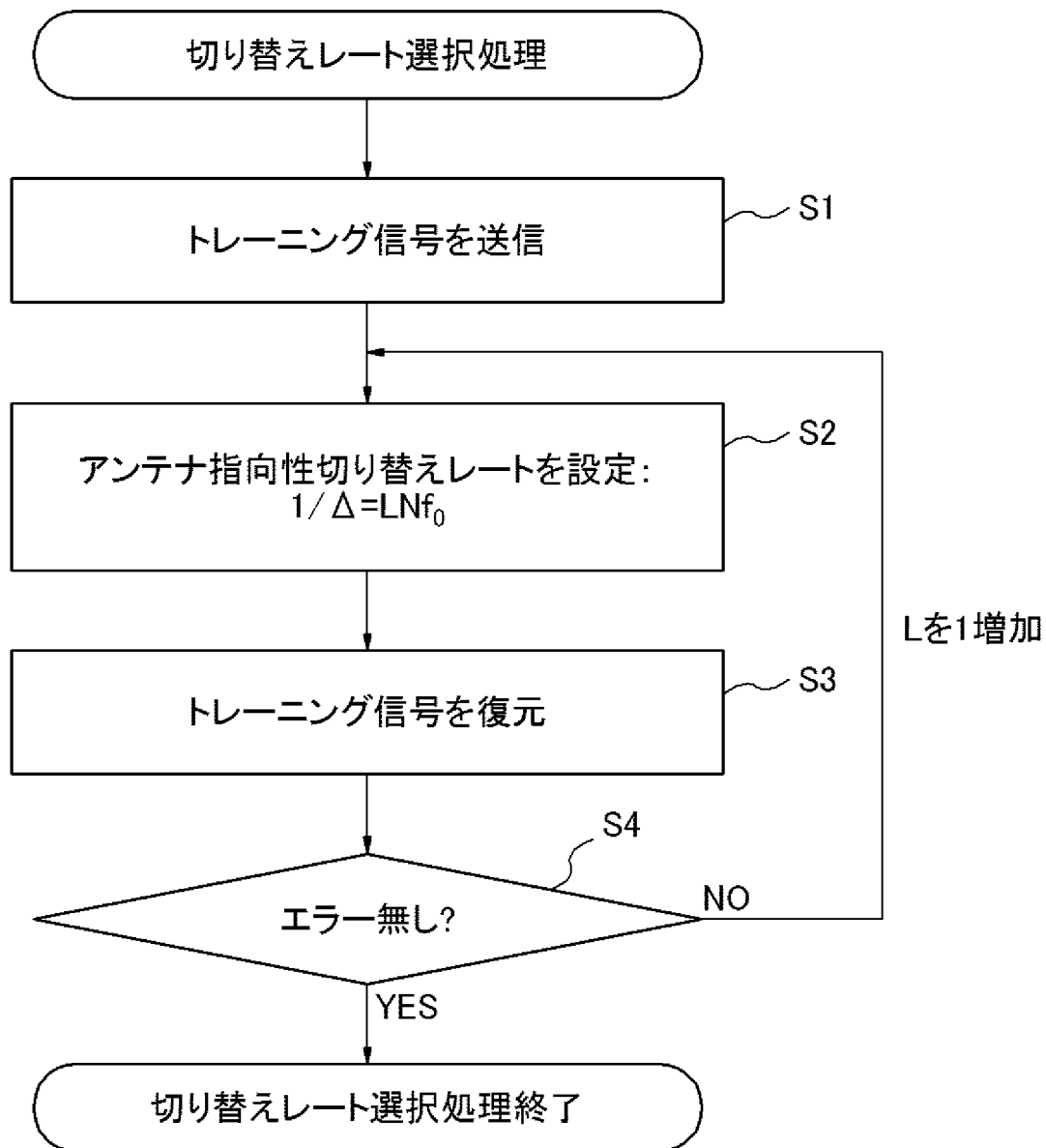
[図1]



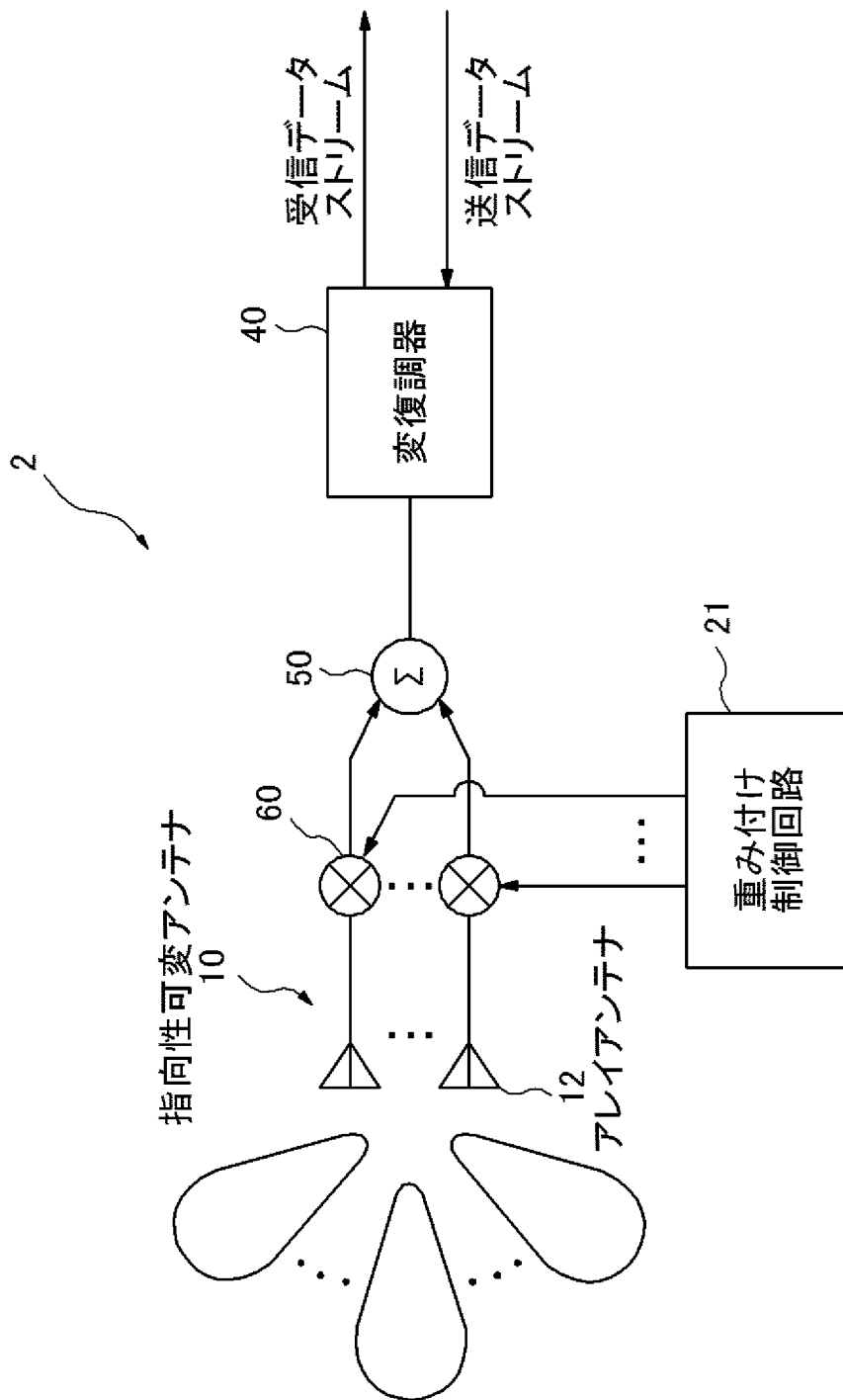
[図2]



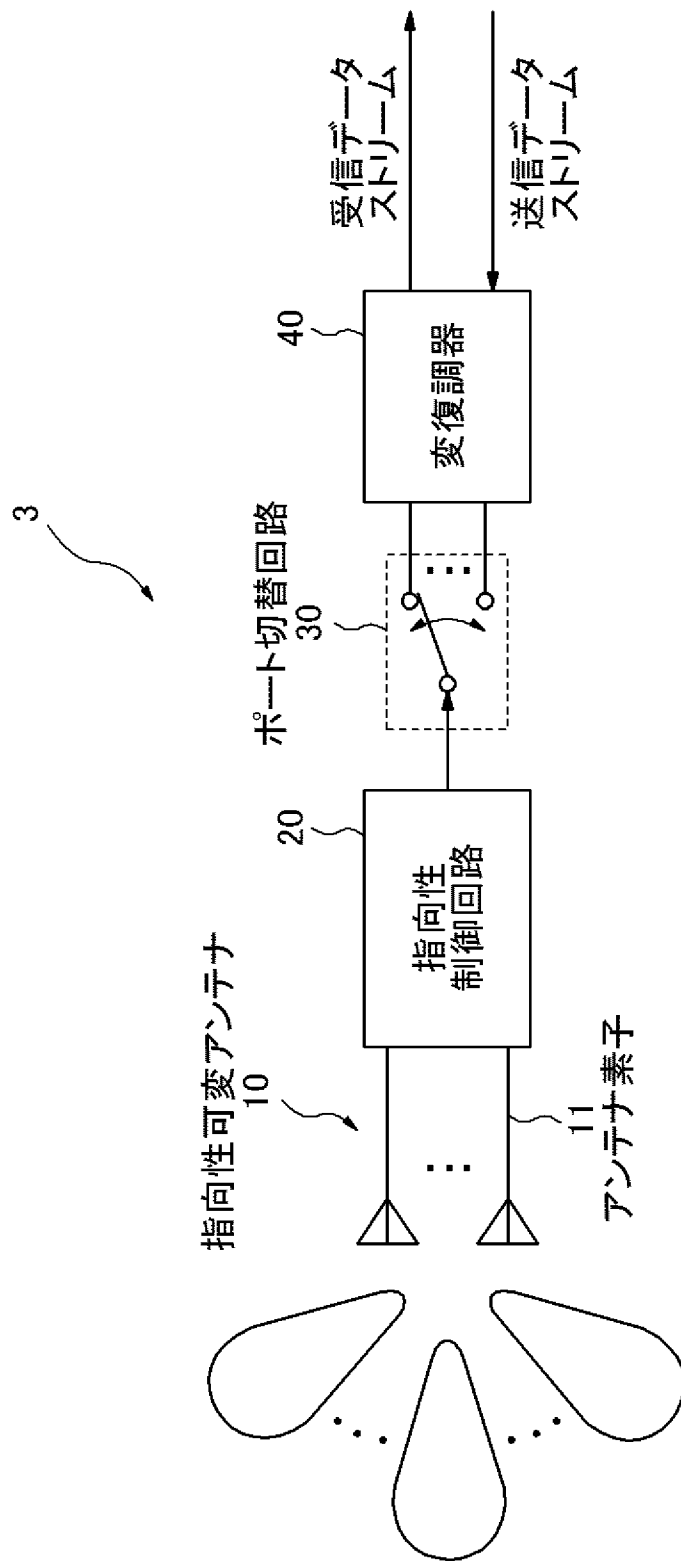
[図3]



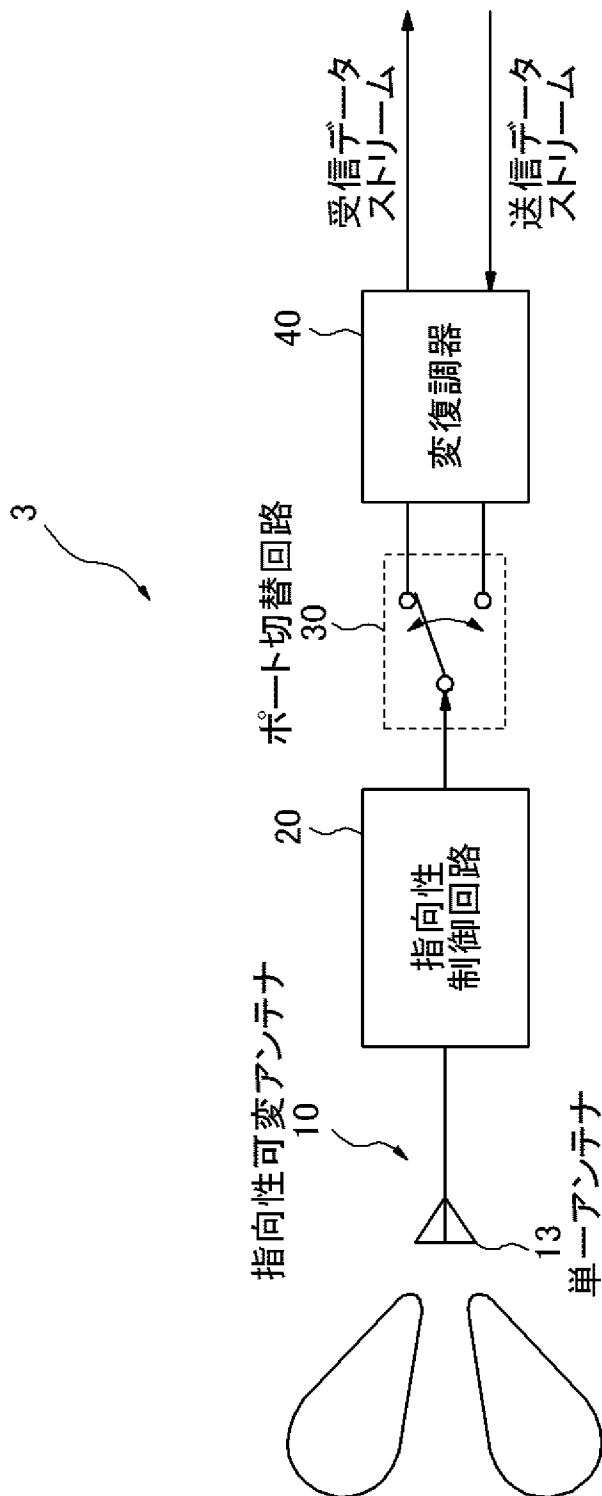
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/000139

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04J99/00(2009.01)i, H01Q3/26(2006.01)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, H01Q3/26, 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 1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2014 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2014

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2000-134141 A (Toshiba Corp.), 12 May 2000 (12.05.2000), paragraphs [0009] to [0033]; fig. 1, 2 & US 6385754 B1	1, 3-9
X	JP 2001-203672 A (Seiko Epson Corp.), 27 July 2001 (27.07.2001), paragraphs [0018] to [0047]; fig. 2 to 4 (Family: none)	1, 4, 9, 10
X	JP 2003-152610 A (Hitachi, Ltd.), 23 May 2003 (23.05.2003), abstract; claims 1, 4; page 4, left column, lines 33 to 45; right column, lines 18 to 33; fig. 1, 2 (Family: none)	1, 8, 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
04 March, 2014 (04.03.14)

Date of mailing of the international search report
18 March, 2014 (18.03.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/000139

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2006/070478 A1 (Fujitsu Ltd.), 06 July 2006 (06.07.2006), paragraphs [0007], [0009], [0018] to [0025], [0027], [0072] to [0076]; fig. 4, 6 & US 2007/0243831 A1 & EP 1833186 A1 & CN 101091344 A	1-10

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, H01Q3/26(2006.01)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, H01Q3/26, 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 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2014年 日本国実用新案登録公報 1996-2014年 日本国登録実用新案公報 1994-2014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	JP 2000-134141 A（株式会社東芝）2000.05.12, [0009]-[0033], 第1図, 第2図 & US 6385754 B1	1, 3-9	
X	JP 2001-203672 A（セイコーエプソン株式会社）2001.07.27, [0018]-[0047], 第2図-第4図（ファミリーなし）	1, 4, 9, 10	
X	JP 2003-152610 A（株式会社日立製作所）2003.05.23, [要約], [請求項1], [請求項4], 第4頁左欄第33行-第45行, 右欄第18行-第33行, 第1図, 第2図（ファミリーなし）	1, 8, 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、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 04.03.2014		国際調査報告の発送日 18.03.2014	
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） 羽岡 さやか 電話番号 03-3581-1101 内線 3556	5K 3149

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2006/070478 A1 (富士通株式会社) 2006.07.06, [0007], [0009], [0018]-[0025], [0027], [0072]-[0076], 第4図, 第6 図 & US 2007/0243831 A1 & EP 1833186 A1 & CN 101091344 A	1-10