

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-164294  
(P2015-164294A)

(43) 公開日 平成27年9月10日(2015.9.10)

| (51) Int.Cl.         | F I            | テーマコード (参考) |
|----------------------|----------------|-------------|
| HO4B 7/08 (2006.01)  | HO4B 7/08 D    | 5J021       |
| HO4J 11/00 (2006.01) | HO4J 11/00 B   | 5K067       |
| HO4J 99/00 (2009.01) | HO4J 15/00     | 5K159       |
| HO4B 7/10 (2006.01)  | HO4B 7/10 B    |             |
| HO4W 88/02 (2009.01) | HO4W 88/02 141 |             |

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 43 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2015-16088 (P2015-16088)  
 (22) 出願日 平成27年1月29日 (2015.1.29)  
 (31) 優先権主張番号 特願2014-14831 (P2014-14831)  
 (32) 優先日 平成26年1月29日 (2014.1.29)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 305060567  
 国立大学法人富山大学  
 富山県富山市五福3190  
 (74) 代理人 100109210  
 弁理士 新居 広守  
 (72) 発明者 小川 晃一  
 富山県富山市五福3190 国立大学法人  
 富山大学内  
 (72) 発明者 本田 和博  
 富山県富山市五福3190 国立大学法人  
 富山大学内  
 Fターム(参考) 5J021 AA03 AA12 AB03 DB05 FA31  
 FA32 HA10

最終頁に続く

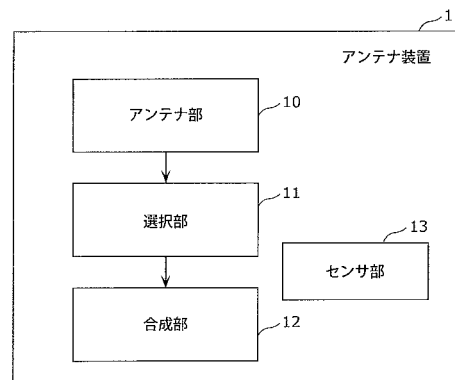
(54) 【発明の名称】 アンテナ装置

(57) 【要約】

【課題】 伝搬環境や人の動きによって到来波偏波が変化しても安定した受信信号を得ることができるアンテナ装置を提供する。

【解決手段】 互いに直交する3つのアンテナ素子を有するアンテナ部10と、アンテナ部10が動かされる方向に基づいて、3つのアンテナ素子のうち2つのアンテナ素子を選択する選択部11と、当該2つのアンテナ素子で形成される平面において当該2つのアンテナ素子の一方が第1位置にあるときを基準とした当該2つのアンテナ素子の一方の傾きを示す変数と、当該2つのアンテナ素子に到来する到来波の受信電力の比とで定義される重み付け関数を用いて、選択部11により選択された当該2つのアンテナ素子の受信信号を合成して出力する合成部12とを備え、合成部12は、上記受信電力の比として、当該2つのアンテナ素子の一方が第1位置にあるときに当該2つのアンテナ素子に到来する到来波の受信電力の比を算出する。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

無線通信に使用されるアンテナ装置であって、  
互いに直交する 3 つのアンテナ素子を有するアンテナ部と、  
前記アンテナ部が動かされる方向に基づいて、前記 3 つのアンテナ素子のうち 2 つのアンテナ素子を選択する選択部と、

前記 2 つのアンテナ素子で形成される平面において前記 2 つのアンテナ素子の一方が第 1 位置にあるときを基準とした前記 2 つのアンテナ素子の一方の傾きを示す変数と、前記 2 つのアンテナ素子に到来する到来波の受信電力の比とで定義される重み付け関数を用いて、前記選択部により選択された前記 2 つのアンテナ素子の受信信号を合成して出力する合成部と、を備え、

前記合成部は、前記受信電力の比として、前記 2 つのアンテナ素子の一方が前記第 1 位置にあるときに前記 2 つのアンテナ素子に到来する到来波の受信電力の比を算出する、アンテナ装置。

## 【請求項 2】

前記 3 つのアンテナ素子はそれぞれ、ダイポールアンテナと電氣的に等価な働きをする等価ダイポール素子である、

請求項 1 に記載のアンテナ装置。

## 【請求項 3】

前記アンテナ部が動かされる方向は、前記 3 つのアンテナ素子のいずれかを軸として回転する方向である、

請求項 1 または 2 に記載のアンテナ装置。

## 【請求項 4】

前記第 1 位置は、前記 2 つのアンテナ素子の一方が地面と垂直かつ前記 2 つのアンテナ素子の他方が前記地面と平行となるときの前記 2 つのアンテナ素子の一方の位置であり、

前記到来波の受信電力の比は、交差偏波電力の比である、

請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載のアンテナ装置。

## 【請求項 5】

前記選択部は、

前記 3 つのアンテナ素子それぞれを軸とする 3 次元空間において前記アンテナ部が動かされる方向の成分を前記それぞれの軸に射影した際に、最も変位が少ない方向の成分を有する軸のアンテナ素子を除く 2 つのアンテナ素子を選択する、

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載のアンテナ装置。

## 【請求項 6】

前記選択部は、

前記 3 つのアンテナ素子のうち、動かされる前記アンテナ部の動きに応じて受信電力の大きさが最も変化しない一のアンテナ素子を除いた 2 つのアンテナ素子を選択する、

請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載のアンテナ装置。

## 【請求項 7】

さらに、磁気センサおよび角速度センサのうち少なくとも 1 方を有するセンサ部を備え、

前記選択部は、前記センサ部の検出結果を用いて算出された前記方向である前記 3 つのアンテナ素子の一を軸とする回転方向に基づき、当該軸に対して直交する前記 2 つのアンテナ素子を選択し、

前記合成部は、前記センサ部の検出結果を用いて前記受信電力の比および前記変数を算出する、

請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載のアンテナ装置。

## 【請求項 8】

前記合成部は、

前記選択部により 2 つのアンテナ素子が選択される毎に、前記第 1 位置を再設定し、前

10

20

30

40

50

記受信電力の比を算出する、

請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載のアンテナ装置。

【請求項 9】

前記受信電力の比を  $R_{VH}$ 、前記傾きを示す変数を、前記 2 つのアンテナ素子の一方の受信信号を  $S_V$  および前記 2 つのアンテナ素子の他方の受信信号を  $S_H$  とし、前記合成部が、出力する合成信号を  $a$  とし、前記一方の受信信号に乗算する重み付け関数を  $W_V$ 、前記他方の受信信号に乗算する重み付け関数を  $W_H$  としたとき、

前記合成部は、式 1 ~ 4 にしたがって、前記選択部により選択された前記 2 つのアンテナ素子の受信信号を合成する、

請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載のアンテナ装置。

10

【数 1】

$$a = W_V S_V + W_H S_H \quad \text{式1}$$

【数 2】

$$a = \frac{W'_V}{\sqrt{W'^2_V + W'^2_H}} S_V + \frac{W'_H}{\sqrt{W'^2_V + W'^2_H}} S_H \quad \text{式2}$$

【数 3】

$$W'_V = \sqrt{\frac{R_{VH}}{1 + R_{VH}}} |\cos \theta| + \sqrt{\frac{1}{1 + R_{VH}}} |\sin \theta| \quad \text{式3}$$

20

【数 4】

$$W'_H = \sqrt{\frac{R_{VH}}{1 + R_{VH}}} |\sin \theta| + \sqrt{\frac{1}{1 + R_{VH}}} |\cos \theta| \quad \text{式4}$$

【請求項 10】

前記合成部は、前記選択部で選択された 2 つのアンテナ素子における位相シフト量がさらに反映された前記重み付け関数を用いて、前記 2 つのアンテナ素子の受信信号を合成して出力する、

30

請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載のアンテナ装置。

【請求項 11】

無線通信に使用されるアンテナ装置であって、

互いに直交する 2 つのアンテナ素子を有するアンテナ部と、

前記 2 つのアンテナ素子で形成される平面において前記 2 つのアンテナ素子の一方が第 1 位置にあるときを基準とした前記 2 つのアンテナ素子の一方の傾きを示す変数と、前記 2 つのアンテナ素子に到来する到来波の受信電力の比とで定義される重み付け関数と位相シフト量を用いて、前記選択部により選択された前記 2 つのアンテナ素子の受信信号を合成して出力する合成部と、を備え、

40

前記合成部は、前記受信電力の比として、前記 2 つのアンテナ素子の一方が前記第 1 位置にあるときに前記 2 つのアンテナ素子に到来する到来波の受信電力の比を算出する、

アンテナ装置。

【請求項 12】

前記位相シフト量は  $\theta / 2$  もしくは  $-\theta / 2$  であり、

前記合成部は、当該位相シフトが反映された前記重み付け関数を用いて、前記 2 つのアンテナ素子の受信信号を合成して出力する、

請求項 10 または 11 に記載のアンテナ装置。

【請求項 13】

50

前記位相シフト量は、ユースシーンと伝搬環境に応じて定められた値であり、  
前記合成部は、当該位相シフト量が反映された前記重み付け関数を用いて、前記2つのアンテナ素子の受信信号を合成して出力する、  
請求項10または11に記載のアンテナ装置。

【請求項14】

無線通信に使用されるアンテナ装置であって、  
互いに直交する3つのアンテナ素子を有するアンテナ部と、  
前記3つのアンテナ素子が3次元座標上のx、y、z軸と平行となる位置を基準とした場合の前記アンテナ部の3次元座標上の傾きを示す変数と、前記アンテナ部に到来する到来波の交差偏波電力の比とで定義され、前記3つのアンテナ素子における位相シフト量が反映された重み付け関数を用いて、前記3つのアンテナ素子の受信信号を合成して出力する合成部と、を備える、  
アンテナ装置。

10

【請求項15】

前記位相シフト量は $2\pi/3$ と $-2\pi/3$ であり、  
前記合成部は、当該位相シフト量が反映された前記重み付け関数を用いて、前記3つのアンテナ素子の受信信号を合成して出力する、  
請求項14に記載のアンテナ装置。

【請求項16】

前記位相シフト量は、ユースシーンと伝搬環境に応じて定められた値であり、  
前記合成部は、当該位相シフト量が反映された前記重み付け関数を用いて、前記3つのアンテナ素子の受信信号を合成して出力する、  
請求項14に記載のアンテナ装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、アンテナ装置に関し、特に無線通信に使用されるアンテナ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

複数のアンテナを組み合わせてデータ送受信の帯域を広げる無線通信技術として、MIMO (Multiple Input Multiple Output) 技術が知られており、LTE (Long Term Evolution) などMIMO技術を取り入れた高速の通信規格がある。LTEを利用できるスマートホンなどの携帯端末の普及に伴い、高速移動通信技術が人々の身近な存在になってきている。

30

【0003】

そのため、将来、MIMO技術をより高度に利用することで、クラウドベースの個人データバンク接続やマルチキャスト動画メール、超臨場感テレビ会議、4kビデオ高速ダウンロードなどの新しいサービス(利用技術)が実現されると予想される。

【0004】

しかしながら、これらの新しいサービスを実現するためにはギガビットクラスの超高速通信が不可欠であるが、超高速通信を実現するには大きく2つの課題がある。

40

【0005】

1つは、携帯端末が屋外または屋内の伝搬環境(移動通信の電波伝搬環境)で使用されることに起因する課題である。すなわち、基地局から放射された電波が周りの地物によって反射してフェージング波が生じるなど伝搬環境により到来波偏波が変化することで、無線伝送特性(伝送容量や信号誤り率など)が劣化してしまう課題である。もう1つは、携帯端末を所持する人の動作に起因する課題である。すなわち、人の動作によって携帯端末に搭載されるアンテナが傾くことによってアンテナの受信する偏波(到来波偏波)が大きく変化してしまい、無線伝送特性(伝送容量や信号誤り率など)が劣化してしまう課題である。

50

## 【 0 0 0 6 】

それに対して、例えば特許文献 1 では、直交する 2 つの固定アンテナに対して受信信号を利用して重み付けを行う技術が開示されている。特許文献 1 では、2 つのアンテナ素子の受信信号の合成偏波を干渉信号の偏波と直交させることで、合成偏波と直交する干渉信号を受信させず、干渉信号の方向にヌルを形成させない構成が開示されている。これにより、伝搬環境によって到来波偏波が変化する場合でも無線伝送特性（伝送容量や信号誤り率など）の劣化を抑制することができる。

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

## 【 0 0 0 7 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 1 0 - 2 1 9 1 9 号公報

## 【 非特許文献 】

## 【 0 0 0 8 】

【 非特許文献 1 】 K. Ogawa, H. Iwai, A. Yamamoto, and J. Takada: "Channel Capacity of a Handset MIMO Antenna Influenced by the Effects of 3D Angular Spectrum, Polarization, and Operator", IEEE AP-S Intl. Symp. Digest, pp. 153-156, July 2006.

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 0 9 】

しかしながら、上記特許文献 1 では、伝搬環境によって到来波偏波が変化する課題解決には一定の効果があるものの、人の動作に起因する課題すなわち人の動きによって到来波偏波が変化することに対する課題への考慮はなされていない。すなわち、上記特許文献 1 では、人の動きによって到来波偏波が変化した場合には、無線伝送特性の劣化のない安定した受信信号を得られないという問題がある。

## 【 0 0 1 0 】

そこで、本発明は、上述の事情を鑑みてなされたもので、伝搬環境や人の動きによって到来波偏波が変化しても安定した受信信号を得ることができるアンテナ装置を提供することを目的とする。

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 1 1 】

上記目的を達成するために、本発明の一形態に係るアンテナ装置は、無線通信に使用されるアンテナ装置であって、互いに直交する 3 つのアンテナ素子を有するアンテナ部と、前記アンテナ部が動かされる方向に基づいて、前記 3 つのアンテナ素子のうち 2 つのアンテナ素子を選択する選択部と、前記 2 つのアンテナ素子で形成される平面において前記 2 つのアンテナ素子の一方が第 1 位置にあるときを基準とした前記 2 つのアンテナ素子の一方の傾きを示す変数と、前記 2 つのアンテナ素子に到来する到来波の受信電力の比とで定義される重み付け関数を用いて、前記選択部により選択された前記 2 つのアンテナ素子の受信信号を合成して出力する合成部と、を備え、前記合成部は、前記受信電力の比として、前記 2 つのアンテナ素子の一方が前記第 1 位置にあるときに前記 2 つのアンテナ素子に到来する到来波の受信電力の比を算出する。

## 【 0 0 1 2 】

この構成により、伝搬環境や人の動きによって到来波偏波が変化しても安定した受信信号を得ることができるアンテナ装置を実現できる。

## 【 0 0 1 3 】

また、前記 3 つのアンテナ素子はそれぞれ、ダイポールアンテナと電氣的に等価な働きをする等価ダイポール素子であるとしてもよい。

## 【 0 0 1 4 】

ここで、前記アンテナ部が動かされる方向は、前記 3 つのアンテナ素子のいずれかを軸として回転する方向であるとしてもよい。

## 【 0 0 1 5 】

10

20

30

40

50

また、前記第 1 位置は、前記 2 つのアンテナ素子の一方が地面と垂直かつ前記 2 つのアンテナ素子の他方が前記地面と平行となる時の前記 2 つのアンテナ素子の一方の位置であり、前記到来波の受信電力の比は、交差偏波電力の比であるとしてもよい。

【 0 0 1 6 】

また、前記選択部は、前記 3 つのアンテナ素子それぞれを軸とする 3 次元空間において前記アンテナ部が動かされる方向の成分を前記それぞれの軸に射影した際に、最も変位が少ない方向の成分を有する軸のアンテナ素子を除く 2 つのアンテナ素子を選択するとしてもよい。

【 0 0 1 7 】

また、前記選択部は、前記 3 つのアンテナ素子のうち、動かされる前記アンテナ部の動きに応じて受信電力の大きさが最も変化しない一のアンテナ素子を除いた 2 つのアンテナ素子を選択するとしてもよい。

【 0 0 1 8 】

また、さらに、磁気センサおよび角速度センサのうち少なくとも一方を有するセンサ部を備え、前記選択部は、前記センサ部の検出結果を用いて算出された前記方向である前記 3 つのアンテナ素子の一を軸とする回転方向に基づき、当該軸に対して直交する前記 2 つのアンテナ素子を選択し、前記合成部は、前記センサ部の検出結果を用いて前記受信電力の比および前記変数を算出するとしてもよい。

【 0 0 1 9 】

また、前記合成部は、前記選択部により 2 つのアンテナ素子が選択される毎に、前記第 1 位置を再設定し、前記受信電力の比を算出するとしてもよい。

【 0 0 2 0 】

また、前記合成部は、前記選択部で選択された 2 つのアンテナ素子における位相シフト量がさらに反映された前記重み付け関数を用いて、前記 2 つのアンテナ素子の受信信号を合成して出力するとしてもよい。

【 0 0 2 1 】

また、上記目的を達成するために、本発明の一形態に係るアンテナ装置は、無線通信に使用されるアンテナ装置であって、互いに直交する 2 つのアンテナ素子を有するアンテナ部と、前記 2 つのアンテナ素子で形成される平面において前記 2 つのアンテナ素子の一方が第 1 位置にあるときを基準とした前記 2 つのアンテナ素子の一方の傾きを示す変数と、前記 2 つのアンテナ素子に到来する到来波の受信電力の比とで定義される重み付け関数と位相シフト量を用いて、前記選択部により選択された前記 2 つのアンテナ素子の受信信号を合成して出力する合成部と、を備え、前記合成部は、前記受信電力の比として、前記 2 つのアンテナ素子の一方が前記第 1 位置にあるときに前記 2 つのアンテナ素子に到来する到来波の受信電力の比を算出する。

【 0 0 2 2 】

ここで、例えば、前記位相シフト量は  $\theta / 2$  もしくは  $-\theta / 2$  であり、前記合成部は、当該位相シフトが反映された前記重み付け関数を用いて、前記 2 つのアンテナ素子の受信信号を合成して出力するとしてもよい。

【 0 0 2 3 】

また、例えば、前記位相シフト量は、ユースシーンと伝搬環境に応じて定められた値であり、前記合成部は、当該位相シフト量が反映された前記重み付け関数を用いて、前記 2 つのアンテナ素子の受信信号を合成して出力するとしてもよい。

【 0 0 2 4 】

また、上記目的を達成するために、本発明の一形態に係るアンテナ装置は、無線通信に使用されるアンテナ装置であって、互いに直交する 3 つのアンテナ素子を有するアンテナ部と、前記 3 つのアンテナ素子が 3 次元座標上の x、y、z 軸と平行となる位置を基準とした場合の前記アンテナ部の 3 次元座標上の傾きを示す変数と、前記アンテナ部に到来する到来波の交差偏波電力の比とで定義され、前記 3 つのアンテナ素子における位相シフト量が反映された重み付け関数を用いて、前記 3 つのアンテナ素子の受信信号を合成して出

10

20

30

40

50

力する合成部と、を備える。

【0025】

ここで、例えば、前記位相シフト量は  $2/3$  と  $-/3$  であり、前記合成部は、当該位相シフト量が反映された前記重み付け関数を用いて、前記3つのアンテナ素子の受信信号を合成して出力するとしてもよい。

【0026】

また、例えば、前記位相シフト量は、ユースシーンと伝搬環境に応じて定められた値であり、前記合成部は、当該位相シフト量が反映された前記重み付け関数を用いて、前記3つのアンテナ素子の受信信号を合成して出力するとしてもよい。

【0027】

なお、これらの全般的または具体的な態様は、システム、方法、集積回路、コンピュータプログラムまたはコンピュータで読み取り可能なCD-ROMなどの記録媒体で実現されてもよく、システム、方法、集積回路、コンピュータプログラムおよび記録媒体の任意な組み合わせで実現されてもよい。

【発明の効果】

【0028】

本発明のアンテナ装置によれば、伝搬環境や人の動きによって到来波偏波が変化しても安定した受信信号を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】実施の形態1におけるアンテナ装置の構成の一例を示すブロック図である。

【図2】実施の形態1における合成部の詳細構成の一例を示す図である。

【図3】実施の形態1におけるアンテナ装置の具体的構成の一例を示す図である。

【図4A】実施の形態1における到来波の交差偏波電力の比を示す図である。

【図4B】実施の形態1におけるアンテナ装置が搭載されたタブレット端末を使用する際の様子の一例を示す図である。

【図4C】実施の形態1におけるアンテナ装置が搭載された腕時計端末を腕に装着したときの様子の一例を示す図である。

【図5】実施の形態1におけるアンテナ装置の動作の一例を示すフローチャートである。

【図6】 を0度に固定してXPRを変化させた時のxy平面における放射指向特性を示す図である。

【図7】XPRを20dBに固定して を変化させた時のxy平面における指向性を示す図である。

【図8A】実施の形態2に係るタブレット端末を横置き使用したときの解析モデルを示す図である。

【図8B】実施の形態2に係るタブレット端末を縦置き使用したときの解析モデルを示す図である。

【図9A】実施の形態2に係るタブレット端末を横置きで使用する場合のアンテナ装置の具体的構成の一例を示す図である。

【図9B】実施の形態2に係るタブレット端末を横置きで使用する場合の解析結果を説明するための図である。

【図10A】実施の形態2に係るタブレット端末を縦置きにて使用する場合のアンテナ装置の具体的構成の一例を示す図である。

【図10B】実施の形態2に係るタブレット端末を縦置きにて使用する場合の解析結果を説明するための図である。

【図11】実施の形態3に係る腕装着端末の解析モデルを示す図である。

【図12A】実施の形態3に係る腕装着端末のブラウジング姿勢のアンテナ装置の具体的構成の一例を示す図である。

【図12B】実施の形態3に係る腕装着端末のブラウジング姿勢のユースケースを説明するための図である。

10

20

30

40

50

【図 1 3 A】実施の形態 3 に係る腕装着端末のユーザの腕振り歩行のアンテナ装置の具体的構成の一例を示す図である。

【図 1 3 B】実施の形態 3 に係る腕装着端末のユーザの腕振り歩行のユースケースを説明するための図である。

【図 1 4】実施の形態 3 に係る腕装着端末のブラウジング姿勢時の解析結果を示す図である。

【図 1 5】実施の形態 3 に係る腕装着端末の腕振り歩行時の解析結果を示す図である。

【図 1 6 A】本開示のアンテナ装置を腕装着端末に実装する場合の一態様を示す図である。

【図 1 6 B】本開示のアンテナ装置をタブレット端末に実装する場合の一態様を示す図である。 10

【図 1 7】垂直アンテナで 8 素子 M I M O アレーを構成する解析モデルを示す図である。

【図 1 8】 $8 \times 8$  M I M O 伝送容量の解析結果を示す図である。

【図 1 9】本発明に係るアンテナ装置を On - b o d y 通信に適用するときのモデルを示す図である。

【図 2 0 A】第 3 世代移動通信システムでの到来波の様子を示す図である。

【図 2 0 B】第 5 世代移動通信システムでの到来波の様子を示す図である。

【図 2 1】実施の形態 5 におけるアンテナ装置の構成の一例を示すブロック図である。

【図 2 2】実施の形態 5 における合成部の詳細構成の一例を示す図である。

【図 2 3】実施の形態 5 におけるアンテナ装置の具体的構成の一例を示す図である。 20

【図 2 4】実施の形態 5 におけるアンテナ部の傾きを示す変数である傾き角度 および回転角度 を説明するための図である。

【図 2 5】実施の形態 5 におけるアンテナ装置の動作の一例を示すフローチャートである。

【図 2 6】傾き角度 を 0 度に固定して回転角度 を変化させた時の  $x - y$  平面におけるアンテナ装置の放射指向特性を示す図である。

【図 2 7】傾き角度 を 4 5 度に固定して回転角度 を変化させた時の  $x - y$  平面におけるアンテナ装置の放射指向特性を示す図である。

【図 2 8】傾き角度 を 9 0 度に固定して回転角度 を変化させた時の  $x - y$  平面におけるアンテナ装置の放射指向特性を示す図である。 30

【図 2 9】3 次元周辺散乱モデルを示す図である。

【図 3 0】解析したアレーモデルを示す図である。

【図 3 1】3 本重み付け関数を適用し  $2 \times 2$  M I M O 伝送容量の解析を行った解析結果を示す図である。

【図 3 2】実施の形態 5 に係るアンテナ装置 2 を搭載したタブレット端末を縦置き使用したときの解析モデルを示す図である。

【図 3 3】実施の形態 5 に係るアンテナ装置 2 を搭載したタブレット端末を横置き使用したときの解析モデルを示す図である。

【図 3 4】実施の形態 6 に係る位相シフト量について説明するための図である。

【図 3 5】実施の形態 6 に係るタブレット端末のアンテナ装置 2 の具体的構成の一例を示す図である。 40

【図 3 6 A】タブレット端末の保持角度の平均値を説明するための図である。

【図 3 6 B】タブレット端末の保持角度の平均値を説明するための図である。

【図 3 6 C】タブレット端末の保持角度の平均値を説明するための図である。

【図 3 7 A】傾き角度 を 5 5 度に固定して位相シフト量を変化させた時の  $x - y$  平面における放射指向特性を示す図である。

【図 3 7 B】傾き角度 を 5 5 度に固定して位相シフト量を変化させた時の  $x - y$  平面における放射指向特性を示す図である。

【図 3 8】傾き角度 を 5 5 度に固定して位相シフト量を変化させた時の伝送容量特性を示す図である。 50



【図39A】異なる位相シフト量において傾き角度 を変化させた時の伝送容量特性を示す図である。

【図39B】異なる位相シフト量において回転角度 を変化させた時の伝送容量特性を示す図である。

【図40】XPRが変化した時の最適な位相シフト量の結果を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0030】

なお、以下で説明する実施の形態は、いずれも本発明の一具体例を示すものである。以下の実施の形態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置位置及び接続形態、ステップ、ステップの順序などは、一例であり、本発明を限定する主旨ではない。また、以下の実施の形態における構成要素のうち、最上位概念を示す独立請求項に記載されていない構成要素については、任意の構成要素として説明される。

10

【0031】

(実施の形態1)

1.1 アンテナ装置の構成

図1は、実施の形態1におけるアンテナ装置の構成の一例を示すブロック図である。図2は、実施の形態1における合成部の詳細構成の一例を示す図である。図3は、実施の形態1におけるアンテナ装置の具体的構成の一例を示す図である。

【0032】

図1に示すアンテナ装置1は、無線通信に使用され、アンテナ部10と、選択部11と、合成部12と、センサ部13とを備える。

20

【0033】

アンテナ部10は、互いに直交する3つのアンテナ素子を有する。アンテナ部10は、例えば図3に示すように、直交する3本のダイポールアンテナ(A<sub>x</sub>, A<sub>y</sub>, A<sub>z</sub>)で構成される。ここで、ダイポールアンテナA<sub>x</sub>、ダイポールアンテナA<sub>y</sub>およびダイポールアンテナA<sub>z</sub>はそれぞれ、3次元座標系のx軸、y軸およびz軸と平行な向きで設置されたダイポールアンテナ(アンテナ素子)である。なお、このダイポールアンテナ(A<sub>x</sub>, A<sub>y</sub>, A<sub>z</sub>)は必ずしも実際のダイポールアンテナである必要はなく、電氣的に等価な動作をする等価ダイポール素子であってもよい。電氣的に等価な動作をするアンテナの一例としては、後述する図16Aおよび図16Bに示すようなアンテナも考えられる。

30

【0034】

選択部11は、アンテナ部10が動かされる方向に基づいて、3つのアンテナ素子のうち2つのアンテナ素子を選択する。

【0035】

例えば、選択部11は、3つのアンテナ素子それぞれを軸とする3次元空間においてアンテナ部10が動かされる方向の成分をそれぞれの軸に射影した際に、最も変位が少ない方向の成分を有する軸のアンテナ素子を除く2つのアンテナ素子を選択する。また、選択部11は、3つのアンテナ素子のうち、動かされるアンテナ部10の動きに応じて受信電力の大きさが最も変化しないアンテナ素子を除いた2つのアンテナ素子を選択する。

40

【0036】

また、例えば、選択部11は、センサ部13の検出結果を用いて算出された方向(アンテナ部10が動かされる方向)である前記3つのアンテナ素子の一を軸とする回転方向に基づき、当該軸に対して直交する2つのアンテナ素子を選択する。ここで、アンテナ部10が動かされる方向は、3つのアンテナ素子のいずれかを軸として回転する方向である。

【0037】

具体的には、選択部11は、例えば図3に示すように、2つのスイッチ(SW1, SW2)を有し、アンテナ部10が動かされる方向に基づいて、3つのアンテナ素子のうち2つのアンテナ素子を選択する。

【0038】

例えば、アンテナ装置1を搭載する携帯端末の使用者の動作によってダイポールアンテ

50

ナ A y を回転軸としてアンテナ部 10 が動作しているとする。この場合、選択部 11 は、ダイポールアンテナ A y 以外の 2 つのダイポールアンテナ ( A z 、 A x ) を選択する。すなわち、図 3 に示す選択部 11 は、2 つのスイッチ ( S W 1 , S W 2 ) にそれぞれダイポールアンテナ A z とダイポールアンテナ A x を選択させる。このように、選択部 11 は、アンテナ部 10 の動作に応じて、到来する到来波の偏波が最も変化する 2 つのアンテナ素子を選択する。上記の例の場合、選択部 11 は、アンテナ素子 ( ダイポールアンテナ A y ) の回転軸に対して直交する 2 本のアンテナ素子 ( ダイポールアンテナ A z とダイポールアンテナ A x ) を選択する。

【 0 0 3 9 】

センサ部 13 は、磁気センサおよび角速度センサのうち少なくとも 1 方を有する。センサ部 13 は、磁気センサおよび角速度センサのうち少なくとも一方を用いて、検出した検出結果を選択部 11 および合成部 12 に出力する。

10

【 0 0 4 0 】

合成部 12 は、選択部 11 により選択された 2 つのアンテナ素子で形成される平面においてそれら 2 つのアンテナ素子の一方が第 1 位置にあるときを基準とした 2 つのアンテナ素子の一方の傾きを示す変数と、それら 2 つのアンテナ素子に到来する到来波の受信電力の比とで定義される重み付け関数を用いて、選択部 11 により選択された 2 つのアンテナ素子の受信信号を合成して出力する。

【 0 0 4 1 】

ここで、例えば、上記受信電力の比を  $R_{VH}$ 、上記の傾きを示す変数を  $\theta$ 、上記 2 つのアンテナ素子の一方の受信信号を  $S_V$  および上記 2 つのアンテナ素子の他方の受信信号を  $S_H$  とする。また、合成部 12 が出力する合成信号を  $a$  とし、上記一方の受信信号 (  $S_V$  ) に乗算する重み付け関数を  $W_V$ 、上記他方の受信信号 (  $S_H$  ) に乗算する重み付け関数を  $W_H$  とする。

20

【 0 0 4 2 】

この場合、合成部 12 は、式 1 ~ 式 4 にしたがって、選択部 11 により選択された 2 つのアンテナ素子の受信信号を合成して出力する。

【 0 0 4 3 】

【 数 1 】

$$a = W_V S_V + W_H S_H \quad \text{式1}$$

30

【 0 0 4 4 】

【 数 2 】

$$a = \frac{W'_V}{\sqrt{W'^2_V + W'^2_H}} S_V + \frac{W'_H}{\sqrt{W'^2_V + W'^2_H}} S_H \quad \text{式2}$$

【 0 0 4 5 】

【 数 3 】

$$W'_V = \sqrt{\frac{R_{VH}}{1 + R_{VH}}} |\cos \theta| + \sqrt{\frac{1}{1 + R_{VH}}} |\sin \theta| \quad \text{式3}$$

40

【 0 0 4 6 】

【 数 4 】

$$W'_H = \sqrt{\frac{R_{VH}}{1 + R_{VH}}} |\sin \theta| + \sqrt{\frac{1}{1 + R_{VH}}} |\cos \theta| \quad \text{式4}$$

50

## 【 0 0 4 7 】

より詳細には、合成部 1 2 は、図 2 に示すように、算出部 1 2 1 と、重み付け部 1 2 2 と、加算部 1 2 3 とで構成されている。

## 【 0 0 4 8 】

算出部 1 2 1 は、センサ部 1 3 の検出結果を用いて上記の受信電力の比 ( $R_{VH}$ ) および上記の変数 ( ) を算出する。具体的には、算出部 1 2 1 は、上記の受信電力の比 ( $R_{VH}$ ) として、選択部 1 1 により選択された 2 つのアンテナ素子の一方が第 1 位置にあるときに当該 2 つのアンテナ素子に到来する到来波の受信電力の比を算出する。また、算出部 1 2 1 は、選択部 1 1 により 2 つのアンテナ素子が選択される毎に、第 1 位置を再設定し、上記の受信電力の比を算出する。

10

## 【 0 0 4 9 】

ここで、第 1 位置は、任意の初期位置であるが、例えば、選択部 1 1 により選択された 2 つのアンテナ素子の一方が地面と垂直かつ当該 2 つのアンテナ素子の他方が地面と平行となるときの当該 2 つのアンテナ素子の一方の位置としてもよい。この場合、上記到来波の受信電力の比 ( $R_{VH}$ ) は、交差偏波電力の比 ( $XPR$ : Cross-Polarization Ratio) となる。

## 【 0 0 5 0 】

重み付け部 1 2 2 は、算出部 1 2 1 で算出される上記傾きを示す変数 ( ) と上記の受信電力の比 ( $R_{VH}$ ) とで定義される重み付け関数を、選択部 1 1 により選択された 2 つのアンテナ素子の受信信号それぞれに乗算する。本実施の形態では、重み付け部 1 2 2 は、選択部 1 1 により選択された 2 つのアンテナ素子の一方の受信信号 ( $S_V$ ) に重み付け関数 ( $W_V$ ) を乗算し、他方の受信信号 ( $S_H$ ) に重み付け関数 ( $W_H$ ) を乗算する。

20

## 【 0 0 5 1 】

加算部 1 2 3 は、重み付け部 1 2 2 で乗算された値を加算 (合成) して、出力する。本実施の形態では、加算部 1 2 3 は、重み付け部 1 2 2 で乗算された値を加算した合成信号 (a) を出力する。

## 【 0 0 5 2 】

このようにして、合成部 1 2 は、重み付け関数を用いて、選択部 1 1 により選択された 2 つのアンテナ素子の受信信号を合成して出力する。

## 【 0 0 5 3 】

## 1. 2 重み付け関数

以下、上述の重み付け関数について説明する。

30

## 【 0 0 5 4 】

(伝搬環境による到来波偏波の変化を考慮した場合)

伝搬環境による到来波偏波の変化を考慮した重み付け関数の定義について説明する。

## 【 0 0 5 5 】

ここで、選択部 1 1 により 2 つのアンテナ素子 (例えば図 3 に示すダイポールアンテナ  $A_x$ 、ダイポールアンテナ  $A_z$ ) が選択されているとする。また、選択部 1 1 により選択された 2 つのアンテナ素子に到来する到来波の受信電力の比を  $R_{VH}$ 、当該 2 つのアンテナ素子の一方の受信信号を  $S_V$  および上記 2 つのアンテナ素子の他方の受信信号を  $S_H$  とし、合成部 1 2 が出力する合成信号を a とする。

40

## 【 0 0 5 6 】

この場合、合成部 1 2 は、式 5 に示す重み付け関数を用いて合成した合成信号 a を出力する。

## 【 0 0 5 7 】

【数 5】

$$a = W_V S_V + W_H S_H$$

$$= \sqrt{\frac{R_{VH}}{1+R_{VH}}} S_V + \sqrt{\frac{1}{1+R_{VH}}} S_H \quad \text{式5}$$

【0058】

具体的には、合成部12は、受信信号 $S_V$ および $S_H$ それぞれに到来波の受信電力の比( $R_{VH}$ )によって重み付けした重み付け関数( $W_V, W_H$ )を乗算し、その結果を加算することで合成信号 $a$ を合成する。なお、到来波の受信電力の比( $R_{VH}$ )はアンテナ装置1の置かれた伝搬環境において、選択部11により選択された2つのアンテナ素子の一方が第1位置にあるときに当該2つのアンテナ素子に到来する到来波の偏波を受信したときの受信電力の割合 $R_{VH} = P_V / P_H$ によって定義される。

10

【0059】

上記式5からわかるように、式5に示される重み付け関数( $W_V, W_H$ )により、アンテナ装置1の置かれた伝搬環境(受信環境)において優勢な到来波偏波を選択的に抽出して合成することができる。このように重み付け関数を定義することで、例えばXPRの大きな屋外の伝搬環境およびXPRの小さな屋内の伝搬環境のいずれであっても最適な受信信号(安定した合成信号 $a$ )が得ることができる。

20

【0060】

(人の動きによる到来波偏波の変化をさらに考慮した場合)

次に、さらに人の動きによる到来波偏波の変化を考慮した重み付け関数の定義について説明する。

【0061】

例えば、図1や図3に示すアンテナ装置1が腕時計端末(携帯端末)に搭載され、腕時計端末が人の腕に装着されている場合、人の動きによりアンテナ装置1が動くことで、アンテナ部10のアンテナ素子(ダイポールアンテナ( $A_x, A_y, A_z$ ))が傾き、受信する到来波の偏波が変化する。このように、人の動きによりアンテナ装置1に構成されるアンテナ素子が傾いてしまう場合、上記の式5に示される重み付け関数の定義では、人の動きによる到来波偏波の変化は考慮されておらず、最適ではない。

30

【0062】

そこで、合成部12は、式7および式8に示す重み付け関数( $W'_V, W'_H$ )を用いて式6に示すように、合成信号 $a$ を合成して出力する。

【0063】

【数 6】

$$a = W'_V S_V + W'_H S_H \quad \text{式6}$$

【0064】

【数 7】

$$W'_V = \sqrt{\frac{R_{VH}}{1+R_{VH}}} |\cos \theta| + \sqrt{\frac{1}{1+R_{VH}}} |\sin \theta| \quad \text{式7}$$

【0065】

40

【数 8】

$$W'_H = \sqrt{\frac{R_{VH}}{1+R_{VH}}} |\sin \theta| + \sqrt{\frac{1}{1+R_{VH}}} |\cos \theta| \quad \text{式8}$$

【0066】

ここで、選択部 11 により選択された 2 つのアンテナ素子で形成される平面においてそれら 2 つのアンテナ素子の一方が第 1 位置にあるときを基準とした 2 つのアンテナ素子の一方の傾きを示す変数を  $\theta$  としている。また、合成部 12 が出力する合成信号を  $a$  とし、受信信号  $S_V$  および  $S_H$  それぞれに対する重み付け関数を  $W'_V$ 、 $W'_H$  とする。なお、到来波の受信電力の比  $R_{VH}$ 、受信信号  $S_V$ 、および受信信号  $S_H$  は上述の通りであるので説明を省略する。

10

【0067】

さらに、上記の式 6 に対して、エネルギー保存則を満足するよう  $W'_V$  と  $W'_H$  をそれぞれ 2 乗和が 1 となるように規格化すると式 9 のように重み付け関数を定義することができる。ここで、式 9 の第 1 項の係数（重み付け関数）が式 1 の重み付け関数  $W_V$  に相当し、式 9 の第 2 項の係数（重み付け関数）が式 1 の重み付け関数  $W_H$  に相当する。

【0068】

【数 9】

$$a = \frac{W'_V}{\sqrt{W'^2_V + W'^2_H}} S_V + \frac{W'_H}{\sqrt{W'^2_V + W'^2_H}} S_H \quad \text{式9}$$

20

【0069】

式 6 と式 5 とを比較するとわかるように、人の動きによりアンテナ装置 1 が動くすなわち人の動きによりアンテナ素子が傾く場合、上記の式 5 により定義される重み付け関数をさらにアンテナ素子の傾きを示す変数  $\theta$  に応じて重み付けしている。したがって、式 6 に示す重み付け関数を用いれば、伝搬環境による偏波の変化に加えて人の動きによる偏波の変化を考慮して信号合成を行うことができる。それにより、伝搬環境や人の動きによって到来波偏波が変化しても安定した受信信号を得ることができる。

30

【0070】

なお、式 9（または式 1）を用いるためには、アンテナ装置 1 の置かれた伝搬環境（受信環境）における到来波の受信電力の比  $R_{VH}$  を予め知る必要がある。比  $R_{VH}$  は、第 1 位置（ $\theta = 0$ ）のときに 2 つのアンテナ素子の一方と他方が受信した受信電力  $P_V$  と受信電力  $P_H$  により比  $R_{VH} = P_V / P_H$  として求めることができる。さらに、第 1 位置からの傾きを示す変数  $\theta$  は、タブレット端末やスマートフォンなどで実用化されている磁気センサや角速度センサを携帯端末に搭載して用いることで、算出することができる。

【0071】

以下、図 4 A ~ 図 4 C を用いて、到来波の受信電力の比（ $R_{VH}$ ）として、交差偏波電力の比を用いる場合について説明する。図 4 A は、実施の形態 1 における到来波の交差偏波電力の比を示す図である。図 4 B は実施の形態 1 におけるアンテナ装置が搭載されたタブレット端末を使用する際の様子の一例であり、図 4 C は実施の形態におけるアンテナ装置が搭載された腕時計端末を腕に装着したときの様子の一例である。ここで、図 4 B および図 4 C では、選択部 11 により、ダイポールアンテナ  $A_x$  およびダイポールアンテナ  $A_z$  が選択された場合の例が示されている。また、図 4 B に示す例では、2 つのアンテナ素子の一方の傾きを示す変数  $\theta$  を、鉛直方向上向きを  $z$  軸としたとき、ダイポールアンテナ  $A_z$  の  $z$  軸上の第 1 位置からの傾き角としている。同様に、図 4 C に示す例では、2 つのアンテナ素子の一方の傾きを示す変数  $\theta$  を、ダイポールアンテナ  $A_z$  の鉛直方向の  $z$  軸（ $-z$  軸）上の第 1 位置を基準とした傾き角としている。

40

50

【 0 0 7 2 】

この場合において、上述した式 6 ~ 式 9 は、以下に示す式 1 0 ~ 式 1 3 となる。ここで、式 1 0 ~ 式 1 3 は、第 1 位置を z 軸上に設定した場合の変数  $R_{VH}$  を XPR に置き換えたものに相当する。

【 0 0 7 3 】

【 数 1 0 】

$$a = W'_V s_V + W'_H s_H \quad \text{式10}$$

【 0 0 7 4 】

【 数 1 1 】

$$W'_V = \sqrt{\frac{XPR}{1+XPR}} |\cos \theta| + \sqrt{\frac{1}{1+XPR}} |\sin \theta| \quad \text{式11}$$

【 0 0 7 5 】

【 数 1 2 】

$$W'_H = \sqrt{\frac{XPR}{1+XPR}} |\sin \theta| + \sqrt{\frac{1}{1+XPR}} |\cos \theta| \quad \text{式12}$$

【 0 0 7 6 】

【 数 1 3 】

$$a = \frac{W'_V}{\sqrt{W'^2_V + W'^2_H}} s_V + \frac{W'_H}{\sqrt{W'^2_V + W'^2_H}} s_H \quad \text{式13}$$

【 0 0 7 7 】

なお、式 1 3 を用いるためには、アンテナ装置 1 の置かれた伝搬環境（受信環境）の XPR を予め知る必要があるが、XPR は腕の振り角  $\theta = 0$  のときに到来する到来波の垂直偏波成分および水平偏波成分を受信するダイポールアンテナ  $A_z$  およびダイポールアンテナ  $A_x$  の受信電力  $P_V$  および受信電力  $P_H$  を用いて  $XPR = \text{垂直偏波成分の受信電力 } P_V / \text{水平偏波成分の受信電力 } P_H$  の関係から求めることができる。さらに、腕の振り角（瞬時角度）は現行タブレット端末やスマートホンによって実用化されている磁気センサや角速度センサを用いて検出された検出結果から算出することができる。

【 0 0 7 8 】

このように重み付け関数を定義することで到来波偏波電力とアンテナ素子の傾き角に応じて選択された 2 つの直交するアンテナ素子の出力を合成することができるので、伝搬環境と人の動きによって変化する到来波偏波に対して最適な重み付けを行うことができる。

【 0 0 7 9 】

### 1. 3 アンテナ装置の動作

次に、以上のように構成されたアンテナ装置 1 の動作について説明する。

【 0 0 8 0 】

図 5 は、実施の形態 1 におけるアンテナ装置の動作の一例を示すフローチャートである。

【 0 0 8 1 】

まず、アンテナ装置 1 は、人の動きによって動かされているとする。

【 0 0 8 2 】

この場合、アンテナ装置 1 は、直交する 3 つのアンテナ素子のうち 2 つのアンテナ素子を選択する（S 1 0）。具体的には、アンテナ装置 1 は、直交する 3 つのアンテナ素子を

10

20

30

40

50

有するアンテナ部 10 が動かされる方向に基づいて、3つのアンテナ素子のうち2つのアンテナ素子を選択する。

【0083】

次に、アンテナ装置 1 は、重み付け関数を用いて、選択された2つのアンテナ素子の受信信号を合成する (S20)。具体的には、アンテナ装置 1 は、選択された2つのアンテナ素子で形成される平面において当該2つのアンテナ素子の一方が第1位置にあるときを基準とした当該2つのアンテナ素子の一方の傾きを示す変数と、当該2つのアンテナ素子に到来する到来波の受信電力の比とで定義される重み付け関数を用いて、当該2つのアンテナ素子の受信信号を合成して出力する。ここで、アンテナ装置 1 は、上記の受信電力の比として、当該2つのアンテナ素子の一方が第1位置にあるときに当該2つのアンテナ素子に到来する到来波の受信電力の比を算出する。

10

【0084】

1.4 効果

このように、本実施の形態のアンテナ装置 1 によれば、伝搬環境や人の動きによって到来波偏波が変化しても安定した受信信号を得ることができる。

【0085】

具体的には、本実施の形態のアンテナ装置 1 は、人の動作に伴うアンテナ素子の傾きを示す変数と、2つのアンテナ素子に到来する到来波の受信電力の比とで定義される重み付け関数を用いて受信信号を合成することで、伝搬環境や人の動きによって到来波偏波が変化しても安定した受信信号を得ることができる。それにより、超高速の無線通信を実現することができる。

20

【0086】

より詳細には、本実施の形態のアンテナ装置 1 は、アンテナ装置 1 が動かされる際の動きに基づいて、アンテナ装置 1 に構成される3つのアンテナ素子から2つのアンテナ素子を選択する。これは、アンテナ装置 1 の動きに基づいて、3つのアンテナ素子のうちからその動きと直交する（または最も動きによる到来波偏波の変化の少ない）1つのアンテナ素子の受信信号を合成しないよう選択しないことを意味する。つまり、アンテナ装置 1 の動き（傾き、回転等）に関係ない1軸のアンテナ素子を選択せず、アンテナ装置 1 の動きに関係する2軸のアンテナ素子を選択することを意味する。それにより、人の動作に伴うアンテナ素子の傾きを示す変数と、2つのアンテナ素子に到来する到来波の受信電力の比とで定義される重み付け関数は、振幅関数（スカラー）で定義することができる。つまり、当該重み付け関数が、位相情報を必要としないことから、選択された2つのアンテナ素子の受信信号のフィードバックを必要としないので、演算に負荷がかからずリアルタイムでかつ適応的に算出することができることを意味する。

30

【0087】

それにより、本実施の形態のアンテナ装置 1 は、非常にシンプルなオープンループ制御系によって構成することができ、その重み付けを行う回路には、ダイオードや FET などを用いた簡便な可変減衰器を用いることができる。このことから、本実施の形態のアンテナ装置 1 は、小型化・低コスト化が容易であり、スマートフォン、タブレット端末および腕時計端末といった携帯端末に搭載でき、本実施の形態のアンテナ装置 1 が搭載された携帯端末では超高速ギガビット通信を実現できる。

40

【0088】

1.5 有効性の確認

次に、本実施の形態に係るアンテナ装置 1 の有効性を確認するために、計算機シミュレーションを使用してシミュレーションを行った。

【0089】

以下では、上記到来波の受信電力の比 ( $R_{VH}$ ) が交差偏波電力の比 ( $XPR$ ) であり、2つのアンテナ素子の一方の傾きを示す変数を、鉛直方向上向きの軸である第1位置からのダイポールアンテナ  $A_z$  の傾き角とした場合について説明する。

【0090】

50

図 6 は、 を 0 度に固定して X P R を変化させた時の x y 平面における放射指向特性を示す図である。

【 0 0 9 1 】

図 6 の ( a ) ~ ( c ) から、X P R の変化によって放射指向特性が大きく変化していることがわかる。具体的には、図 6 の ( a ) では X P R = 0 d B、図 6 の ( b ) では X P R = 1 0 d B、図 6 の ( c ) では X P R = 2 0 d B となっている。X P R の定義すなわち  $X P R = ( \text{垂直偏波成分の受信電力 } P_V ) / ( \text{水平偏波成分の受信電力 } P_H )$  により図 6 の ( a )、図 6 の ( b ) および図 6 の ( c ) の順番に徐々に垂直偏波成分が優勢になっているのがわかる。

【 0 0 9 2 】

本実施の形態に係るアンテナ装置 1 が有効であるためには、垂直偏波成分が優勢である時に、合成された受信信号が垂直偏波に対して優れた感度を有することが必要である。この観点で図 6 を確認すると、図 6 の ( a )、図 6 の ( b ) および図 6 の ( c ) の順番に垂直偏波成分 ( 図中の太線 ) が大きくなるにつれて水平偏波成分 ( 図中の細線 ) が小さくなっていることがわかる。つまり、垂直偏波成分が優勢である時に、合成された受信信号が垂直偏波に対して優れた感度を有することがわかるので、本実施の形態に係るアンテナ装置 1 は、伝搬環境に適したアンテナ放射指向特性を有するのがわかる。それにより、本実施の形態に係るアンテナ装置 1 は、有効であるのがわかる。

【 0 0 9 3 】

図 7 は、X P R を 2 0 d B に固定して を変化させた時の x y 平面における指向性を示す図である。図 7 の ( a ) ~ ( c ) から、 の変化によって放射指向特性が大きく変化していることがわかる。

【 0 0 9 4 】

本実施の形態に係るアンテナ装置 1 が有効であるためには、伝搬環境は X P R = 2 0 d B で一定であるので、合成された受信信号の垂直偏波成分が常に優勢であることが必要である。

【 0 0 9 5 】

この観点で図 7 を確認すると、図 7 の ( a ) および ( c ) より、 = 0 d e g および = 9 0 d e g における放射指向特性は同じであるが、共に垂直偏波成分 ( 図中の太線 ) の方が水平偏波成分 ( 図中の細線 ) よりも大きく垂直偏波成分 ( 図中の太線 ) が優勢であることがわかる。これは = 0 d e g と = 9 0 d e g とにおいて、式 1 0 ~ 式 1 3 に示す重み付け関数  $W'_V$  の値と重み付け関数  $W'_H$  の値とが入れ替わっているからであり、重み付け関数がアンテナ部 1 0 の傾きに依りて変化していることの証となる。

【 0 0 9 6 】

なお、図 7 の ( b ) に示すように、 = 4 5 d e g の時は、垂直偏波成分および水平偏波成分の両方が同等の大きさと観測される。しかし、重要である垂直偏波成分 ( 図中の太線 ) は = 0 d e g や = 9 0 d e g の時と同等のレベルである。これにより、 = 4 5 d e g の時でも、合成することで最適な受信信号を得ることができる。

【 0 0 9 7 】

したがって、垂直偏波成分が優勢である時に、合成された受信信号が垂直偏波に対して優れた感度を有するので、本実施の形態に係るアンテナ装置 1 は、有効であるのがわかる。

【 0 0 9 8 】

( 実施の形態 2 )

実施の形態 2 では、実施の形態 1 で説明したアンテナ装置 1 をタブレット端末に搭載した場合について説明する。本実施の形態では、上記の到来波の受信電力の比 (  $R_{VH}$  ) が交差偏波電力の比 ( X P R ) であり、2 つのアンテナ素子の一方の傾きを示す変数 を、鉛直方向上向きの軸である第 1 位置からのアンテナ素子の一方の傾き角であるとして説明する。

【 0 0 9 9 】

10

20

30

40

50



## 2.1 タブレット端末の解析モデル

図8Aは実施の形態2に係るタブレット端末を横置き使用したときの解析モデルを示す図であり、図8Bは実施の形態2に係るタブレット端末を縦置き使用したときの解析モデルを示す図である。すなわち、本実施の形態で使用するタブレット端末の解析モデルは、図8Aおよび図8Bに示すように、互いに直交する3つのアンテナ素子を有するアンテナ部10をy軸方向に4列、z軸方向に2列配列して8素子MIMOアレーアンテナを構成したものである。ここで、アレー間隔は9cmとしている。以下、互いに直交する3つのアンテナ素子はそれぞれ、図3に示すダイポールアンテナAx、ダイポールアンテナAyおよびダイポールアンテナAzであるとして説明する。

【0100】

例えば、ユーザがタブレット端末を使用する時、図8Aに示すようにタブレット端末を横置きで使用する場合と、図8Bに示すようにタブレット端末を回転させて縦置きで使用する場合の2つのユースケースが考えられる。

【0101】

図8Aに示すように、タブレット端末を横置きで使用する場合、アンテナ部10が動かされる方向は、図8Aのy軸を回転軸としてzx面でアンテナ素子(図ではダイポールアンテナAz)の角度(図で傾き角度)が変わると考えられる。この場合、到来波の垂直偏波を受けるアンテナ素子としてダイポールアンテナAz(図で太線)、到来波の水平偏波を受けるアンテナ素子としてダイポールアンテナAx(図で細線)の2つのアンテナ素子が選択される。

【0102】

一方、図8Bに示すように、タブレット端末を縦置きで使用する場合、アンテナ部10が動かされる方向は、図8Bのx軸を回転軸としてzy面でアンテナ素子(図ではダイポールアンテナAy)の角度(図で回転角度)が変わると考えられる。この場合、到来波の垂直偏波を受けるダイポールアンテナAz、到来波の水平偏波を受けるアンテナ素子としてダイポールアンテナAyの2つのアンテナ素子が選択される。

【0103】

## 2.2 解析結果

図8Aおよび図8Bに示す2つの状態について、8x8MIMO伝送容量の解析を行った。比較対象として、垂直設置の半波長ダイポールを用いて8素子MIMOアレーを構成した場合の解析結果をともにプロットした。なお、MIMO伝送容量の計算方法は非特許文献1に示されているので、ここでの説明は省略する。

【0104】

図9Aは実施の形態2に係るタブレット端末を横置きで使用する場合のアンテナ装置の具体的構成の一例を示す図であり、図9Bは実施の形態2に係るタブレット端末を横置きで使用する場合の解析結果を説明するための図である。図9Aには、ダイポールアンテナAzとダイポールアンテナAxとの2つのアンテナ素子が選択されていることが示されている。図9Bには、タブレット端末を横置きで使用する場合の解析結果が実施例1としてプロットされており、垂直設置の半波長ダイポールを用いて8素子MIMOアレーを構成した場合(以下「垂直アンテナ」と呼ぶ)の解析結果がプロットされている。なお、傾き角度は0°から90°まで変化させた。XPRは20dBと10dBの2通りとした。SNRは30dBである。

【0105】

図9Bより、垂直偏波成分が強い環境(XPR=20dB)において、垂直アンテナでは垂直設置の半波長ダイポールの傾き角度が大きくなると伝送容量が劣化することがわかる。これは垂直設置の半波長ダイポールが水平に配置され、垂直偏波成分に対する利得が小さくなることが原因である。一方、実施例1(本開示のアンテナ装置1を用いた場合)では、ダイポールアンテナAzの傾き角度が90°の時、伝送容量は垂直アンテナと比較して17.5bits/s/Hzの改善を示すことがわかる。

【0106】

10

20

30

40

50

これにより、タブレット端末を横置き使用した際、タブレット端末を傾けて到来波偏波が変化した場合でも安定した受信信号を得ることができることがわかる。

【0107】

図10Aは実施の形態2に係るタブレット端末を縦置きにて使用する場合のアンテナ装置の具体的構成の一例を示す図であり、図10Bは、実施の形態2に係るタブレット端末を縦置きにて使用する場合の解析結果を説明するための図である。図10Aには、ダイポールアンテナ $A_z$ とダイポールアンテナ $A_y$ との2つのアンテナ素子が選択されていることが示されている。図10Bには、タブレット端末を縦置きで使用する場合の解析結果が実施例2としてプロットされており、垂直設置の半波長ダイポールを用いて8素子MIMOアレーを構成した場合（以下「垂直アンテナ」と呼ぶ）の解析結果がプロットされている。なお、回転角度は $0^\circ$ から $90^\circ$ まで変化させた。XPRは20dBと10dBの2通りとした。SNRは30dBである。

10

【0108】

図10Bより、垂直アンテナでは垂直設置の半波長ダイポールの回転角度が大きくなると伝送容量が劣化することがわかる。一方、実施例2（本開示のアンテナ装置1を用いた場合）では、ダイポールアンテナ $A_y$ の回転角度が $90^\circ$ の時、垂直アンテナと比較して24.4bits/s/Hzの改善を示すことがわかる。

【0109】

これにより、タブレット端末を縦置き使用する際、タブレット端末を回転させて到来波偏波が変化した場合でも安定した受信信号を得ることができることがわかる。

20

【0110】

2.3 効果

以上、本実施の形態によれば、アンテナ装置1を用いることによって、伝搬環境や人の動きによって到来波偏波が変化しても安定した受信信号を得ることができる。すなわち、タブレット端末にアンテナ装置1を搭載することによって、XPRやタブレット端末の保持角度によらず、70bits/s/Hzの高い伝送容量を極めて安定に維持できる、超高速の無線通信を実現することができる。

【0111】

（実施の形態3）

実施の形態3では、実施の形態1で説明したアンテナ装置1を腕装着端末に搭載した場合について説明する。本実施の形態でも、上記の到来波の受信電力の比（ $R_{VH}$ ）が交差偏波電力の比（XPR）であり、2つのアンテナ素子の一方の傾きを示す変数を、鉛直方向上向きの軸である第1位置からのアンテナ素子の一方の傾き角であるとして説明する。

30

【0112】

3.1 腕装着端末の解析モデル

図11は、実施の形態3に係る腕装着端末の解析モデルを示す図である。すなわち、本実施の形態で使用する腕装着端末の解析モデルは、図11に示すように、互いに直交する3つのアンテナ素子を有するアンテナ部10をx軸方向に2列、z軸方向に4列配列して8素子MIMOアレーアンテナを構成したものである。ここで、アレー間隔は9cmとしている。

40

【0113】

以下、互いに直交する3つのアンテナ素子はそれぞれ、図3に示すダイポールアンテナ $A_x$ 、ダイポールアンテナ $A_y$ およびダイポールアンテナ $A_z$ であるとして説明する。

【0114】

図12Aは実施の形態3に係る腕装着端末のブラウジング姿勢のアンテナ装置の具体的構成の一例を示す図であり、図12Bは実施の形態3に係る腕装着端末のブラウジング姿勢のユースケースを説明するための図である。図13Aは実施の形態3に係る腕装着端末のユーザの腕振り歩行のアンテナ装置の具体的構成の一例を示す図であり、図13Bは実施の形態3に係る腕装着端末のユーザの腕振り歩行のユースケースを説明するための図で

50

ある。

【0115】

ユーザが腕装着端末を腕に装着したとき、ユースシーンとして2つのシーンが考えられる。すなわち、図12Bに示すように、ユーザが立ち止まって腕装着端末を見るようなブラウジング姿勢時の場合と、図13Bに示すようにユーザが歩行時に腕を振りながらデータをダウンロードするような腕振り歩行時の場合である。

【0116】

図12Bに示すブラウジング姿勢時の場合、ユーザによりアンテナ部10が動かされる方向は、図12Aに示すy軸を回転軸としてzx面でアンテナ素子(図ではダイポールアンテナAz)の角度を変えて端末を見ると考えることができる。この場合(ブラウジング姿勢を行う場合)、図12Aに示すように、到来波の垂直偏波を受けるアンテナ素子としてダイポールアンテナAy、到来波の水平偏波を受けるアンテナ素子としてダイポールアンテナAxの2つのアンテナ素子が選択される。

10

【0117】

一方、図13Bに示す腕振り歩行時の場合、ユーザによりアンテナ部10が動かされる方向は、図12Aに示すy軸を回転軸としてzx面でアンテナ素子(図ではダイポールアンテナAz)角度を変えて腕を振るシーンを考察する。

【0118】

2つのユースシーン共に図12Aおよび図13Aに示すy軸を回転軸としてアンテナ部10の角度が変化するが、図12Bおよび図13Bに示す腕に対する腕装着端末の向きが異なる。そのため、図12Aおよび図13Aに示すように2つのユースケースそれぞれで選択されるアンテナ素子は異なっている。

20

【0119】

3.2 解析結果

図14は、実施の形態3に係る腕装着端末のブラウジング姿勢時の解析結果を示す図である。図14には、ブラウジング姿勢における腕装着端末のXPRに対する伝送容量の変化を実施例3として示している。なお、腕装着端末は図12Bに示すように地面に対して平行に設置されている(=0deg)として解析を行った。SNRは30dBとしている。なお、図14には、比較対象として、図3に示す3軸のダイポールアンテナ(Ax、Ay、Az)の重みをXPRとよって変化させず等分配した場合(以下「等分配合成アンテナ」とも呼ぶ)の解析結果を示している。また、図14には、比較対象として腕装着端末のベルトにアンテナを配置したアンテナ(Ax)(以下「ベルトアンテナ」とも呼ぶ)の解析結果を示している。

30

【0120】

図14より、垂直偏波成分が強い環境(XPR=20dB)において、ベルトアンテナでは高い伝送容量が得られないことがわかる。これはベルトアンテナが水平に配置されており、水平偏波成分を強く受信することが原因である。等分配合成アンテナでは、垂直偏波成分および水平偏波成分の両方を受信することができるため、ベルトアンテナより高い伝送容量が得られることがわかる。

【0121】

それに対して、実施例3(本開示のアンテナ装置1を用いた場合)では、伝送容量はベルトアンテナと比較して23bits/s/Hzの改善を示し、等分配合成アンテナと比較して7bits/s/Hzの改善を示していることがわかる。これは、ベルトアンテナおよび等分配合成アンテナは伝搬環境が変化してもアンテナの放射指向特性が不変なのに対し、本開示のアンテナ装置1を用いた場合には、図6で示したように、XPRに応じて最適な放射指向特性となることに起因している。

40

【0122】

さらに、図14から、帯域幅100MHzにおけるスマートホンやタブレット端末における伝送容量を読み取ると、XPR=20dBにおいてベルトアンテナでは伝送容量は5Gbpsであるのに対して、本開示のアンテナ装置1を用いた場合には7.4Gbpsの

50

超高速ギガビット通信が可能であることがわかる。

【0123】

これにより、腕装着端末をブラウジング姿勢で使用した場合でも安定した受信信号を得ることができることがわかる。

【0124】

図15は、実施の形態3に係る腕装着端末の腕振り歩行時の解析結果を示す図である。

【0125】

図15には、腕振り歩行時における腕装着端末のレーアンテナの角度を $-90$ 度から $90$ 度まで変えたときの伝送容量の変化を実施例4として示している。解析条件はXPRを $20$  dBと $10$  dBの2通りとしている。なお、図15には、比較対象として、図3に示す3軸のダイポールアンテナ(A<sub>x</sub>、A<sub>y</sub>、A<sub>z</sub>)の重みをXPRとよって変化させず等分配した場合(以下「等分配合成アンテナ」とも呼ぶ)の解析結果を示している。また、図15には、比較対象として腕装着端末のベルトにアンテナを配置したアンテナ(A<sub>x</sub>)(以下「ベルトアンテナ」とも呼ぶ)の解析結果を示している。

10

【0126】

図15より、XPRが $20$  dBの垂直偏波成分が強い環境(図中の実線)において、実施例4(本開示のアンテナ装置1を用いた場合)では、ベルトアンテナと比較して $27$  bits/s/Hzの改善が観測される。さらに等分配合成アンテナと比較した場合は $7$  bits/s/Hzの改善が観測される。この原因は、ブラウジング姿勢で説明したのと同様に、本開示のアンテナ装置1を用いた場合には、図7で示したように、XPRとアンテナ素子の傾き角に応じて放射指向特性が変化するためである。

20

【0127】

また、図15からわかるように、実施例4(本開示のアンテナ装置1を用いた場合)では、XPRや腕の振り角によらず、 $70$  bits/s/Hzの高い伝送容量を維持している。これを上述同様帯域幅 $100$  MHzにおけるスマートフォンやタブレット端末における伝送容量として読み取ると、 $7$  Gbpsの伝送レートを維持することに相当する。

【0128】

このように、本開示のアンテナ装置1を用いた場合には、腕を振りながら歩行するという使用者のダイナミックな動特性環境下においても、超高速ギガビット通信が安定に実現できることがわかる。

30

【0129】

### 3.3 効果

以上、本開示のアンテナ装置1を用いることによって、伝搬環境や人の動きによって到来波偏波が変化しても安定した受信信号を得ることができる。すなわち、腕装着端末にアンテナ装置1を搭載することによって、ブラウジング姿勢時や歩行時など使用者のダイナミックな動特性環境下においても、XPRや腕の振り角等によらず、高い伝送容量を極めて安定に維持できる、超高速の無線通信を実現することができる。

【0130】

#### (実施の形態4)

実施の形態4では、タブレット端末や腕装着端末といった携帯端末に実装可能なアンテナ装置1の実装態様の一例について説明する。

40

【0131】

図16Aは、本開示のアンテナ装置を腕装着端末に実装する場合の一態様を示す図であり、図16Bは本開示のアンテナ装置をタブレット端末に実装する場合の一態様を示す図である。図16Aと図16Bでは、同様の要素には同一の符号を付している。

【0132】

図16Aに示すアンテナ装置300は、腕装着端末に実装され、複数のアンテナ部10Aと、誘電体基板310と、グランド320と、重み付け回路330とを備える。

【0133】

重み付け回路330は、実施の形態1の選択部11と合成部13とを少なくとも含む構

50

成に対応するものである。

【0134】

複数のアンテナ部10Aそれぞれは、実施の形態1のアンテナ部10に対応するものである。アンテナ部10Aは、直交モードパッチアンテナ101と、垂直偏波Lアンテナ102とで構成される。例えば、直交モードパッチアンテナ101は、アンテナ部10を構成するダイポールアンテナAxおよびダイポールアンテナAyに対応し、垂直偏波Lアンテナ102は、アンテナ部10を構成するダイポールアンテナAzに対応する。すなわち、実施の形態1で説明したように等価ダイポールとして機能する。

【0135】

垂直偏波Lアンテナ102は、図16Aに示すように誘電体基板に設置されることで、ダイポールアンテナAzを設置する場合と比較して誘電体基板の垂直方向のスペースを必要とせず、ダイポールアンテナAzの指向性特性を実現できる。

10

【0136】

図16Bに示すアンテナ装置301は、タブレット端末に実装され、複数のアンテナ部10Aと、誘電体基板311と、グランド321と、重み付け回路331とを備える。誘電体基板311と、グランド321と、重み付け回路331は、上記の誘電体基板310と、グランド320と、重み付け回路330とサイズが異なるのみで同様の機能を有するため説明は省略する。

【0137】

なお、アンテナ装置1を携帯端末に実装する態様は、図16Aおよび図16Bで説明した場合に限られない。本実施の形態で説明した実装の態様はあくまで一例である。

20

【0138】

(効果)

最後に、本発明に係るアンテナ装置の効果を確認するため、固定されているアンテナ(以下垂直アンテナと呼ぶ)と比較する。以下でも、到来波の受信電力の比( $R_{VH}$ )が交差偏波電力の比( $XPR$ )であり、2つのアンテナ素子の一方の傾きを示す変数を、鉛直方向上向きの軸である第1位置からのアンテナ素子の一方の傾き角であるとして説明する。

【0139】

図17は、垂直アンテナで8素子MIMOアレーを構成する解析モデルを示す図であり、図18は、 $8 \times 8$  MIMO伝送容量の解析結果を示す図である。

30

【0140】

なお、図18には、本開示に係るアンテナ装置(アンテナ装置と記載)の解析結果を示している。また、図18には、比較対象として、図3に示す3軸のダイポールアンテナ(Ax、Ay、Az)の重みをXPRととよって変化させず等分配した場合(以下「等分配合成アンテナ」とも呼ぶ)の解析結果を示している。

【0141】

図18より、XPRが $-20$  dBの環境において、アンテナ装置(本開示に係るアンテナ装置)は、垂直アンテナと比較して伝送容量が $42 \text{ bits/s/Hz}$ 改善していることがわかる。また、XPRが $20$  dBの環境において、アンテナ装置(本開示に係るアンテナ装置)は、等分配合成アンテナと比較して $7 \text{ bits/s/Hz}$ 改善していることがわかる。

40

【0142】

以上のシミュレーション結果より、到来波偏波を重み付けて合成する本開示に係るアンテナ装置を用いることによって、アンテナ素子の角度変化によって生じるアンテナ特性の劣化と屋外または屋内などで伝搬環境が変化したことによって生じるアンテナ特性の劣化をリアルタイムに適応的に制御することができる。したがって、MIMOアンテナの飛躍的な性能向上が期待できる。

【0143】

以上のように、本発明によれば、伝搬環境や人の動きによって到来波偏波が変化しても

50

安定した受信信号を得ることができるアンテナ装置 1 を実現することができる。

【0144】

以上、本発明のアンテナ装置について、実施の形態に基づいて説明したが、本発明は、この実施の形態に限定されるものではない。本発明の趣旨を逸脱しない限り、当業者が思いつく各種変形を本実施の形態に施したもののや、異なる実施の形態における構成要素を組み合わせて構築される形態も、本発明の範囲内に含まれる。

【0145】

例えば、本発明におけるアンテナ装置を、ボディエリアネットワークにおける On - body 通信の際のアクセスポイントに応用する場合も本発明の範囲内に含まれる。以下具体的に説明する。

10

【0146】

図 19 は、本発明に係るアンテナ装置を On - body 通信に適用するときのモデルを示す図である。

【0147】

ここで、ボディエリアネットワークは、生体モニタ用センサや IC (Integrated Circuit) 等が内蔵されている無線通信装置をユーザが携帯または装着して通信を行うためのネットワークである。ボディエリアネットワークを構成するシステムでは、ボディエリアネットワーク内において、センサデバイスとアクセスポイントとが無線通信を行う。

【0148】

このアクセスポイントに本発明に係るアンテナ装置を構成するとよい。なぜなら、センサデバイスは図 19 に示すように頭だけではなく胸や足など人体の様々な場所に取り付けられることが予想されるからである。つまり、センサデバイスに内蔵されるアンテナは人体の様々な向きで装着されることが予想されるので、受信側のアクセスポイントのアンテナ素子は様々な方向から到来する電波を受信する必要があるからである。

20

【0149】

センサデバイスから送られてくる電波を受信するアクセスポイント (図中の腕) へ本発明に係るアンテナ装置を搭載することで、伝搬環境や人の動きによって到来波偏波が変化しても安定した受信信号を得ることができる。

【0150】

図 19 に示すように、センサデバイスからアクセスポイントへ到来する電波 A (到来波) をベクトル分解すると、垂直成分  $A_V$  および水平成分  $A_H$  は以下の式 14 および式 15 となる。

30

【0151】

【数 14】

$$A_V = A \sin \alpha = A \sin \theta_1 \quad \text{式14}$$

【0152】

【数 15】

$$A_H = A \cos \alpha = A \cos \theta_2 \quad \text{式15}$$

40

【0153】

ここで、 $\alpha$  は到来波の角度であり、 $\theta_1$  はセンサデバイスとアクセスポイントのなす角である。ベクトル分解した到来波の垂直成分と水平成分の受信電力の比を求めると、以下の式 16 となる。

【0154】

【数 16】

$$\left( \frac{A_V}{A_H} \right)^2 = \left( \frac{A \sin \theta_1}{A \cos \theta_2} \right)^2 = \tan^2 \theta_1 \quad \text{式16}$$

50

## 【0155】

これは、 $R_{VH}$ と考えることもできるので、式7および式8の $R_{VH}$ に代入することによって本発明に係る重み付け関数を適用できる。

## 【0156】

(実施の形態5)

図20Aは、第3世代移動通信システムでの到来波の様子を示す図である。図20Bは、第5世代移動通信システムでの到来波の様子を示す図である。

## 【0157】

図20Aに示す第3世代移動通信システムでは、例えば携帯電話などの端末400と基地局401との距離が遠いので、基地局401から発する電波(到来波)は、建物402、403、自動車404、森林405等に反射し、反射波としてあらゆる方向から端末400に到来する。つまり、第3世代移動通信システムでは、端末400に、一様な到来波があらゆる方向から到来する。

## 【0158】

一方、図20Bに示す第5世代移動通信システムでは、例えば携帯電話などの端末500と基地局501との距離が近くなるので、基地局501からの到来波が直接に端末500に届くことになる。しかし、基地局501からの到来波が直接に端末500に届くようになることで、端末500に届く到来波は、あらゆる方向でなく基地局501のある方向近傍に限られてしまう(到来波角度が狭い)ことが予想される。

## 【0159】

実施の形態1~4におけるアンテナ装置では、人の動作に伴うアンテナ部10の傾きを示す変数と、アンテナ部10の2つのアンテナ素子に到来する到来波の受信電力の比とで定義される重み付け関数とを用いて受信信号を合成することで、伝搬環境や人の動きによって到来波偏波が変化しても安定した受信信号を得ることができることについて説明した。これは、図20Aに示す第3世代移動通信システムのように、アンテナ部10に一様な到来波があらゆる方向から到来する場合に顕著な効果を発揮するが、図20Bに示す第5世代移動通信システムのように到来波角度が狭くなる場合には、選択しないアンテナ素子の軸方向(特定方向)の到来波は受信できないことになり、さらなる改善を必要とする。

## 【0160】

そこで、本実施の形態では、到来波角度が狭い場合にも、人の動作に伴うアンテナ素子の傾きを示す変数と、2つのアンテナ素子に到来する到来波の受信電力の比とで定義される重み付け関数を用いて受信信号を合成することで、伝搬環境や人の動きによって到来波偏波が変化しても安定した受信信号を得ることができるアンテナ装置について説明する。

## 【0161】

## 5.1 アンテナ装置の構成

図21は、実施の形態5におけるアンテナ装置の構成の一例を示すブロック図である。図22は、実施の形態5における合成部の詳細構成の一例を示す図である。図23は、実施の形態5におけるアンテナ装置の具体的構成の一例を示す図である。なお、図1~3と同様の要素には同一の符号を付しており、詳細な説明は省略する。

## 【0162】

図21に示すアンテナ装置2は、無線通信に使用され、アンテナ部10と、合成部22と、センサ部13とを備える。図21~図23に示すアンテナ装置2は、実施の形態1等に係る図1に示すアンテナ装置1に対して、選択部11の構成がなく、合成部22の構成が異なる。

## 【0163】

合成部22は、3つのアンテナ素子が3次元座標上のx、y、z軸と平行となる位置を基準とした場合のアンテナ部10の3次元座標上の傾きを示す変数と、アンテナ部10に到来する到来波の交差偏波電力の比とで定義され、受信信号の位相シフト量が反映された重み付け関数を用いて、3つのアンテナ素子の受信信号を合成して出力する。より具体的には、合成部22は、3つのアンテナ素子で構成されるアンテナ部10の傾きを示す変数

10

20

30

40

50

である傾き角度 および回転角度 と、アンテナ部 10 の 3 つのアンテナ素子に到来する到来波の交差偏波電力の比 (XPR : Cross-Polarization Ratio) とで定義され、3 つのアンテナ素子における受信信号の位相シフト量が反映された重み付け関数を用いて、3 つのアンテナ素子の受信信号を合成して出力する。

【0164】

ここで、図 24 は、実施の形態 5 におけるアンテナ部 10 の傾きを示す変数である傾き角度 および回転角度 を説明するための図である。

【0165】

アンテナ部 10 の傾きを示す変数である傾き角度 および回転角度 は、アンテナ部 10 を構成する 3 つのアンテナ素子が正位置 (図 24 の座標の原点に示す位置のように、ダイポールアンテナ  $A_x$ 、ダイポールアンテナ  $A_y$ 、ダイポールアンテナ  $A_z$  がそれぞれ 3 次元座標系の  $x$  軸、 $y$  軸および  $z$  軸と平行な向きで設置された位置) であるとき、0 (ゼロ) である。一方、図 24 の P 点の位置で示される 3 つのアンテナ素子の傾きは、傾き角度 および回転角度 を用いて表すことができる。ここで、回転角度 は、P 点を XY 平面上に射影した場合における 3 つのアンテナ素子 (例えばダイポールアンテナ  $A_y$ ) の正位置からの回転角度である。傾き角度 は、3 次元座標系におけるアンテナ部 10 の  $z$  軸からの傾き角度を意味し、3 次元座標系における  $z$  軸に平行な線を基準にしたときの 3 つのアンテナ素子 (例えばダイポールアンテナ  $A_z$ ) の傾きの補角である。

【0166】

また、本実施の形態では、上記到来波の交差偏波電力の比を XPR、上記の傾き角度 および回転角度 、ダイポールアンテナ  $A_z$  の受信信号を  $S_v$ 、ダイポールアンテナ  $A_x$  の受信信号を  $S_{H_x}$ 、並びにダイポールアンテナ  $A_y$  の受信信号を  $S_{H_y}$  とする。また、合成部 22 が出力する合成信号を  $a$  とし、受信信号  $S_v$  に乗算する重み付け関数を  $W_v$ 、受信信号  $S_{H_x}$  に乗算する重み付け関数を  $W_{H_x}$ 、受信信号  $S_{H_y}$  に乗算する重み付け関数を  $W_{H_y}$  とする。

【0167】

この場合、合成部 22 は、式 17 ~ 式 21 を用いて、3 つのアンテナ素子の受信信号を合成して出力すると表現できる。

【0168】

【数 17】

$$a = W_v S_v + W_{H_x} S_{H_x} e^{j\frac{2}{3}\pi} + W_{H_y} S_{H_y} e^{-j\frac{2}{3}\pi} \quad \text{式17}$$

【0169】

【数 18】

$$a = \frac{W'_v}{\sqrt{W_v'^2 + W_{H_x}'^2 + W_{H_y}'^2}} S_v + \frac{W'_{H_x}}{\sqrt{W_v'^2 + W_{H_x}'^2 + W_{H_y}'^2}} S_{H_x} e^{j\frac{2}{3}\pi} + \frac{W'_{H_y}}{\sqrt{W_v'^2 + W_{H_x}'^2 + W_{H_y}'^2}} S_{H_y} e^{-j\frac{2}{3}\pi}$$

式18

【0170】

【数 19】

$$W'_v = \sqrt{\frac{XPR}{1+XPR} |\cos\theta|} + \sqrt{\frac{1}{1+XPR} |\sin\theta|} \quad \text{式19}$$

【0171】



【数 2 0】

$$W'_{Hx} = \left( \sqrt{\frac{XPR}{1+XPR}} |\sin \theta| + \sqrt{\frac{1}{1+XPR}} |\cos \theta| \right) |\cos \phi| \quad \text{式20}$$

【0 1 7 2】

【数 2 1】

$$W'_{Hy} = \left( \sqrt{\frac{XPR}{1+XPR}} |\sin \theta| + \sqrt{\frac{1}{1+XPR}} |\cos \theta| \right) |\sin \phi| \quad \text{式21}$$

10

【0 1 7 3】

より詳細には、合成部 2 2 は、図 2 2 に示すように、算出部 2 2 1 と、重み付け部 2 2 2 と、加算部 2 2 3 とで構成されている。

【0 1 7 4】

算出部 2 2 1 は、センサ部 1 3 の検出結果を用いて交差偏波電力の比 (XPR) と、傾き角度 と、回転角度 とを算出する。

【0 1 7 5】

重み付け部 2 2 2 は、算出部 2 2 1 で算出される交差偏波電力の比 (XPR) と、傾き角度 および回転角度 で定義される重み付け関数を、3つのアンテナ素子の受信信号それぞれに乗算する。なお、

20

【数 2 2】

$$e^{j\frac{2}{3}\pi}$$

、

【数 2 3】

$$e^{-j\frac{2}{3}\pi}$$

30

は、受信信号の位相シフト量を示しており、実施の形態 1 ~ 4 で説明した受信信号  $S_H$  の位相をシフトしたものに对应する。受信信号の位相シフト量は、アンテナ素子がどの方向に傾いたり回転したりしても良いように、3つのアンテナ素子の受信信号は  $2/3$  (120度) ずつ位相をシフトして合成する。

【0 1 7 6】

加算部 2 2 3 は、重み付け部 2 2 2 で乗算された値を加算 (合成) して、出力する。本実施の形態では、加算部 2 2 3 は、重み付け部 2 2 2 で乗算された値を加算した合成信号 (a) を出力する。

【0 1 7 7】

このようにして、合成部 2 2 は、式 1 7 ~ 式 2 1 で示される重み付け関数 (3本重み付け関数) を用いて、3つのアンテナ素子の受信信号を合成して出力する。

40

【0 1 7 8】

なお、式 1 7 を用いるためには、実施の形態 1 で説明したのと同様に、アンテナ装置 2 の置かれた伝搬環境 (受信環境) の XPR を予め知る必要があるが、XPR = 垂直偏波成分の受信電力  $P_V$  / 水平偏波成分の受信電力  $P_H$  の関係があることから、XPR は傾き角度 = 0 のときに到来する到来波の垂直偏波成分および水平偏波成分を受信するダイポールアンテナ  $A_z$  およびダイポールアンテナ  $A_x$  の受信電力  $P_V$  および受信電力  $P_H$  を用いて求めることができる。さらに、傾き角度 (瞬時角度) および回転角度 (瞬時角度) は現行タブレット端末やスマートフォンによって実用化されている磁気センサや角速度センサを用いて検出された検出結果から算出することができる。

50

【 0 1 7 9 】

このように重み付け関数(3本重み付け関数)を定義することで3つのアンテナ素子の出力を合成することができるので、到来波角度が狭い到来波偏波に対しても最適な重み付けを行うことができる。

【 0 1 8 0 】

なお、式17～式21で示される重み付け関数(3本重み付け関数)は、実施の形態1～4で説明した重み付け関数を発展したものに相当し、実施の形態1で説明した式10～式13で示される重み付け関数(2本重み付け関数)を包含する。

【 0 1 8 1 】

具体的には、実施の形態1～4で説明したように3本のうち2本のアンテナ素子を用いる場合には、式17～式21で示される重み付け関数(3本重み付け関数)において、除く1本のアンテナ素子の重みを0、位相シフト量を0degにすることにより、実施の形態1で説明した式10～式13で示される重み付け関数に相当するものになる。

10

【 0 1 8 2 】

例えば、y軸と平行な向きで設置されるアンテナ素子(ダイポールアンテナAy)が除かれるとした場合には、式17～式21において、重み「WHy」を0にすることで、実施の形態1で説明した式10～式13で示される重み付け関数と同等の式22～式25で示される重み付け関数(2本重み付け関数)を得ることができる。

【 0 1 8 3 】

【数24】

20

$$a = W_V s_V + W_{Hx} s_{Hx} e^{j\frac{\pi}{2}} \quad \text{式22}$$

【 0 1 8 4 】

【数25】

$$a = \frac{W'_V}{\sqrt{W'^2_V + W'^2_{Hx}}} s_V + \frac{W'_{Hx}}{\sqrt{W'^2_V + W'^2_{Hx}}} s_{Hx} e^{j\frac{\pi}{2}} \quad \text{式23}$$

30

【 0 1 8 5 】

【数26】

$$W'_V = \sqrt{\frac{XPR}{1+XPR}} |\cos\theta| + \sqrt{\frac{1}{1+XPR}} |\sin\theta| \quad \text{式24}$$

【 0 1 8 6 】

【数27】

$$W'_{Hx} = \sqrt{\frac{XPR}{1+XPR}} |\sin\theta| + \sqrt{\frac{1}{1+XPR}} |\cos\theta| \quad \text{式25}$$

40

【 0 1 8 7 】

## 5.2 アンテナ装置の動作

次に、以上のように構成されたアンテナ装置2の動作について説明する。

【 0 1 8 8 】

図25は、実施の形態5におけるアンテナ装置の動作の一例を示すフローチャートである。

【 0 1 8 9 】

まず、アンテナ装置2は、位相シフト量の算出を行う(S11)。本実施の形態では、

50

位相シフト量は、受信電力  $a$  のアンテナ素子の傾き角  $\theta$  に対する依存性が小さくなるように  $\theta/2$  と、予め定められた値となっている。なお、位相シフト量は、 $-\theta/2$  でもよい。また、位相シフト量は、アンテナ装置 2 が搭載される端末やユースシーンに応じて制御するとしてもよい。位相シフト量を制御する場合については、後述するためここでの説明は省略する。

【0190】

次に、アンテナ装置 2 は、位相シフト量を反映した 3 本重み付け関数を用いて、3 つのアンテナ素子の受信信号を合成する (S21)。

【0191】

### 5.3 効果

このように、本実施の形態のアンテナ装置 2 によれば、到来波角度が狭い到来波偏波に対して、伝搬環境や人の動きによって到来波偏波が変化しても安定した受信信号を得ることができる。

【0192】

具体的には、本実施の形態のアンテナ装置 2 は、人の動作に伴うアンテナ素子の傾きを示す変数である傾き角度  $\theta$  および回転角度  $\phi$  と、3 つのアンテナ素子に到来する到来波の交差偏波電力の比 (XPR) と、位相シフト量を反映した 3 本重み付け関数とを用いて受信信号を合成する。それにより、到来波角度が狭い到来波偏波に対して伝搬環境や人の動きによって到来波偏波が変化しても安定した受信信号を得ることができるので、超高速の無線通信を実現することができる。

【0193】

さらに、アンテナ素子の傾きを示す変数である傾き角度  $\theta$  および回転角度  $\phi$  と、3 つのアンテナ素子に到来する到来波の交差偏波電力の比 (XPR) と位相シフト量が反映される 3 本重み付け関数は、振幅関数 (スカラー) で定義することができる。つまり、当該重み付け関数は、位相情報を必要とせず算出できるので、3 つのアンテナ素子の受信信号のフィードバックを必要としない。それにより、本実施の形態のアンテナ装置 2 は、演算に負荷がかからずリアルタイムでかつ適応的に受信信号の合成の算出をすることができる。

【0194】

### 5.4 有効性の確認

次に、本実施の形態に係るアンテナ装置 2 の有効性を確認するために、計算機シミュレーションを使用してシミュレーションを行った。

【0195】

図 26 は、傾き角度  $\theta$  を 0 度に固定して回転角度  $\phi$  を変化させた時の  $x-y$  平面におけるアンテナ装置 2 の放射指向特性を示す図である。図 27 は、傾き角度  $\theta$  を 45 度に固定して回転角度  $\phi$  を変化させた時の  $x-y$  平面におけるアンテナ装置 2 の放射指向特性を示す図である。図 28 は、傾き角度  $\theta$  を 90 度に固定して回転角度  $\phi$  を変化させた時の  $x-y$  平面におけるアンテナ装置 2 の放射指向特性を示す図である。なお、これらの図において、解析周波数は 2 GHz である。

【0196】

図 26 ~ 図 28 より、傾き角度  $\theta$  および回転角度  $\phi$  の変化に応じて、垂直偏波成分 (図中の太線) と水平偏波成分 (図中の細線) が変化しているから、重み付け関数がアンテナ部 10 の傾きに応じて変化していることの証となる。

【0197】

#### 5.4.1 解析方法と解析アレーモデル

続いて、本実施の形態に係るアンテナ装置 2 の有効性を確認するために、3 次元周辺散乱モデルを用いて、MIMO 伝送特性として  $2 \times 2$  MIMO 伝送容量の解析を行った。

【0198】

図 29 は、3 次元周辺散乱モデルを示す図である。図 30 は、解析したアレーモデルを示す図である。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 9 9 】

図 2 9 において、携帯端末 6 0 0 は、N 個のアンテナ素子が搭載されており、基地局 6 0 1 には、M 個のアンテナが搭載されているとする。また、携帯端末 6 0 0 への到来波は、基地局 6 0 1 から発せられた到来波が建物 6 0 2、6 0 3、6 0 4、6 0 5 を反射した反射波であるとしている。ここで、解析周波数を 2 G H z、S N R を 3 0 d B、X P R を 1 0 d B、アジマス方向散乱体数を 3 0、エレベーション方向散乱体数を 3 7、アジマス方向を一様分布、エレベーション方向をガウス分布（中心角度：2 0 d e g、広がり角度：2 0 d e g）としている。

## 【 0 2 0 0 】

また、本解析では、図 3 0 に示すように回転角度のみを 0 d e g から 9 0 d e g に変化させ、その後傾き角度を 0 d e g から 9 0 d e g に変化させて解析した。

10

## 【 0 2 0 1 】

## 5 . 4 . 2 解析結果

図 3 1 は、3 本重み付け関数を適用し 2 × 2 M I M O 伝送容量の解析を行った解析結果を示す図である。傾き角度、回転角度を変化させて 2 × 2 M I M O 伝送容量の解析を行った。なお、傾き角度および回転角度はそれぞれ、図 3 0 に示すように 0 ° から 9 0 ° まで変化させた。X P R は 1 0 d B とした。図中の 3 本重み付け関数の特性において印可電圧制御有はアンテナ素子とケーブルを接続するときにアンテナ性能を発揮できるように電圧の正負を考慮した場合であり、印可電圧制御無は印可電圧制御有のときとは逆にアンテナ素子とケーブルを接続した場合である。すなわち、3 本のアンテナ素子を合成する重み付け関数を用いる際は、アンテナ素子が傾いた時に伝搬環境の主たる偏波成分が打ち消し合わないようアンテナ素子とケーブルを接続する必要がある。アンテナ素子に印可する電圧の正負と偏波の詳細な関係については、後述するためここでの説明は省略する。比較対象として、2 本重み付け関数を適用した場合の解析結果をもとにプロットした。図中の 2 本重み付け関数の特性においてスイッチ切り替え有は選択部 1 1 において動かされるアンテナ部 1 0 の動きに応じて受信電力の大きさが最も変化しない一のアンテナ素子を除いた 2 つのアンテナ素子を選択した場合であり、スイッチ切り替え無は選択部 1 1 においてアンテナの選択を行わなかった場合である。なお、M I M O 伝送容量の計算方法は非特許文献 1 に示されているので、ここでの説明は省略する。

20

## 【 0 2 0 2 】

図 3 1 より、回転角度のみ変化させたときには、式 1 7 ~ 式 2 1 で示される 3 本重み付け関数を適用した場合と式 2 2 ~ 式 2 5 で示される 2 本重み付け関数を適用した場合に差はなかったものの、傾き角度のみを変化させた場合には 3 本重み付け関数を適用した場合の方の伝送容量が改善することがわかる。

30

## 【 0 2 0 3 】

これにより、3 本重み付け関数を適用した場合には、アンテナ素子に印可する電圧の正負を伝搬環境とアンテナの傾き方向に注意して接続することにより、2 本重み付け関数より安定した受信信号を得ることができることがわかる。

## 【 0 2 0 4 】

## ( 実施の形態 6 )

実施の形態 5 では、重み付け関数に適用される位相シフト量は、予め定めた値であったが、アンテナ装置 1 や 2 が搭載される端末や、ユースシーンに応じて制御してもよい。そうすることで、アンテナ装置 1 や 2 が搭載される端末や、ユースシーンにおいてより安定した受信信号を得ることができる。以下、この場合について説明する。

40

## 【 0 2 0 5 】

なお、式 1 7 ~ 式 2 1 で示される重み付け関数( 3 本重み付け関数)は、実施の形態 1 ~ 4 で説明した重み付け関数を発展したものに相当し、実施の形態 1 で説明した式 1 0 ~ 式 1 3 で示される重み付け関数( 2 本重み付け関数)を包含する。

## 【 0 2 0 6 】

したがって、アンテナ装置 1 の場合、以下の式 2 6 ~ 2 9 のように位相シフトは適用

50

される。

【 0 2 0 7 】

【 数 2 8 】

$$a = W'_V s_V + W'_H s_H e^{j\tau} \quad \text{式26}$$

【 0 2 0 8 】

【 数 2 9 】

$$a = \frac{W'_V}{\sqrt{W'^2_V + W'^2_H}} s_V + \frac{W'_H}{\sqrt{W'^2_V + W'^2_H}} s_H e^{j\tau} \quad \text{式27} \quad 10$$

【 0 2 0 9 】

【 数 3 0 】

$$W'_V = \sqrt{\frac{XPR}{1+XPR}} |\cos \theta| + \sqrt{\frac{1}{1+XPR}} |\sin \theta| \quad \text{式28}$$

【 0 2 1 0 】

【 数 3 1 】

$$W'_H = \sqrt{\frac{XPR}{1+XPR}} |\sin \theta| + \sqrt{\frac{1}{1+XPR}} |\cos \theta| \quad \text{式29} \quad 20$$

【 0 2 1 1 】

また、アンテナ装置 2 の場合、以下の式 3 0 ~ 3 4 のように位相シフト は適用される。

【 0 2 1 2 】

【 数 3 2 】

$$a = W_V s_V + W_{Hx} s_{Hx} e^{j\tau} + W_{Hy} s_{Hy} e^{-j\tau} \quad \text{式30} \quad 30$$

【 0 2 1 3 】

【 数 3 3 】

$$a = \frac{W'_V}{\sqrt{W'^2_V + W'^2_{Hx} + W'^2_{Hy}}} s_V + \frac{W'_{Hx}}{\sqrt{W'^2_V + W'^2_{Hx} + W'^2_{Hy}}} s_{Hx} e^{j\tau} + \frac{W'_{Hy}}{\sqrt{W'^2_V + W'^2_{Hx} + W'^2_{Hy}}} s_{Hy} e^{-j\tau} \quad \text{式31}$$

【 0 2 1 4 】

【 数 3 4 】

$$W'_V = \sqrt{\frac{XPR}{1+XPR}} |\cos \alpha| + \sqrt{\frac{1}{1+XPR}} |\sin \alpha| \quad \text{式32} \quad 40$$

【 0 2 1 5 】

【数 3 5】

$$W'_{Hx} = \left( \sqrt{\frac{XPR}{1+XPR}} |\sin \alpha| + \sqrt{\frac{1}{1+XPR}} |\cos \alpha| \right) |\cos \beta| \quad \text{式33}$$

【0 2 1 6】

【数 3 6】

$$W'_{Hy} = \left( \sqrt{\frac{XPR}{1+XPR}} |\sin \alpha| + \sqrt{\frac{1}{1+XPR}} |\cos \alpha| \right) |\sin \beta| \quad \text{式34}$$

10

【0 2 1 7】

以下では、実施の形態 5 で説明したアンテナ装置 2 をタブレット端末に搭載した場合を例にあげて説明する。また、説明を容易にするため、アンテナ装置 2 に 2 本重み付け関数を適用する場合、すなわちアンテナ装置 2 で 2 本のアンテナ素子の受信信号を合成する場合の位相シフト量について説明する。

【0 2 1 8】

#### 6.1 タブレット端末の解析モデル

図 3 2 は、実施の形態 5 に係るアンテナ装置 2 を搭載したタブレット端末を縦置き使用したときの解析モデルを示す図である。図 3 3 は、実施の形態 5 に係るアンテナ装置 2 を搭載したタブレット端末を横置き使用したときの解析モデルを示す図である。図 3 4 は、実施の形態 6 に係る位相シフト量について説明するための図である。図 3 5 は、実施の形態 6 に係るタブレット端末のアンテナ装置 2 の具体的構成の一例を示す図である。

20

【0 2 1 9】

本実施の形態で使用するタブレット端末の解析モデルは、図 3 2 および図 3 3 に示すように、互いに直交する 3 つのアンテナ素子であるダイポールアンテナ  $A_x$ 、ダイポールアンテナ  $A_y$  およびダイポールアンテナ  $A_z$  を有するアンテナ部 10 を搭載したものである。ここで、3 つのアンテナ素子はタブレット端末を縦置きにアンテナ素子の角度  $\theta$  が  $0 \text{ deg}$  としたときに  $x$  軸に平行なダイポールアンテナを  $A_x$ 、 $y$  軸に平行なダイポールアンテナを  $A_y$ 、 $z$  軸に平行なダイポールアンテナを  $A_z$  とした。

30

【0 2 2 0】

図 3 2 および図 3 3 に示すように、実施の形態 5 に係るアンテナ装置 2 をタブレット端末に搭載した場合、人間はタブレット端末の画面を見ながら使用することが予想されるので、アンテナを傾ける角度は  $0$  度から  $90$  度に限られる。この場合、図 3 4 に示すように、到来波の垂直偏波を受けるアンテナ素子を  $z$  軸に平行なアンテナ  $A_z$ 、水平偏波を受けるアンテナ素子を  $x$  軸に平行なアンテナ  $A_x$  とし、それぞれの軸のプラス方向に正の電圧を、マイナス方向に負の電圧を印加するとする。2 つの素子が  $+$  方向に傾いた場合、それぞれのアンテナ素子は垂直偏波成分と水平偏波成分の両成分を受ける。図 3 4 に示すようにベクトル分解して別々に考えると、2 つの素子の垂直偏波成分は印可電圧が逆相となり打ち消し合い、水平偏波成分は印可電圧が同相となり強め合う。

40

【0 2 2 1】

そのため、実施の形態 1 ~ 4 におけるアンテナ装置 1 に位相シフト量を適用する場合には、アンテナ素子がどの方向に傾いても安定して受信信号を得ることができるよう位相シフト量は  $\pi/2$  と予め定めた値として適用するとよい。さらに、ユースシーンを限れば、アンテナ素子の傾く方向を限ることができるので、位相シフト量を制御することで受信信号をさらに高めることができる。なお、アンテナ素子の傾く方向が限られる場合、かつ、選択する 2 つのアンテナ素子が変化しない場合には、予め 3 つのアンテナ素子ではなく 2 つのアンテナ素子が直交するアンテナをアンテナ部 10 として選択部 11 を除くアンテナ装置 1 の構成を適用するとしてもよい。

【0 2 2 2】

50

図32に示すように、タブレット端末を縦置きで使用する場合、実施の形態2で説明したのと同様に、アンテナ部10が動かされる方向は、図32のy軸を回転軸としてzx面でアンテナ素子(図ではダイポールアンテナAxとAz)の角度(図で傾き角度)が変わると考えられる。この場合、到来波の垂直偏波を受けるアンテナ素子としてダイポールアンテナAz(図で太線)、到来波の水平偏波を受けるアンテナ素子としてダイポールアンテナAx(図で細線)の2つのアンテナ素子が選択される。すなわち、図35に示す合成部22aは、3本重み付け関数においてダイポールアンテナAyに乘算する重みを0にして、ダイポールアンテナAyの受信信号を除くことで(例えば式35を適用することで)、ダイポールアンテナAxおよびダイポールアンテナAzの2つのアンテナ素子を選択することができる。そして、合成部22aは、式35に示す重み付け関数を適用することで、この2つのアンテナ素子の受信信号を合成することができる。

10

【0223】

【数37】

$$a = W_V s_V + W_{Hx} s_{Hx} e^{j\tau} \quad \text{式35}$$

【0224】

ここで、

【数38】

$$e^{j\tau}$$

20

はユースシーンに応じて制御された位相シフト量を示し、だけ位相がシフトすることを示している。

【0225】

なお、図33に示すように、タブレット端末を横置きで使用する場合、アンテナ部10が動かされる方向は、図33のy軸を回転軸としてzx面でアンテナ素子(図ではダイポールアンテナAxとAy)の角度(図で傾き角度)が変わると考えられる。この場合、到来波の垂直偏波を受けるダイポールアンテナAy、到来波の水平偏波を受けるアンテナ素子としてダイポールアンテナAxの2つのアンテナ素子が選択されることに相当するが、数学的には、式35と等価であるため、図32に示す場合で以下の解析を行った。

30

【0226】

#### 6.2 解析結果

図36A~図36Cは、タブレット端末の保持角度の平均値を説明するための図である。図36Aには、ユーザがタブレット端末を手で保持するときの水平面(xy平面)からの角度である端末保持角度x1と、ユーザの手がタブレット端末を保持するときの端末保持位置x2の定義が示されている。図36Bにはユーザがタブレット端末を手で保持するときの端末保持角度x1の統計結果が示されており、図36Cには、端末保持角度x1と端末保持位置x2とそれぞれの統計の解析結果が示されている。すなわち、図36Cから、端末保持角度x1の平均値は35度であり、傾き角度はz軸から55度であるのがわかる。

40

【0227】

図37Aおよび図37Bは、傾き角度を55度に固定して位相シフト量を変化させた時のxy平面における放射指向特性を示す図である。図37Aの(a)~(c)と図37Bの(d)、(e)から、位相シフト量を増やす(0度~180度)と、垂直偏波成分が大きくなるように放射指向特性が大きく変化していることがわかる。

【0228】

図38は、傾き角度を55度に固定して位相シフト量を変化させた時の伝送容量特性を示す図である。図38には、タブレット端末を縦置きで使用する場合の解析結果がプロットされている。なお、位相シフト量は0度から180度まで変化させた。XPRは10dBとした。SNRは30dBである。

50

## 【0229】

図38から、1点すなわち位相シフト量が180度( )であるときに伝送容量が最大となることがわかる。ここで、2点すなわち実施の形態5で説明した2本重み付け関数で用いられる位相シフト量が90度( / 2 )である場合と比較して、1.4 bits / s / Hzの改善を示すことがわかる。

## 【0230】

図39Aは、異なる位相シフト量において傾き角度 を変化させた時の伝送容量特性を示す図である。図39Bは、異なる位相シフト量において回転角度 を変化させた時の伝送容量特性を示す図である。図39Aおよび図39Bにはそれぞれ、位相シフト量が0度、90度および180度の場合の伝送容量特性が示されている。

10

## 【0231】

図39Bから、アンテナ部10が回転すなわち回転角度 が異なる場合には、位相シフト量の違いは影響しない。一方、図39Aから、アンテナ部10が傾いたときすなわち傾き角度 が異なる場合には、位相シフト量の違いが大きく影響することがわかる。そして、アンテナ部10の傾き角度 が異なっても位相シフト量が180度( )であるときに伝送容量が変化せずに一定となる(最大を維持する)ことがわかる。

## 【0232】

図40は、XPRが変化した時の最適な位相シフト量の結果を示す図である。すなわち、XPR - 3 dBのときは位相シフト量を180度、XPR - 3のときは位相シフト量を0度とすることで、実施の形態5と比較して大きな伝送容量が得られることがわかる。

20

## 【0233】

## 6.3 効果

以上のように、本実施の形態によれば、位相シフト量を、アンテナ装置1および2を搭載する端末やユースシーンに応じて制御することにより、さらなる伝送容量の向上が図れる。

## 【0234】

例えば、アンテナ装置2では、位相シフト量は2 / 3 (120度)と-2 / 3 (-120度)とし、合成部22は、当該位相シフト量が反映された重み付け関数を用いて、3つのアンテナ素子の受信信号を合成して出力するとしてもよい。また、位相シフト量は、ユースシーンと伝搬環境に応じて定められた値とし、合成部22は、当該位相シフト量が反映された重み付け関数を用いて、3つのアンテナ素子の受信信号を合成して出力するとしてもよい。

30

## 【0235】

また、例えば、アンテナ装置1では、さらに合成部12は、選択部11で選択された2つのアンテナ素子における位相シフト量がさらに反映された重み付け関数を用いて、当該2つのアンテナ素子の受信信号を合成して出力するとしてもよい。

## 【0236】

ここで、例えば、位相シフト量は / 2 (90度)もしくは - / 2 (-90度)とし、合成部12は、当該位相シフト量が反映された重み付け関数を用いて、選択部11で選択された2つのアンテナ素子の受信信号を合成して出力するとしてもよい。また、位相シフト量は、ユースシーンと伝搬環境に応じて定められた値とし、合成部12は、当該位相シフト量が反映された重み付け関数を用いて、選択部11で選択された2つのアンテナ素子の受信信号を合成して出力するとしてもよい。

40

## 【0237】

なお、上述したように、ユースシーンが限定される場合には、アンテナ素子の傾く方向を限ることができるので、本発明に係るアンテナ装置は、無線通信に使用されるアンテナ装置であって、互いに直交する2つのアンテナ素子を有するアンテナ部と、2つのアンテナ素子で形成される平面において2つのアンテナ素子の一方が第1位置にあるときを基準とした当該2つのアンテナ素子の一方の傾きを示す変数と、当該2つのアンテナ素子に到

50



来する到来波の受信電力の比とで定義される重み付け関数と位相シフト量を用いて、当該選択部により選択された2つのアンテナ素子の受信信号を合成して出力する合成部と、を備え、当該合成部は、上記受信電力の比として、当該2つのアンテナ素子の一方が第1位置にあるときに2つのアンテナ素子に到来する到来波の受信電力の比を算出するとしてもよい。ここで、位相シフト量は  $\pi/2$  (90度) もしくは  $-\pi/2$  (-90度) とし、当該合成部は、当該位相シフト量が反映された重み付け関数を用いて、2つのアンテナ素子の受信信号を合成して出力するとしてもよい。また、位相シフト量は、ユースシーンと伝搬環境に応じて定められた値とし、当該合成部は、当該位相シフト量が反映された重み付け関数を用いて、2つのアンテナ素子の受信信号を合成して出力するとしてもよい。

#### 【0238】

以上、本発明の一つまたは複数の態様に係るアンテナ装置について、実施の形態に基づいて説明したが、本発明は、この実施の形態に限定されるものではない。本発明の趣旨を逸脱しない限り、当業者が思いつく各種変形を本実施の形態に施したもののや、異なる実施の形態における構成要素を組み合わせて構築される形態も、本発明の一つまたは複数の態様の範囲内に含まれてもよい。

#### 【0239】

例えば、上記実施の形態において、各構成要素は専用のハードウェアにより構成されてもよく、あるいは、ソフトウェアにより実現可能な構成要素については、プログラムを実行することによって実現されてもよい。

#### 【0240】

また、例えば、アンテナ装置を構成するモジュールを、IC (集積回路)、ASIC (特定用途向け集積回路)、およびLSI (大規模集積) などの形態で実現されるか、ARMなどのCPUに基づくプロセッサおよびPC (パーソナルコンピュータ) などの機械により実現するとしてもよい。これらの各モジュールは、多くの単機能LSIまたは1つのLSIに含まれ得る。ここで用いられた名称はLSIであるが、集積度に応じて、IC、システムLSI、スーパーLSIまたはウルトラLSIと呼称されることもある。さらに、集積方法はLSIに限るものではなく、専用回路または汎用プロセッサなどによっても集積することができる。これには、プログラム命令により指示可能なDSP (デジタル信号プロセッサ) などの特殊なマイクロプロセッサも含まれる。LSIの製造後にプログラム可能なFPGA (フィールド・プログラマブル・ゲート・アレイ) もしくはLSIの接続または配置を再構成できる再構成可能プロセッサを同様の目的で用いることができる。今後は、製造と処理技術の発展に伴い、全く新しい技術がLSIに置き換わるかもしれない。集積はそのような技術によって実現され得る。

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0241】

本発明は、無線通信に使用されるアンテナ装置に利用され、特にスマートフォン、タブレット端末および腕時計端末などの携帯端末、無線ルーターなどの固定端末やボディアリアネットワークのOn-body通信のアクセスポイントなどに搭載されるアンテナ装置に利用することができる。

#### 【符号の説明】

#### 【0242】

- 1、2、300、301 アンテナ装置
- 10、10A アンテナ部
- 11 選択部
- 12、22、22a 合成部
- 13 センサ部
- 101 直交モードパッチアンテナ
- 102 垂直偏波Lアンテナ
- 121、221 算出部
- 122、222 重み付け部

10

20

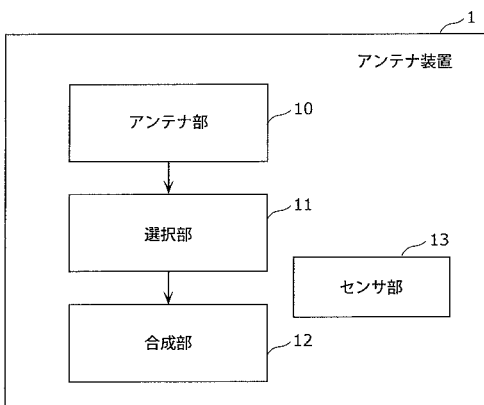
30

40

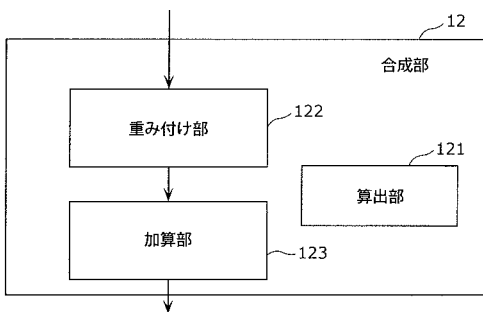
50

- 1 2 3、2 2 3 加算部
- 3 1 0、3 1 1 誘電体基板
- 3 2 0、3 2 1 グランド
- 3 3 0、3 3 1 重み付け回路
- 4 0 0、5 0 0 端末
- 4 0 1、5 0 1、6 0 1 基地局
- 4 0 2、6 0 2、6 0 3、6 0 4、6 0 5 建物
- 4 0 4 自動車
- 4 0 5 森林
- 6 0 0 携帯端末

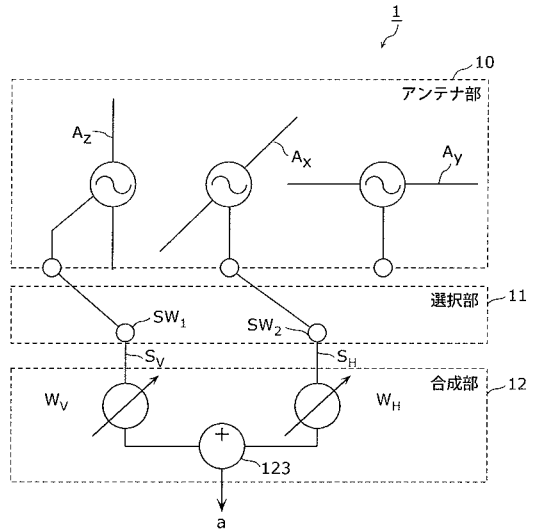
【図1】



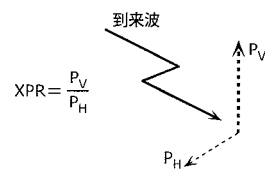
【図2】



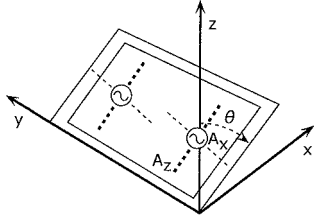
【図3】



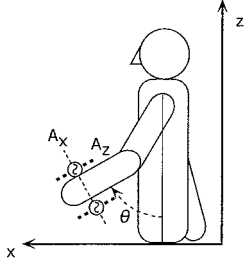
【図4A】



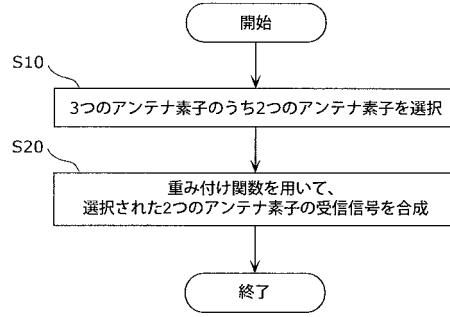
【 図 4 B 】



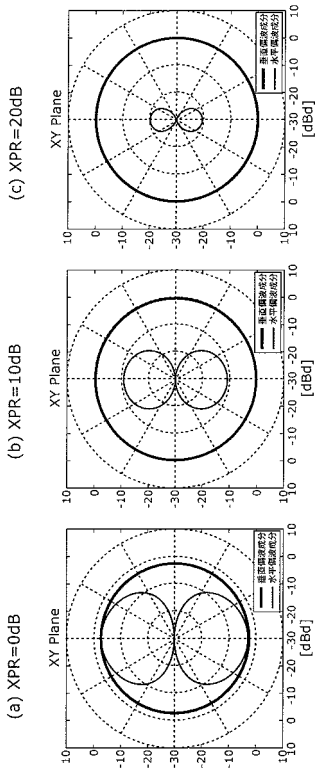
【 図 4 C 】



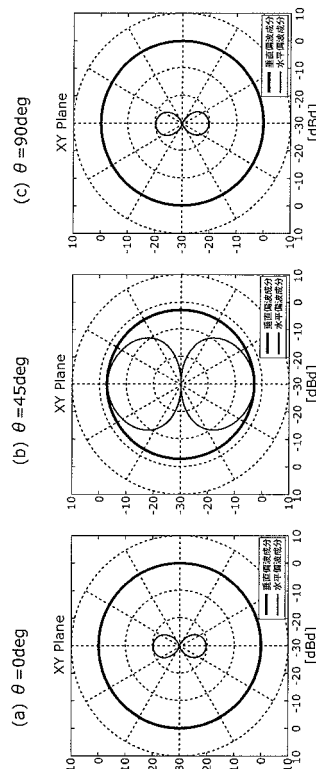
【 図 5 】



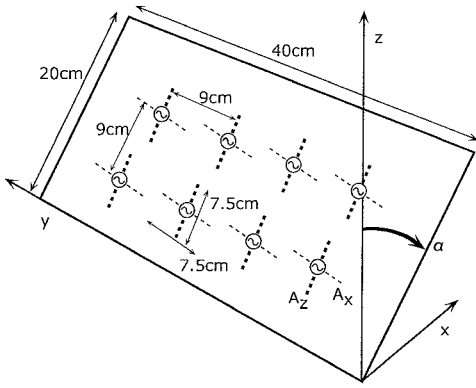
【 図 6 】



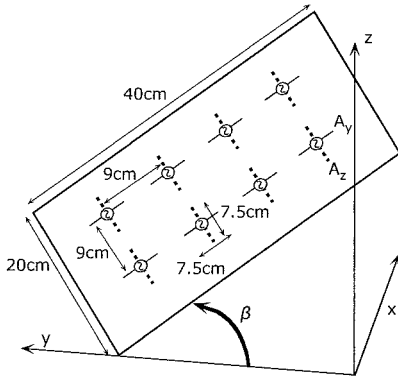
【 図 7 】



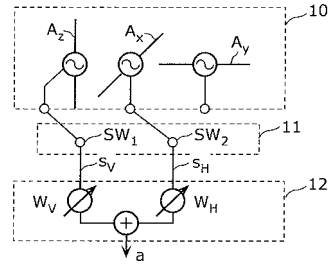
【図 8 A】



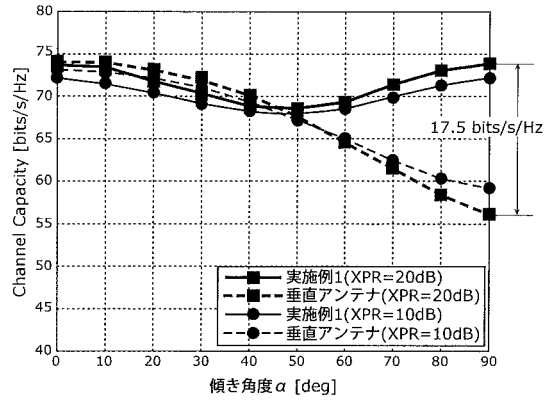
【図 8 B】



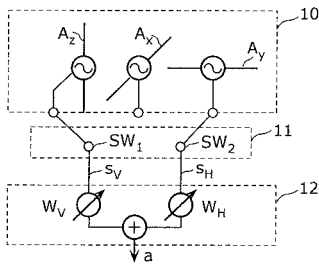
【図 9 A】



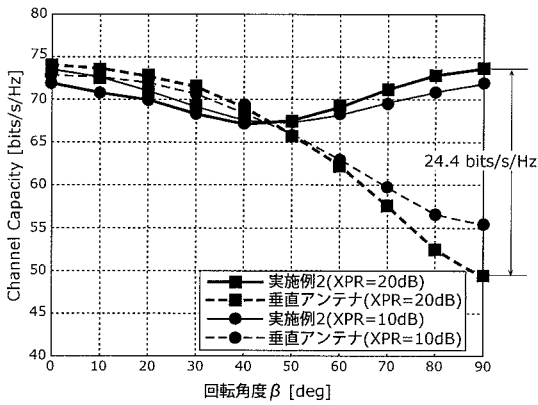
【図 9 B】



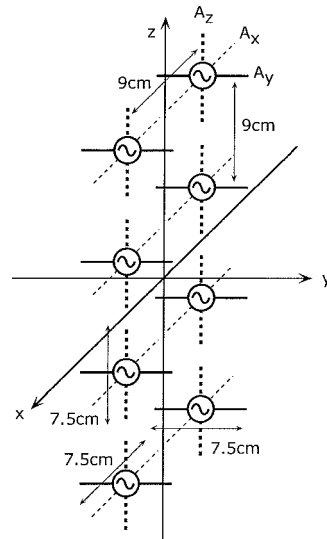
【図 10 A】



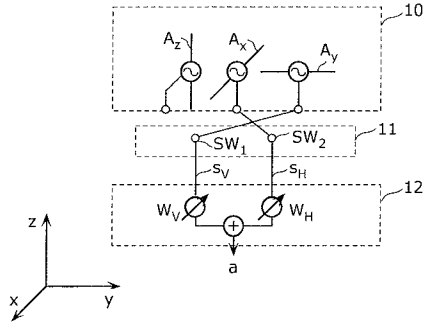
【図 10 B】



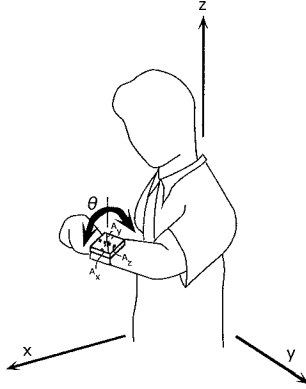
【図 11】



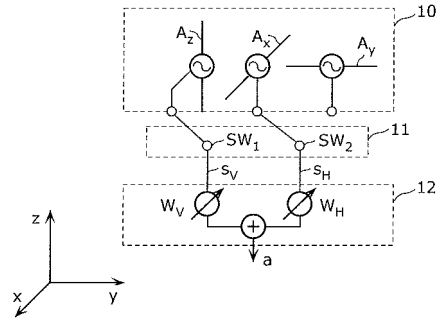
【図 1 2 A】



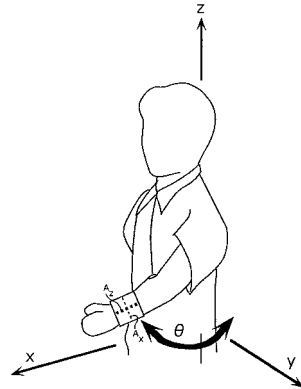
【図 1 2 B】



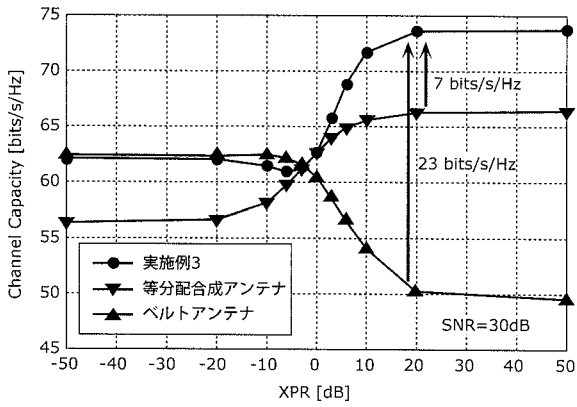
【図 1 3 A】



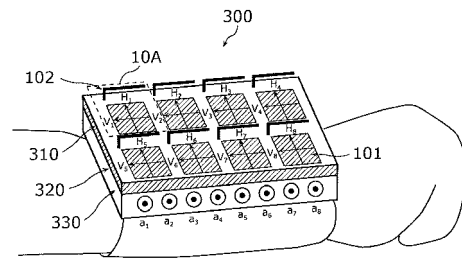
【図 1 3 B】



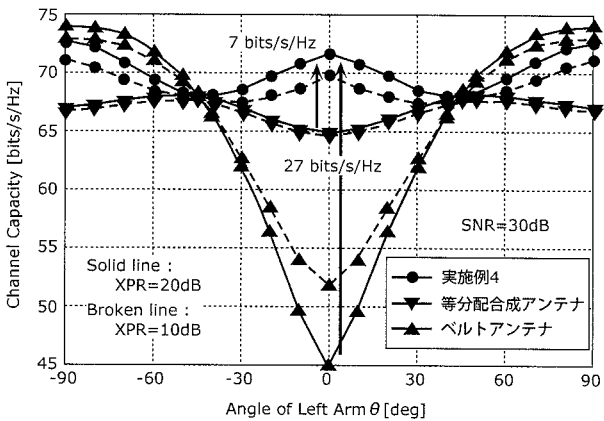
【図 1 4】



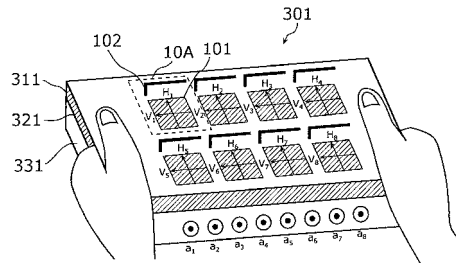
【図 1 6 A】



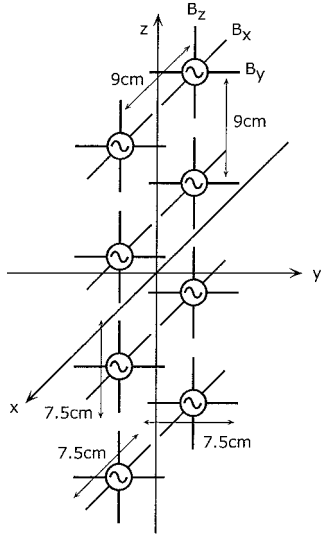
【図 1 5】



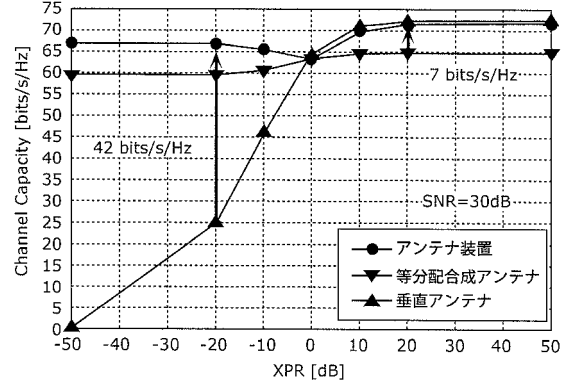
【図 1 6 B】



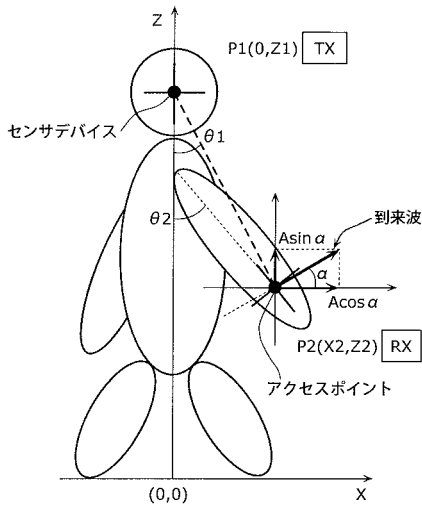
【図17】



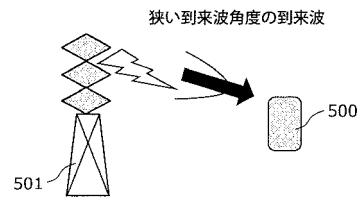
【図18】



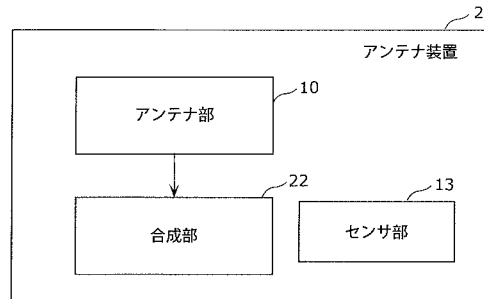
【図19】



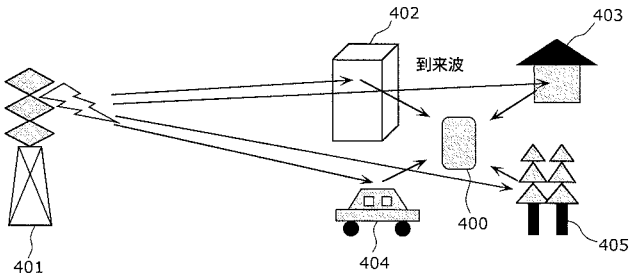
【図20B】



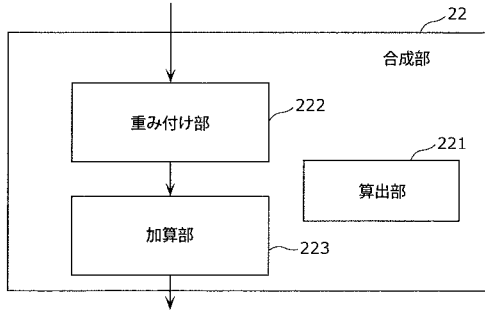
【図21】



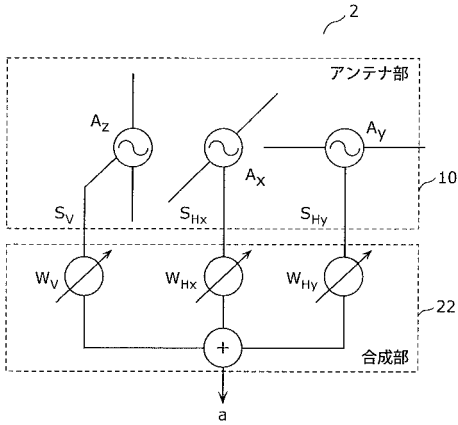
【図20A】



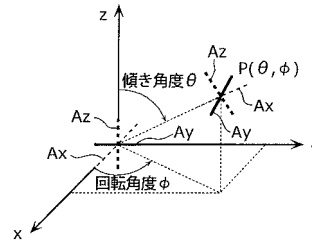
【 図 2 2 】



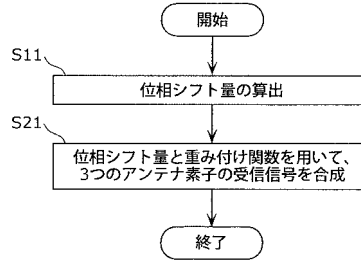
【 図 2 3 】



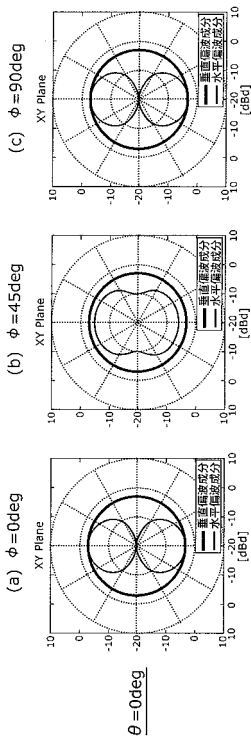
【 図 2 4 】



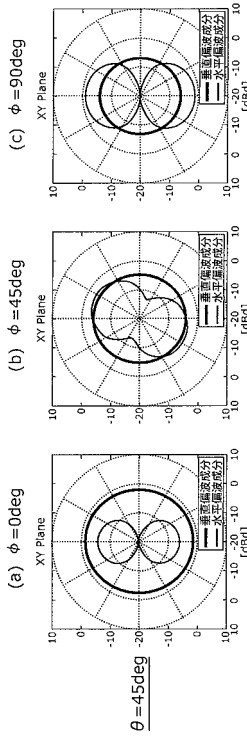
【 図 2 5 】



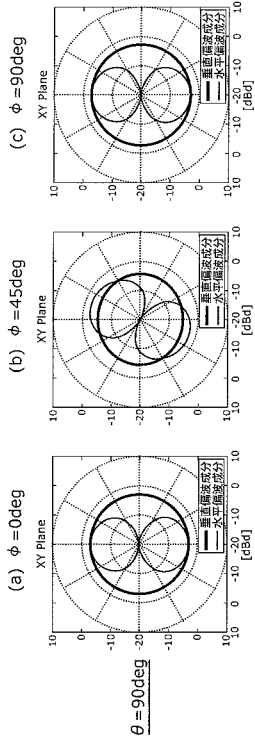
【 図 2 6 】



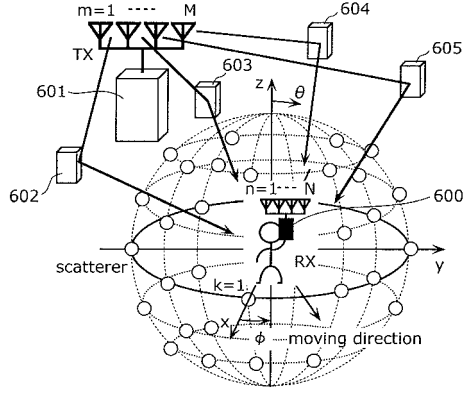
【 図 2 7 】



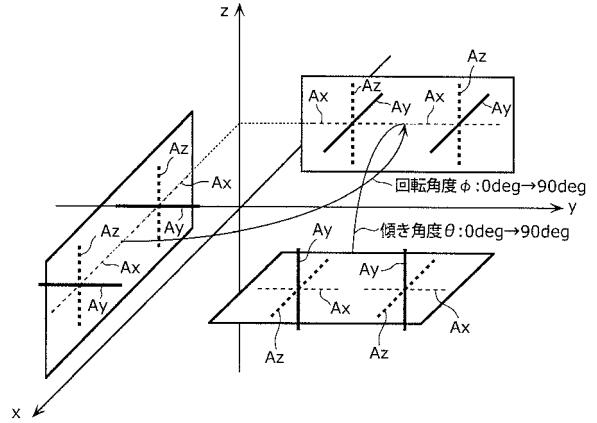
【 図 2 8 】



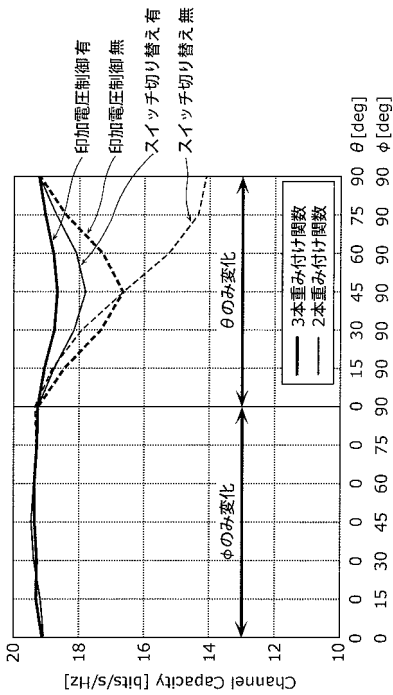
【 図 2 9 】



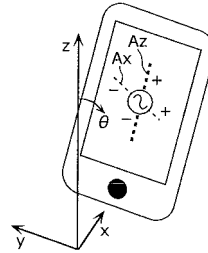
【 図 3 0 】



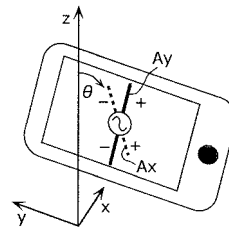
【 図 3 1 】



【 図 3 2 】

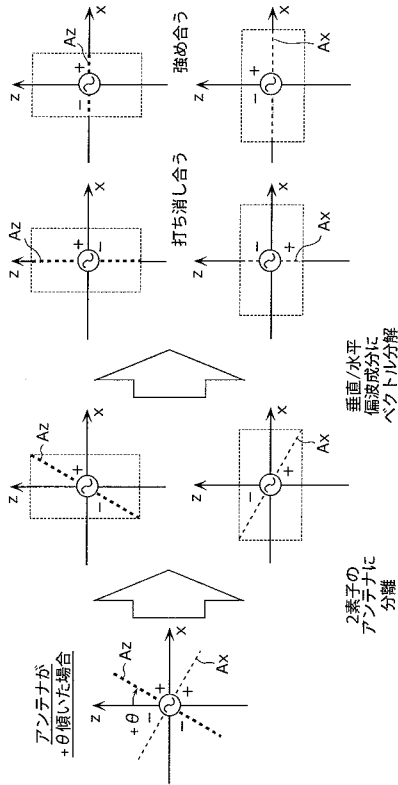


【 図 3 3 】

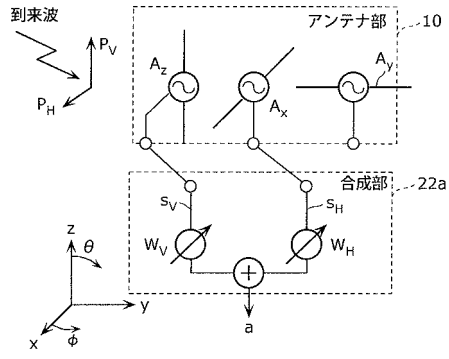




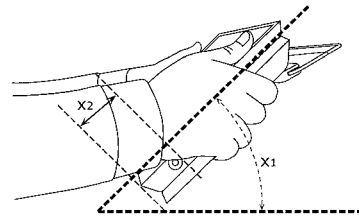
【 図 3 4 】



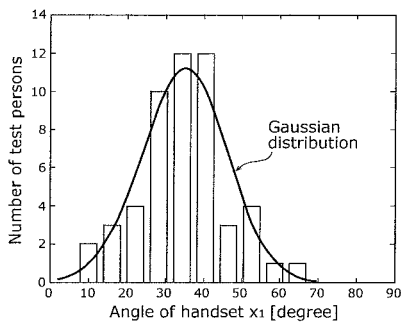
【 図 3 5 】



【 図 3 6 A 】



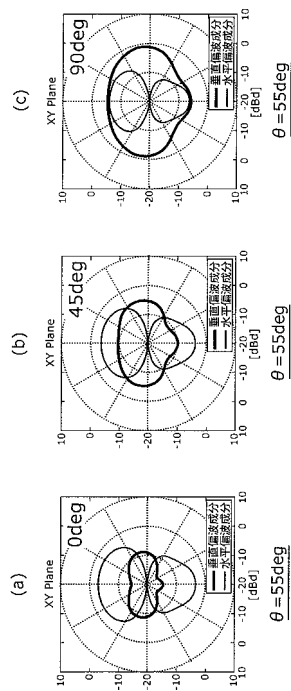
【 図 3 6 B 】



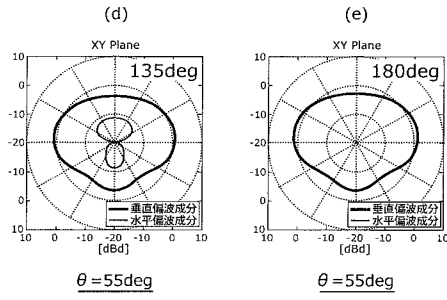
【 図 3 6 C 】

| Measured part                   | Min  | Max | $\mu$ | $\sigma$ |
|---------------------------------|------|-----|-------|----------|
| Angle of Handset $x_1$ [degree] | 12   | 67  | 35    | 11       |
| Hand Location $x_2$ [cm]        | -5.6 | 6.1 | -0.6  | 2.5      |

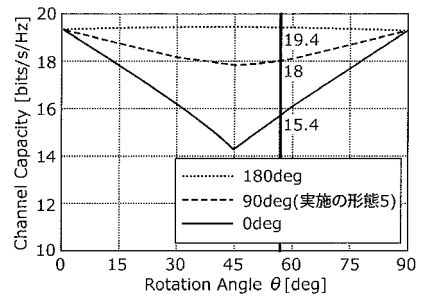
【 図 3 7 A 】



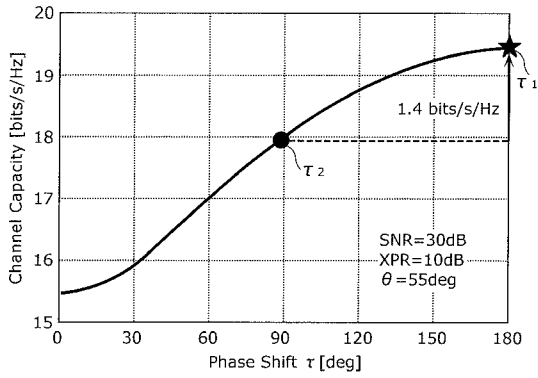
【 図 3 7 B 】



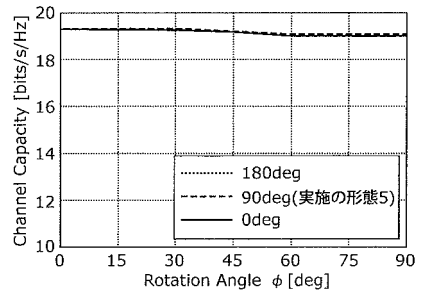
【 図 3 9 A 】



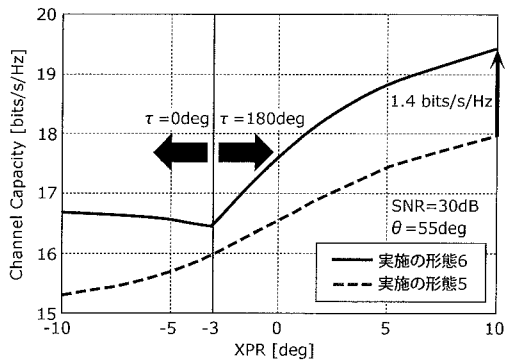
【 図 3 8 】



【 図 3 9 B 】



【 図 4 0 】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)  
**H 0 1 Q 3/24 (2006.01)** H 0 1 Q 3/24

特許法第30条第2項適用申請有り (発行所)IEEE、(刊行物名)URSI GASS 2014 Proceedings、(発行日)平成26年8月16日、において発表「2014 XXXIth URSI General Assembly and Scientific Symposium(URSI GASS)」において、平成26年8月19日に発表 (発行所)The Electromagnetics Academy、(刊行物名)PIERS 2014 Conference Proceedings、(発行日)平成26年8月25日、において発表「The 35th Progress In Electromagnetics Research Symposium(PIERS 2014)」において、平成26年8月27日に発表 (発行所)一般社団法人 電子情報通信学会、(刊行物名)電子情報通信学会2014年ソサイエティ大会講演論文集(DVD)、(発行日)平成26年9月9日、において発表 (発行所)一般社団法人 電子情報通信学会、(刊行物名)電子情報通信学会2014年ソサイエティ大会講演論文集(単行本)、(発行日)平成26年9月9日、において発表「電子情報通信学会2014年ソサイエティ大会」において、平成26年9月23日に発表 <http://www.ieice.org/ken/user/index.php?cmd=download&p=02GS&t=IEICE-MICT&l=b99d464864ab8939b4fc9517167c4e1419c294956d06a8d05ea9e731799baaf9>、'MICT2014-46'に、平成26年10月16日に掲載 (発行所)一般社団法人 電子情報通信学会、(刊行物名)電子情報通信学会技術研究報告、Vol.114、No.270、MICT2014-46、(発行日)平成26年10月16日、において発表「2014年度 第3回ヘルスケア・医療情報通信技術研究会」において、平成26年10月23日に発表 (発行所)IEEE、(刊行物名)Proceedings of ISAP 2014、(発行日)平成26年12月2日、において発表「19th International Symposium on Antennas and Propagation(ISAP 2014)」において、平成2

(出願人による申告)平成26年度、総務省、戦略的情報通信研究開発推進事業(SCOPE)、産業技術力強化法第19条の規定の適用を受ける特許出願

Fターム(参考) 5K067 AA02 AA13 BB04 BB21 CC24 EE02 EE10 FF16 HH22 HH23  
 KK03  
 5K159 CC03 CC04 CC05 CC09 DD32 EE02 GG13