

(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4日(04.06.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/079726 A1

- (51) 国際特許分類:
H04J 99/00 (2009.01) H04B 7/10 (2006.01)
H04B 7/06 (2006.01) H04J 11/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/063569
- (22) 国際出願日: 2014年5月22日(22.05.2014)
- (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 2013-247676 2013年11月29日(29.11.2013) 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: 式田 潤(SHIKIDA, Jun); 〒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). 石井 直人(ISHII, Naoto); 〒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: 宮崎 昭夫, 外(MIYAZAKI, Teruo et al.);
〒1050001 東京都港区虎ノ門2丁目10番1号
虎ノ門ツインビルディング西棟11階 Tokyo
(JP).

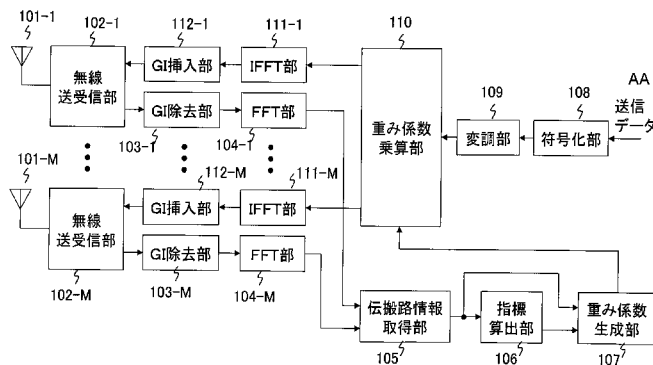
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, 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 AND RADIO COMMUNICATION METHOD

(54) 発明の名称: 無線通信装置および無線通信方法



102-1 to 102-M Radio transmission/reception units
103-1 to 103-M GI removal units
104-1 to 104-M FFT units
105 Propagation path information acquisition unit
106 Index calculation unit
107 Weighting factor generation unit
108 Encoding unit
109 Modulation unit
110 Weighting factor multiplication unit
111-1 to 111-M IFFT units
112-1 to 112-M GI insertion units
AA Transmission data

(57) Abstract: A radio communication apparatus, which has a plurality of antennas (101-1 to 101-M), comprises: a propagation path information acquisition unit (105) that acquires information related to a propagation path between the radio communication apparatus and another radio communication apparatus; an index calculation unit (106) that uses that information to calculate an index related to an angular expansion of the propagation path; a weighting factor generation unit (107) that uses that information and the index to generate weighting factors corresponding to the respective antennas; and a weighting factor multiplication unit (110) that multiplies signals to be processed by the respective antennas by the weighting factors corresponding to the respective antennas that process those signals.

(57) 要約: 複数のアンテナ101-1~101-Mを備えた無線通信装置は、他の無線通信装置との間の伝搬路に関する情報を取得する伝搬路情報取得部105と、その情報を用いて、伝搬路の角度広がりに関連する指標を算出する指標算出部106と、その情報および指標を用いて、各アンテナに対応する重み係数を生成する重み係数生成部107と、各アンテナで処理する信号に対して、その信号を処理するアンテナに対応する重み係数を乗算する重み係数乗算部110と、を有する

明 細 書

発明の名称：無線通信装置および無線通信方法

技術分野

[0001] 本発明は、無線通信システムで使用される無線通信装置およびその無線通信方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、無線周波数を有効利用するために、複数のアンテナを用いる無線伝送技術が検討されている。その1つとして、各アンテナで処理する信号の振幅と位相を調整することで、複数のアンテナ全体で形成される指向性を適応的に制御するアダプティブアレーアンテナ技術がある。振幅と位相の値を伝搬路の状態に基づいて設定すれば、伝搬路品質の良好な方向へ電力を集中的に放射でき、通信品質を改善することができる。この技術では、使用するアンテナ数が多いほど、指向性のビーム幅を狭めて特定方向に放射する電力の集中度合いを高めることができる。

[0003] 指向性の形成には伝搬路に関する情報が必要であるが、その情報を送信機で取得する方法は2通りある。送信機で伝搬路の状態を推定する方法と、受信機で伝搬路の状態を推定させて推定結果を送信機に報告させる方法である。どちらの方法を用いるにしても、伝搬路の状態の推定から推定結果に基づく指向性を用いた送信までの間に時間差がある。この時間差の間に伝搬路品質の良好な方向が変動すると、送信時に形成した指向性のメインローブ方向と伝搬路品質の良好な方向との間にずれが生じるので、理想的に送信時の伝搬路の状態に基づいて指向性を形成できた場合に比べて通信品質が劣化する。特に、指向性のビーム幅が狭い場合には、方向のずれがビーム幅に収まらなくて伝搬路品質の良好な方向に指向性のサイドローブやヌルが向きやすく、通信品質の劣化量が大きくなりやすい。対策として、伝搬路の状態の推定頻度を増やし、できるだけ最新の伝搬路に関する情報を利用する方法が考えられるが、演算量が増えるために好ましくない。

[0004] 伝搬路の状態の推定頻度を増やすことなく、伝搬路品質の良好な方向の変動による通信品質の劣化を抑えるため、特許文献1では、送受信機間でやり取りする信号の受信電力の変動度合いに基づいて使用するアンテナ数を制御する方法が検討されている。この方法では、受信電力の変動度合いが大きい場合には、伝搬路品質の良好な方向の変動が大きいと判断して、使用するアンテナ数を減らす。アンテナ数を減らすことで、特定方向への電力の集中度合いは落ちるが、指向性のビーム幅が広がるので、伝搬路品質の良好な方向の変動による通信品質の大きな劣化は避けられる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2008-278076号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、受信電力の変動が大きい場合に伝搬路品質の良好な方向の変動も大きいとは限らない。例えば、伝搬路の角度広がり小さい場合には、受信電力は大きく変動し得るが、伝搬路品質の良好な方向が変動する範囲は小さい。そのため、特許文献1に記載の方法では、伝搬路品質の良好な方向の変動を正確に見積もれず、理想的に送信時の伝搬路の状態に基づいて指向性を形成できた場合に対する通信品質の劣化量が大きい。

[0007] そこで、本発明の目的は、伝搬路品質の良好な方向の変動を精度良く見積もり、理想的に送信時の伝搬路の状態に基づいて指向性を形成できた場合に対する通信品質の劣化量を小さくできる無線通信装置およびその無線通信方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明による無線通信装置は、
複数のアンテナを備えた無線通信装置であって、
他の無線通信装置との間の伝搬路に関する情報を取得する伝搬路情報取得

部と、

前記情報を用いて、前記伝搬路の角度広がりに関連する指標を算出する指標算出部と、

前記情報および前記指標を用いて、前記複数のアンテナの各々に対応する重み係数を生成する重み係数生成部と、

前記複数のアンテナの各々で処理する信号に対して、当該信号を処理するアンテナに対応する前記重み係数を乗算する重み係数乗算部と、を有する。

[0009] 本発明による無線通信方法は、

複数のアンテナを備えた無線通信装置における無線通信方法であって、

他の無線通信装置との間の伝搬路に関する情報を取得し、

前記情報を用いて、前記伝搬路の角度広がりに関連する指標を算出し、

前記情報および前記指標を用いて、前記複数のアンテナの各々に対応する重み係数を生成し、

前記複数のアンテナの各々で処理する信号に対して、当該信号を処理するアンテナに対応する前記重み係数を乗算する。

発明の効果

[0010] 本発明によれば、伝搬路の状態が変動する通信状況下において、理想的に送信時の伝搬路の状態に基づいて指向性を形成できた場合に対する通信品質の劣化量を小さくできる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]本発明の第1の実施形態における無線通信システムを示す構成図である。

[図2]本発明の第1の実施形態における無線基地局の機能的な構成を示すブロック図である。

[図3]本発明の第1の実施形態における無線基地局の受信動作の一例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1の実施形態における無線基地局の送信動作の一例を説明するためのフローチャートである。

[図5]本発明の第1の実施形態における重み係数生成部の動作の一例を説明するためのフローチャートである。

[図6]本発明の第2の実施形態における無線通信システムを示す構成図である。

[図7]本発明の第2の実施形態における無線基地局の機能的な構成を示すブロック図である。

[図8]本発明の第2の実施形態における重み係数生成部の動作の一例を示すフローチャートである。

[図9]本発明の第4の実施形態における無線基地局のアンテナの構成を示す図である。

[図10]本発明の第4の実施形態における重み係数の設定例を説明するための図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら詳細に説明する。なお、以下の各実施形態で説明する無線通信システムは、OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 方式に対応するものとしているが、本発明は、他の通信方式に対応する無線通信システムにも適用可能である。

[0013] (1) 第1の実施形態

(1.1) 構成の説明

図1は、本発明の第1の実施形態における無線通信システムを示す構成図である。図1に示すように、本実施形態における無線通信システムは、無線基地局100と、無線端末200とを有する。

[0014] 無線基地局100と無線端末200は、それぞれアンテナ101-1～101-Mとアンテナ201-1～201-Nを備えるものとする。ここで、Mは2以上の整数、Nは1以上の整数であり、 $M \geq N$ を満たす。

[0015] 無線基地局100は、無線端末200との間の伝搬路の状態に応じて、無線端末200宛の信号を送信する際の、アンテナ101-1～101-Mに

より形成される指向性を制御する。

[0016] 図2は、本実施形態における無線基地局100の機能的な構成を示すブロック図である。図2に示すように、本実施形態における無線基地局100は、アンテナ101-1~101-Mと、無線送受信部102-1~102-Mと、ガードインターバル(GI: Guard Interval)除去部103-1~103-Mと、高速フーリエ変換(FFT: Fast Fourier Transform)部104-1~104-Mと、伝搬路情報取得部105と、指標算出部106と、重み係数生成部107と、符号化部108と、変調部109と、重み係数乗算部110と、逆高速フーリエ変換(IFFT: Inverse Fast Fourier Transform)部111-1~111-Mと、GI挿入部112-1~112-Mとを有する。

[0017] アンテナ101-1~101-Mの各々は、無線端末200が送信した無線周波数帯の信号を受信する。

[0018] 無線送受信部102-1~102-Mの各々は、アンテナ101-1~101-Mの各々と対応し、その対応するアンテナが受信した信号である受信信号をベースバンド帯の信号に変換する。

[0019] GI除去部103-1~103-Mの各々は、無線送受信部102-1~102-Mの各々と対応し、その対応する無線送受信部にてベースバンド帯の信号に変換された受信信号からGIを除去する。

[0020] FFT部104-1~104-Mの各々は、GI除去部103-1~103-Mの各々と対応し、その対応するGI除去部にてGIが除去された受信信号に対してFFTを行い、その受信信号を周波数領域の信号に変換する。

[0021] 伝搬路情報取得部105は、FFT部104-1~104-Mの各々にて周波数領域の信号に変換された複数の受信信号を用いて、無線基地局100と他の無線通信装置である無線端末200との間の伝搬路に関する情報である伝搬路情報を取得する。伝搬路情報は、例えば、無線基地局100のアンテナ101-1~101-Mの各々と無線端末200のアンテナ201-1

～201-Nの各々の間の伝搬路の周波数応答である。

[0022] 伝搬路情報を取得する方法としては、無線基地局100が伝搬路の状態を推定する第1の方法と、無線端末200が推定した伝搬路の状態を無線基地局100が受け取る第2の方法とがある。伝搬路情報の取得に要する演算量や伝搬路情報の精度などを考慮して適当な方法が用いられる。

[0023] 指標算出部106は、伝搬路情報取得部105が取得した伝搬路情報を用いて、伝搬路の角度広がりに関連する指標を算出する。指標は、伝搬路の角度広がり自体ではなく、伝搬路の角度広がり自体よりも少ない演算量で算出できる値であるとする。なお、指標のより詳細な説明は後述する。

[0024] 重み係数生成部107は、伝搬路情報取得部105が取得した伝搬路情報と、指標算出部106が算出した指標とを用いて、アンテナ101-1～101-Mの各々に対応する重み係数を生成する。重み係数の生成方法に関する詳細な説明は後述する。

[0025] 符号化部108は、無線端末200宛の送信データを符号化する。なお、符号化方式は特に限定されない。

[0026] 変調部109は、符号化部108にて符号化された送信データを変調する。なお、変調方式は、位相変調（PSK：Phase Shift Keying）や直交振幅変調（QAM：Quadrature Amplitude Modulation）などのデジタル変調方式であるとする。

[0027] 重み係数乗算部110は、変調部109にて生成された変調信号を複製してアンテナ101-1～101-Mの各々で処理する信号を生成した後、その信号の各々に対して重み係数生成部107にて生成されたアンテナ101-1～101-Mの各々に対応する重み係数を乗算する。

[0028] IFFT部111-1～111-Mの各々は、アンテナ101-1～101-Mの各々に対応し、重み係数乗算部110にて重み係数が乗算された送信信号のうち、その対応したアンテナで処理する送信信号に対してIFFTを行う。

[0029] GI挿入部112-1～112-Mの各々は、IFFT部111-1～1

11-Mの各々に対応し、その対応したIFFT部にてIFFTが行われた送信信号にGIを挿入する。

[0030] 無線送受信部102-1~102-Mは、GI挿入部112-1~112-Mの各々に対応し、その対応したGI挿入部にてGIが挿入された送信信号を無線周波数帯の信号に変換する。

[0031] アンテナ101-1~101-Mの各々は、自身と対応する無線送受信部にて無線周波数帯の信号に変換された送信信号を送信する。

[0032] (1. 2) 動作の説明

図3は、無線基地局100における受信動作の一例を説明するためのフローチャートである。

[0033] 先ず、無線基地局100のアンテナ101-1~101-Mの各々は、無線端末200のアンテナ201-1~201-Nの各々から送信された無線周波数帯の信号を受信し、その信号を受信信号として自身と対応する無線送受信部に出力する（ステップS301）。

[0034] 無線送受信部102-1~102-Mの各々は、自身と対応するアンテナから受信信号を受け付け、その受信信号をベースバンド帯の信号に変換して、自身と対応するGI除去部に出力する（ステップS302）。

[0035] GI除去部103-1~103-Mの各々は、自身と対応する無線送受信部から受信信号を受け付け、その受信信号からGIを除去し、そのGIを除去した受信信号を、自身と対応するFFT部に出力する（ステップS303）。

[0036] FFT部104-1~104-Mの各々は、自身と対応するGI除去部から受信信号を受け付け、その受信信号に対してFFTを行い、そのFFTを行った受信信号を伝搬路情報取得部105に出力する（ステップS304）。

[0037] 伝搬路情報取得部105は、FFT部104-1~104-Mの各々から受信信号を受け付け、その受信信号を用いて伝搬路情報を取得する。そして、伝搬路情報取得部105は、取得した伝搬路情報を指標算出部106およ

び重み係数生成部 107 に出力する（ステップ S305）。

[0038] 指標算出部 106 は、伝搬路情報取得部 105 から伝搬路情報を受け付け、その伝搬路情報を用いて、指標を算出する。そして、指標算出部 106 は、算出した指標を重み係数生成部 107 に出力する（ステップ S306）。

[0039] 重み係数生成部 107 は、伝搬路情報取得部 105 から伝搬路情報を受け付け、指標算出部 106 から指標を受け付ける。そして、重み係数生成部 107 は、受け付けた伝搬路情報および指標を用いて、アンテナ 101-1 ~ 101-M の各々に対応する複数の重み係数を生成し、その複数の重み係数を重み係数乗算部 110 に出力し（ステップ S307）、受信動作を終了する。

[0040] 図 4 は、無線基地局 100 における送信動作の一例を説明するためのフローチャートである。

[0041] 先ず、符号化部 108 は、無線端末 200 宛の送信データを受け付け、その送信データを符号化して変調部 109 に出力する（ステップ S401）。

[0042] 変調部 109 は、符号化部 108 から送信データを受け付け、その送信データを変調して重み係数乗算部 110 に出力する（ステップ S402）。

[0043] 重み係数乗算部 110 は、変調部 109 から変調信号を受け付け、図 3 のステップ S307 で重み係数生成部 107 から出力された重み係数を受け付ける。重み係数乗算部 110 は、変調信号を複製してアンテナ 101-1 ~ 101-M の各々で処理する送信信号を生成し、その送信信号の各々に対して、その送信信号を処理するアンテナに対応する重み係数を乗算する。そして、重み係数乗算部 110 は、重み係数を乗算した送信信号の各々を、その送信信号を処理するアンテナに対応する IFFT 部に出力する（ステップ S403）。

[0044] IFFT 部 111-1 ~ 111-M の各々は、重み係数乗算部 110 から送信信号を受け付け、その送信信号に対して IFFT を行い、その IFFT を行った送信信号を、自身と対応する GI 挿入部に出力する（ステップ S404）。

[0045] G I 挿入部 1 1 2 - 1 ~ 1 1 2 - M の各々は、自身と対応する I F F T 部 1 1 1 - 1 ~ 1 1 1 - M から送信信号を受け付け、その送信信号に G I を挿入し、その G I を挿入した送信信号を、自身と対応する無線送受信部に出力する（ステップ S 4 0 5）。

[0046] 無線送受信部 1 0 2 - 1 ~ 1 0 2 - M は、自身と対応する G I 挿入部 1 1 2 - 1 ~ 1 1 2 - M から送信信号を受け付け、その送信信号を無線周波数帯の信号に変換し、その無線周波数帯の信号を、自身と対応するアンテナに出力する（ステップ S 4 0 6）。

[0047] アンテナ 1 0 1 - 1 ~ 1 0 1 - M の各々は、自身と対応する無線送受信部 1 0 2 - 1 ~ 1 0 2 - M から無線周波数帯の信号を受け付け、その信号を送信し（ステップ S 4 0 7）、送信処理を終了する。

[0048] (1. 3) 指標の算出

以下では、指標算出部 1 0 6 が算出する伝搬路の角度広がりに関連する指標の具体例を説明する。なお、以下の各例では、伝搬路の角度広がりが大きいほど、指標も大きくなる。

[0049] 第 1 の例では、指標算出部 1 0 6 は、伝搬路情報を用いて無線基地局 1 0 0 の任意のアンテナ 1 0 1 - 1 ~ 1 0 1 - M 間の相関を求め、その相関に基づいて指標を算出する。具体的には、無線基地局 1 0 0 のアンテナ 1 0 1 - m と無線端末 2 0 0 のアンテナ 2 0 1 - n 間の伝搬路の周波数応答を $h_{n,m}$ とすると、指標算出部 1 0 6 は、次の式 (1) から指標 ρ を算出する。

[0050] [数1]

$$\rho = 1 - \frac{1}{(M - \Delta m)} \sum_{m=1}^{M - \Delta m} \frac{\left| \sum_{n=1}^N h_{n,m}^* h_{n,m+\Delta m} \right|}{\sqrt{\sum_{n=1}^N |h_{n,m}|^2} \cdot \sqrt{\sum_{n=1}^N |h_{n,m+\Delta m}|^2}} \quad (1)$$

[0051] ここで、 Δm は、予め定められた 1 以上 M 未満の整数である。また、式 (1) の右辺の第二項は、無線基地局 1 0 0 のアンテナ 1 0 1 - 1 ~ 1 0 1 - M のうち、 Δm 本離れたアンテナ間の相関に相当する。なお、式 (1) で算

出される指標 ρ は、0 以上 1 以下となる。

[0052] 第 2 の例では、指標算出部 106 は、伝搬路情報に基づいて無線基地局 100 のアンテナ 101-1 ~ 101-M と無線端末 200 のアンテナ 201-1 ~ 201-N 間の伝搬路の周波数応答を成分とする行列を構築し、その行列とその行列のエルミート転置との積の固有値を求め、その固有値に基づいて指標を算出する。具体的には、 n 行 m 列の要素が周波数応答 $h_{n,m}$ である $N \times M'$ 行列を H とすると、指標算出部 106 は、行列 H と行列 H のエルミート転置との積の固有値 λ_i ($1 \leq i \leq N$) を用いて、次の式 (2) から指標 ρ を算出する。

[0053] [数2]

$$\rho = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \quad (2)$$

[0054] なお、固有値 λ_i は、 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_N$ を満たす。また、式 (2) による指標は、 N が 2 以上の場合にのみ算出することができる。ここで、 M' は、指向性の形成に寄与するアンテナの数に相当し、2 以上 M 以下の整数である。また、 M' の値は 1 つに限定する必要はなく、指標算出部 106 は、複数の M' の各々に対応する複数の指標を算出してもよい。

[0055] また、行列 H の要素は、上述の例では無線基地局 100 のアンテナ 101-1 ~ 101- M' に対応する周波数応答であったが、連続して並ぶ M' 本のアンテナに対応する周波数応答であればよい。また、式 (2) で算出される指標は、0 以上 1 以下となる。

[0056] 第 3 の例では、指標算出部 106 は、伝搬路情報に基づいて無線端末 200 のアンテナ 201-1 ~ 201-N ごとに無線基地局 100 のアンテナ 101-1 ~ 101-M との間の伝搬路の周波数応答を要素とするベクトルを求め、各ベクトル間の成す角に基づいて指標を算出する。具体的には、指標算出部 106 は、第 m 要素が周波数応答 $h_{n,m}$ である M' 次元ベクトルを h_n とすると、次の式 (3) から指標 ρ を算出する。

[0057] [数3]

$$\rho = \frac{\sum_{n=1}^N \left(1 - \frac{|\mathbf{h}_n^H \mathbf{h}_{n'}|}{\|\mathbf{h}_n\| \cdot \|\mathbf{h}_{n'}\|} \right) \|\mathbf{h}_n\|^2}{\sum_{n=1}^N \|\mathbf{h}_n\|^2} \quad (3)$$

[0058] ただし、式3において、下付き添え字 n' は、

[0059] [数4]

$$n' = \arg \max_n \|\mathbf{h}_n\|^2 \quad (4)$$

[0060] である。

[0061] 式(3)から算出される指標では、式(2)から算出される指標と同様に、 M' は、指向性の形成に寄与するアンテナの数に相当し、2以上 M 以下の整数である。また、 M' の値は、1つに限定する必要はなく、指標算出部106は、複数の M' の各々に対応する指標を算出してもよい。

[0062] なお、ベクトル $\mathbf{h}_n$ の要素は、上述の例では無線基地局100のアンテナ101-1～101- M' に対応する周波数応答であったが、連続して並ぶ M' 本のアンテナに対応する周波数応答であればよい。また、式(3)で算出される指標は、0以上1未満となる。

[0063] 以上説明した第1～第3の例では、指標は、ある時刻に取得した伝搬路情報、つまり瞬時的な伝搬路の状態に基づいて算出されている。しかしながら、伝搬路の状態が激しく変動する場合には、瞬時的な伝搬路の状態に基づく指標よりも、時間的に平均化された指標から重み係数を生成する方が適切であると考えられる。

[0064] 例えば、時刻 i における瞬間的な指標を ρ_i とし、忘却係数を α ($0 \leq \alpha < 1$) とすると、指標算出部106は、時刻 i における指標

[0065] [数5]

$$\bar{\rho}_i$$

[0066] を、次の式（５）から算出する。

[0067] [数6]

$$\bar{\rho}_i = (1 - \alpha)\rho_i + \alpha\bar{\rho}_{i-1} \quad (5)$$

[0068] なお、式（５）による指標の算出に必要な過去の情報は、前回算出された指標だけであるため、過去の伝搬路の周波数応答を記憶しておく必要はない。

[0069] また、以上説明した指標は、伝搬路の周波数応答を取得できるサブキャリアで算出できる。このため、複数のサブキャリアに対して伝搬路の角度広がりに関連する指標を算出できる場合には、指標算出部１０６は、複数のサブキャリアに対する指標の平均値や最大値などを指標として算出してもよい。

[0070] （１．４）重み係数の生成

図５は、重み係数生成部１０７の動作の具体例を説明するためのフローチャートである。

[0071] 重み係数生成部１０７は、先ず、指標算出部１０６にて算出された指標を用いて、重み係数を０とするアンテナの数 $M^{(0)}$ を決定する（ステップＳ５０１）。このとき、重み係数生成部１０７は、伝搬路の角度広がりが多いほど、 $M^{(0)}$ の値を大きくする。

[0072] 続いて、重み係数生成部１０７は、伝搬路情報取得部１０５にて取得された伝搬路情報と、ステップＳ５０１で決定した、重み係数を０とするアンテナの数 $M^{(0)}$ とに基づいて、重み係数を０とするアンテナの要素を除いた伝搬路行列を構築する（ステップＳ５０２）。このとき、重み係数生成部１０７は、重み係数を０とするアンテナを除いた（ $M - M^{(0)}$ ）本のアンテナの要素が連続して並ぶように伝搬路行列を構築する。

[0073] そして、重み係数生成部１０７は、ステップＳ５０２で構築した伝搬路行列を用いて、無線端末２００宛の信号を送信する際に用いる重み係数を生成し（ステップＳ５０３）、処理を終了する。

[0074] 次にステップＳ５０１およびＳ５０３の処理について詳細に説明する。

[0075] 先ず、ステップS501における、重み係数を0とするアンテナの数 $M^{(0)}$ を決定する方法の具体例を示す。

[0076] 第1の例では、重み係数生成部107は、1つの指標を用いて、重み係数を0とするアンテナの数 $M^{(0)}$ を決定する。具体的には、指標を ρ 、 $M^{(0)}$ の最大値を $M^{(0)}_{\max}$ とした場合、重み係数生成部107は、 $M^{(0)}$ を次の式(6)から決定する。なお、 $M^{(0)}_{\max}$ は予め定められているとする。

[0077] [数7]

$$M^{(0)} = \lfloor M^{(0)}_{\max} \rho \rfloor \quad (6)$$

[0078] ただし、式(6)において、

[0079] [数8]

$$\lfloor x \rfloor$$

[0080] は、 x 以下の整数のうち、最大の整数を示す。

[0081] 第2の例では、重み係数生成部107は、複数の指標を用いて、重み係数を0とするアンテナの数 $M^{(0)}$ を決定する。ここで、複数の指標とは、式(2)または(3)を使用して、指向性の形成に寄与するアンテナの数ごとに算出される複数の指標を意味する。また、指向性の形成に寄与するアンテナの数が $(M - m^{(0)})$ である場合の指標を

[0082] [数9]

$$\rho_{M-m^{(0)}}$$

[0083] とし、しきい値を ρ_{th} とした場合、重み係数生成部107は、 $m^{(0)}$ を0から $M-2$ まで変えたときに次の式(7)を満足する最小の $m^{(0)}$ を、重み係数を0とするアンテナの数 $M^{(0)}$ として決定する。

[0084] [数10]

$$\rho_{M-m^{(0)}} < \rho_{th} \quad (7)$$

[0085] 重み係数を0とするアンテナの数 $M^{(0)}$ が大きいと、形成される指向性のビーム幅は広がり、送信信号の電力を特定の方向に集中する度合いは小さくなる。そのため、重み係数生成部107は、無線端末200における受信信号電力が小さくなり過ぎないように、伝搬路情報に応じて $M^{(0)}$ を制限することが望ましい。例えば、重み係数生成部107は、 $m^{(0)}$ を0から $M-2$ まで変えたときに次の式(8)を満足する最大の $m^{(0)}$ を、重み係数を0とするアンテナの数 $M^{(0)}$ の上限として決定する。

[0086] [数11]

$$\frac{M - m^{(0)}}{M} \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M |h_{n,m}|^2 > \beta \quad (8)$$

[0087] なお、式(8)において、 $h_{n,m}$ は無線基地局100のアンテナ101-mと無線端末200のアンテナ201-n間の伝搬路の周波数応答であり、 β は予め定められたしきい値である。

[0088] 次にステップS503における、重み係数を生成する方法の一例について説明する。ただし、以下では、説明の簡単化のために、重み係数を0とするアンテナは、アンテナ101-($M - M^{(0)} + 1$) ~ 101-Mであり、ステップS502で構築された $N \times (M - M^{(0)})$ 行列Hのn行m列の要素は $h_{n,m}$ であるものとする。

[0089] 第1の例では、重み係数生成部107は、先ず、行列Hを次の式(9)のように特異値分解する。

[0090] [数12]

$$\mathbf{H} = \mathbf{U} \mathbf{\Sigma} \mathbf{V}^H \quad (9)$$

[0091] ただし、 $\mathbf{U}$ は、行列Hの左特異ベクトルを列ベクトルとして持つN次元ユニタリ行列であり、 $\mathbf{\Sigma}$ は、対角要素がHの特異値、かつ、非対角要素が零である $N \times (M - M^{(0)})$ 行列であり、 $\mathbf{V}$ は、行列Hの右特異ベクトルを列ベクトルとして持つ $(M - M^{(0)})$ 次元ユニタリ行列である。

[0092] そして、重み係数生成部107は、各アンテナに対応する重み係数を要素

に持つM次元重み係数ベクトル $\mathbf{w}$ を、最大の特異値に対応する右特異ベクトル $\mathbf{v}_1$ を用いて、次の式（10）のように求める。

[0093] [数13]

$$\mathbf{w} = \begin{pmatrix} \mathbf{v}_1 \\ \mathbf{0}_{M^{(0)}} \end{pmatrix} \quad (10)$$

[0094] ただし、

[0095] [数14]

$$\mathbf{0}_{M^{(0)}}$$

[0096] は、 $M^{(0)}$ 次元の零ベクトルである。なお、右特異ベクトル $\mathbf{v}_1$ は、行列 $\mathbf{H}^H$ と行列 $\mathbf{H}$ の積の固有値分解からも導出できる。

[0097] 第2の例では、行列 $\mathbf{H}$ が次の式（11）のように

[0098] [数15]

$$\mathbf{H}^T = (\mathbf{h}_1 \ \cdots \ \mathbf{h}_N) \quad (11)$$

[0099] と表されるとき、重み係数生成部107は、ベクトル $\mathbf{h}_n$ （ $1 \leq n \leq N$ ）の中でノルムが最大となるベクトル $\mathbf{h}_{n'}$ を用いて、重み係数ベクトル $\mathbf{w}$ を、次の式（12）から求める。

[0100] [数16]

$$\mathbf{w} = \begin{pmatrix} \frac{\mathbf{h}_{n'}^*}{\|\mathbf{h}_{n'}\|} \\ \mathbf{0}_{M^{(0)}} \end{pmatrix} \quad (12)$$

[0101] （1.4）効果

以上説明したように本実施形態によれば、伝搬路の角度広がりに関連する指標に基づいて、無線基地局100の各アンテナ101-1～101-Mに対応する重み係数が生成される。このため、伝搬路品質の良好な方向の変動を精度良く見積もって指向性を形成でき、理想的な指向性を形成した場合に

対する通信品質の劣化量を小さくできる。

[0102] また、本実施形態では、無線基地局100のアンテナ101-1~101-M間の相関に基づいて、指標が算出されるので、伝搬路品質の良好な方向の変動を精度良く見積もることができる。

[0103] また、本実施形態では、無線基地局100と無線端末200間の伝搬路の周波数応答を成分とする行列と当該行列のエルミート転置との積の固有値に基づいて、指標が算出されるので、伝搬路品質の良好な方向の変動を精度良く見積もることができる。

[0104] また、本実施形態では、無線端末200のアンテナ201-1~201-Nごとに構築される、無線基地局100のアンテナ101-1~101-Mとの間の伝搬路の周波数応答を要素とするベクトル間の成す角に基づいて、指標が算出されるので、伝搬路品質の良好な方向の変動を精度良く見積もることができる。

[0105] また、本実施形態では、指標として、時間的に平均化された伝搬路の角度広がりに関連する指標、または、周波数的に平均化された伝搬路の角度広がりに関連する指標が算出されるので、伝搬路品質の良好な方向の変動をより精度良く見積もることができる。

[0106] また、本実施形態では、指標に基づいて、無線基地局100のアンテナ101-1~101-Mにより形成される指向性のビーム幅が調整されるので、理想的な指向性を形成した場合に対する通信品質の劣化量を小さくできる。

[0107] また、本実施形態では、指標に応じた数だけ重み係数が0に設定され、無線基地局100のアンテナ101-1~101-Mにより形成される指向性のビーム幅が調整されるので、容易にビーム幅を調整することができる。

[0108] また、本実施形態では、伝搬路の角度広がりが大きいほど、多くの重み係数が0に設定されるので、伝搬路品質の良好な方向の変動に適したビーム幅に調整することができる。

[0109] また、本実施形態では、伝搬路情報に基づいて、0に設定する重み係数の

数の上限が決定されるので、無線端末200における受信信号電力が小さくなり過ぎることを抑制することができる。

[0110] (2) 第2の実施形態

本発明の第2実施形態では、複数のデータブロックを空間多重伝送する無線通信システムについて説明する。

[0111] (2. 1) 構成の説明

図6は、本発明の第2の実施形態における無線通信システムを示す構成図である。なお、図6において、図1と同様の構成には同じ符号を付し、その説明を省略する。

[0112] 図6に示す本実施形態における無線通信システムは、図1に示した第1の実施形態における無線通信システムと比較して、無線基地局100の代わりに無線基地局600を有し、無線端末200が複数存在する点で異なる。なお、図6では、無線端末200はK個あり、そのK個の無線端末200をそれぞれ無線端末200-1～200-Kと称している。

[0113] 図7は、本実施形態における無線基地局600の機能的な構成を示すブロック図である。なお、図7において、図2と同様の構成には同じ符号を付し、その説明を省略する。

[0114] 図7に示す無線基地局600は、図2に示した第1の実施形態における無線基地局100と比較して、重み係数生成部107の代わりに重み係数生成部601を備え、データブロック構築部602を新たに備え、符号化部108および変調部109の各々を複数備え、重み係数乗算部110の代わりに重み係数乗算部603を備える点で異なる。なお、図7では、符号化部108および変調部109はそれぞれQ個あり、そのQ個の符号化部108および変調部109をそれぞれ符号化部108-1～108-Qおよび変調部109-1～109-Qと称する。

[0115] 重み係数生成部601は、指標算出部106で算出された指標に基づいて、空間多重伝送するデータブロックの数Lを決定する。ただし、LはQ以下である。

- [0116] データブロック構築部602は、無線端末200-1~200-Kに対する複数の送信データから、重み係数生成部601で決定したL個のデータブロックを構築する。
- [0117] 符号化部108-1~108-Qの内のL個の符号化部108-1~108-Lは、それぞれデータブロック構築部602にて構築された各データブロックを符号化する。
- [0118] 変調部109-1~109-Qの各々は、符号化部108-1~108-Qの各々に対応し、変調部109-1~109-Qの内のL個の変調部109-1~109-Lは、その対応する符号化部にて符号化されたデータブロックを変調する。
- [0119] 重み係数乗算部603は、変調部109-1~109-Lで生成された各データブロックに対応する変調信号をそれぞれアンテナの数Mだけ複製し、その(L×M)個の変調信号に対して重み係数生成部107にて生成された重み係数を乗算する。そして、重み係数乗算部603は、アンテナ101-1~101-Mの各々について、対応するL個の重み係数乗算後の変調信号を足し合わせる。
- [0120] (2. 2) 空間多重伝送するデータブロックの決定と重み係数の生成
図8は、重み係数生成部601の動作の一例を説明するためのフローチャートである。
- [0121] 図8に示すように、まず、重み係数生成部601は、伝搬路情報や、無線端末200-1~200-Kの各々に無線リソースを割り当てた頻度などに基づいて、無線端末200-1~200-Kに優先順位を付ける(ステップS801)。ここでは、重み係数生成部601は、無線端末200-1~200-Kの各々に対して、優先的にデータを送信する順番に優先順位として端末番号を付けるとする。
- [0122] 続いて、重み係数生成部601は、端末番号kとして最も優先順位の高い初期値1を設定し、空間多重伝送するデータブロックの数Lとして初期値0を設定する(ステップS802)。

[0123] その後、重み係数生成部 601 は、指標算出部 106 で算出された指標に基づいて、端末番号 k の無線端末宛の信号を送信する際に、重み係数を 0 とするアンテナの数 $M^{(0)}(k)$ を決定する（ステップ S803）。 $M^{(0)}(k)$ の決定方法には、第 1 の実施形態の重み係数を 0 とするアンテナの数 $M^{(0)}$ の決定方法と同様な方法を用いることができる。

[0124] そして、重み係数生成部 601 は、伝搬路情報取得部 105 で取得された伝搬路情報とステップ S803 で決定した、重み係数を 0 とするアンテナの数 $M^{(0)}(k)$ とを用いて、端末番号 k の無線端末宛の信号を送信する際の、データブロック数 $L(k)$ を決定する（ステップ S804）。例えば、データブロック数の最大値を $L_{\max}$ とすると、重み係数生成部 601 は、 $L(k)$ を次の式 (13) から求める。

[0125] [数17]

$$L(k) = \min \left(N, L_{\max} - L, \left\lfloor \frac{M}{M - M^{(0)}(k)} \right\rfloor \right) \quad (13)$$

[0126] なお、データブロック数 $L(k)$ が大きいほど、1 データブロック当たりの送信電力は小さくなり、受信電力が減少するので、重み係数生成部 601 は、伝搬路品質に基づいてデータブロック数を制限してもよい。また、データブロック数の最大値 $L_{\max}$ は、例えば変調部 109 や符号化部 108 の数 Q である。

[0127] 次に、重み係数生成部 601 は、重み係数を 0 とするアンテナの成分を除いた伝搬路行列を構築する（ステップ S805）。このとき、重み係数生成部 601 は、重み係数を 0 とするアンテナを除いた $(M - M^{(0)}(k))$ 本のアンテナの要素が連続して並び、かつ、 $L(k)$ 個のデータブロック間で重複しないように伝搬路行列を構築する。

[0128] 続いて、重み係数生成部 601 は、ステップ S805 で構築した伝搬路行列を用いて、端末番号 k の無線端末に各データブロックを送信する際に用いる M 次元重み係数ベクトル $w(k, j)$ ($1 \leq j \leq L(k)$) を生成する（

ステップS806)。例えば、重み係数生成部601は、第1実施形態と同様に、伝搬路行列の特異値分解から得られる右特異ベクトルを用いて、M次元重み係数ベクトル $w(k, j)$ を生成する。

[0129] そして、重み係数生成部601は、伝搬路情報と重み係数ベクトルとを用いて、端末番号 k の無線端末宛の信号を空間多重伝送すると仮定した場合に、所定の条件が満足されるか否かを判断する（ステップS807）。所定の条件は、例えば、既に空間多重伝送することが決定しているデータブロックと端末番号 k の無線端末宛のデータブロックの各々に対応する通信品質が予め定められたしきい値を上回ることである。具体的には、既に空間多重伝送することが決定しているデータブロックに対応する無線端末の端末番号と端末番号 k とをまとめて i とし、端末番号 i' の無線端末のデータブロック j' に対する通信品質を $\gamma(i', j')$ とし、しきい値を γ_{th} とし、 n 行 m 列の要素が無線基地局600のアンテナ101- m と無線端末200- i' のアンテナ201- n 間の周波数応答である $N \times M$ 行列を $H_{i'}$ とし、雑音電力を N_0 とすると、所定の条件は次の式(14)のように表せる。

[0130] [数18]

$$\gamma(i', j') = \frac{\|H_{i'} w(i', j')\|^2}{\sum_{i \neq i'} \sum_{j=1}^{L(i)} \|H_i w(i, j)\|^2 + N_0 \sum_i L(i)} > \gamma_{th} \quad (14)$$

[0131] 所定の条件が満たされる場合（ステップS807でYESの場合）、重み係数生成部601は、端末番号 k の無線端末宛のデータブロックを空間多重伝送することに決定し、データブロック数 L に $L(k)$ を加算し（ステップS808）、その後、端末番号 k またはデータブロック数 L が最大値か否かを判断する（ステップS809）。

[0132] 一方、所定の条件が満たされない場合（ステップS807でNOの場合）、重み係数生成部601は、ステップS808の処理を行わずに、ステップS809を行う。

[0133] 端末番号 k およびデータブロック数 L が最大値でない場合（ステップS8

０９でＮＯの場合）、重み係数生成部６０１は、端末番号に１を加算して（ステップＳ８１０）、ステップＳ８０３の処理に戻る。

- [0134] 一方、端末番号ｋまたはデータブロック数Ｌが最大値の場合（ステップＳ８０９でＹＥＳの場合）、
重み係数生成部６０１は、処理を終了する。

[0135] （２．３）効果

以上説明したように、本実施形態によれば、指標に応じて複数のデータブロックが空間多重伝送されるので、第１の実施形態の効果に加えて、通信速度を向上することができる。

[0136] （３）第３の実施形態

本発明の第３の実施形態では、無線基地局のアンテナが垂直偏波用のアンテナと水平偏波用のアンテナから構成され、各偏波に対する伝搬路の角度広がりを考慮して、各アンテナで処理する信号に乗算する重み係数を生成する。

[0137] （３．１）構成

本実施形態における無線通信システムおよび無線基地局は、それぞれ図１および図２に示した第１の実施形態における無線通信システムおよび無線基地局１００と同様の構成を有するが、無線基地局１００におけるアンテナ１０１－１～１０１－Ｍは、垂直偏波用のアンテナと水平偏波用のアンテナとに分かれており、指標算出部１０６および重み係数生成部１０７は、垂直偏波と水平偏波の各々に対する伝搬路の角度広がりを考慮して処理を行う。

- [0138] 指標算出部１０６は、伝搬路情報取得部１０５が取得した伝搬路情報を用いて、指標を垂直偏波成分と水平偏波成分の各々に対して算出する。指標の算出には、第１の実施形態と同様に式（１）、（２）および（３）のいずれかを用いればよい。このとき、指標算出部１０６は、垂直偏波成分に対する指標を算出する場合には、垂直偏波用のアンテナに対応する周波数応答を用い、水平偏波成分に対する指標を算出する場合には、水平偏波用のアンテナに対応する周波数応答を用いる。

[0139] 重み係数生成部 107 は、各偏波成分に対する指標に基づいて重み係数を生成する。このとき、重み係数生成部 107 は、図 5 を用いて説明した動作と同様な動作を行って重み係数を生成すればよいが、重み係数を 0 とするアンテナの数は偏波成分ごとに決定し、伝搬路行列において、重み係数を 0 としないアンテナの要素が各偏波用アンテナにおいて連続して並ぶようにする。

[0140] (3. 2) 効果

以上説明したように、本実施形態によれば、垂直偏波と水平偏波の各々に対する指標が算出されるので、垂直偏波と水平偏波の各々に対する伝搬路の角度広がり considering、各アンテナで処理する信号に乗算する重み係数を生成することができる。したがって、垂直偏波用と水平偏波用から構成されるアンテナを用いる環境において、理想的な指向性を形成した場合に対する通信品質の劣化量を小さくできる。

[0141] (4) 第 4 実施形態

本発明の第 4 実施形態では、水平方向と垂直方向の 2 次元に配置したアンテナを用い、各方向に対する伝搬路の角度広がり considering、各アンテナで処理する信号に乗算する重み係数を生成する。

[0142] (4. 1) 構成

本実施形態における無線通信システムおよび無線基地局は、それぞれ図 1 および図 2 に示した第 1 の実施形態における無線通信システムおよび無線基地局と同様の構成を有するが、本実施形態の無線基地局におけるアンテナ 101-1 ~ 101-M は、2 次元に配置され、指標算出部 106 および重み係数生成部 107 は、水平方向および垂直方向の各々に対する指標に基づいて処理を行う。

[0143] 図 9 は、本実施形態のアンテナの構成を示す図である。図 9 に示すように、アンテナ 101-1 ~ 101-M は、第 1 の方向である水平方向に M_x 本、第 2 の方向である垂直方向に M_y 本の 2 次元に配置 ($M = M_x \times M_y$) される。

[0144] 指標算出部 106 は、伝搬路情報に基づいて、水平方向および垂直方向の

各々に対する指標を算出する。なお、指標を算出する際には、指標算出部 106 は、第 1 の実施形態で示した式 (1)、(2) および (3) のいずれかを用いればよい。

[0145] 式 (1) を用いる場合、指標算出部 106 は、水平方向に対する指標を、水平方向に離れたアンテナ間の相関から算出し、垂直方向に対する指標は垂直方向に離れたアンテナ間の相関から算出する。

[0146] また、式 (2) または (3) を用いる場合、指標算出部 106 は、水平方向に対する指標を、水平方向に連続するアンテナに対応する周波数応答から算出し、垂直方向に対する指標を、垂直方向に連続するアンテナに対応する周波数応答から算出する。

[0147] 重み係数生成部 107 は、水平方向および垂直方向の各々に対する指標を用いて、重み係数を生成する。このとき、重み係数生成部 107 は、図 5 を用いて説明した第 1 の実施形態の動作と同様に重み係数を生成すればよいが、重み係数を 0 とするアンテナの数は、水平方向および垂直方向の各々に対して決定し、伝搬路行列において、重み係数に 0 を設定しないアンテナの成分が、図 10 に示すように、水平方向および垂直方向の各々に連続して並ぶようにする。ただし、図 10 において、 $M_x^{(0)}$ および $M_y^{(0)}$ は、それぞれ水平方向および垂直方向に対する重み係数を 0 とするアンテナの数である。

[0148] (4. 2) 効果

以上説明したように、本実施形態によれば、水平方向と垂直方向の各々に対する指標が算出されるので、水平方向と垂直方向の各々に対する伝搬路の角度広がりを考慮して、各アンテナで処理する信号に乗算する重み係数を生成することができる。したがって、水平方向と垂直方向の 2 次元方向に配置されたアンテナを用いる環境において、理想的な指向性を形成した場合に対する通信品質の劣化量を小さくできる。

[0149] 以上説明した各実施形態において、図示した構成は単なる一例であって、本発明はその構成に限定されるものではない。

[0150] また、上記の各実施形態の一部又は全部は、以下の付記のように記載する

ことが可能であるが、以下には限定されない。

[0151] 付記 1

複数のアンテナを備えた無線通信装置であって、
他の無線通信装置との間の伝搬路に関する情報を取得する伝搬路情報取得部と、
前記情報を用いて、前記伝搬路の角度広がりに関連する指標を算出する指標算出部と、
前記情報および前記指標を用いて、前記複数のアンテナの各々に対応する重み係数を生成する重み係数生成部と、
前記複数のアンテナの各々で処理する信号に対して、当該信号を処理するアンテナに対応する前記重み係数を乗算する重み係数乗算部と、を有する無線通信装置。

[0152] 付記 2

前記指標算出部は、前記情報を用いて、前記複数のアンテナにおける任意のアンテナ間の相関を求め、当該相関に基づいて、前記指標を算出する、付記 1 に記載の無線通信装置。

[0153] 付記 3

前記指標算出部は、前記情報を用いて、前記伝搬路の周波数応答を要素とする行列と当該行列のエルミート転置との積の固有値を求め、当該固有値に基づいて、前記指標を算出する、付記 1 に記載の無線通信装置。

[0154] 付記 4

前記指標算出部は、前記情報を用いて、前記伝搬路の周波数応答を要素とするベクトルを前記他の無線通信装置が備えるアンテナごとに求め、前記ベクトルの間の成す角に基づいて、前記指標を算出する、付記 1 に記載の無線通信装置。

[0155] 付記 5

前記指標算出部は、前記指標として、時間的に平均化された前記伝搬路の角度広がりに関連する指標、または、周波数的に平均化された前記伝搬路の角

度広がりに関連する指標を算出する、付記 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の無線通信装置。

[0156] 付記 6

前記重み係数生成部は、前記複数のアンテナにより形成される指向性のビーム幅が、前記指標に対応するように、前記重み係数を生成する、付記 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の無線通信装置。

[0157] 付記 7

前記重み係数生成部は、前記指標に応じた数の前記重み係数を 0 に設定し、前記情報を用いて、前記重み係数が 0 でないアンテナに対応する重み係数を生成する、付記 6 に記載の無線通信装置。

[0158] 付記 8

前記重み係数生成部は、前記指標を用いて、前記伝搬路の角度広がりが多いほど、0 に設定する前記重み係数の数を多くする、付記 7 に記載の無線通信装置。

[0159] 付記 9

前記重み係数生成部は、前記情報を用いて、0 に設定する前記重み係数の数の上限を決定する、付記 7 または 8 に記載の無線通信装置。

[0160] 付記 10

前記重み係数生成部は、前記指標を用いて、空間多重伝送するデータブロックの数を決定し、
前記重み係数乗算部は、前記空間多重伝送するデータブロックに対応する信号を処理する、付記 1 ないし 9 のいずれか 1 項に記載の無線通信装置。

[0161] 付記 11

前記重み係数生成部は、前記指標を用いて、前記伝搬路の角度広がりが多いほど、前記データブロックの数を多くする、付記 10 に記載の無線通信装置。

[0162] 付記 12

前記複数のアンテナは、垂直偏波用のアンテナと水平偏波用のアンテナとを

含み、

前記指標算出部は、垂直偏波および水平偏波の各々に対応する前記指標を算出する、付記 1 ないし 1 1 のいずれか 1 項に記載の無線通信装置。

[0163] 付記 1 3

前記複数のアンテナは、第 1 の方向および第 2 の方向の 2 次元に配置され、前記指標算出部は、前記第 1 の方向および第 2 の方向の各々に対応する前記指標を算出する、付記 1 ないし 1 2 のいずれか 1 項に記載の無線通信装置。

[0164] 付記 1 4

複数のアンテナを備えた無線通信装置における無線通信方法であって、他の無線通信装置との間の伝搬路に関する情報を取得し、前記情報を用いて、前記伝搬路の角度広がりに関連する指標を算出し、前記情報および前記指標を用いて、前記複数のアンテナの各々に対応する重み係数を生成し、前記複数のアンテナの各々で処理する信号に対して、当該信号を処理するアンテナに対応する前記重み係数を乗算する、無線通信方法。

[0165] この出願は、2013 年 11 月 29 日に提出された日本出願特願 2013-247676 号公報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

[0166] 100、600 無線基地局
101-1～101-M、201-1～201-N アンテナ
102-1～102-M 無線送受信部
103-1～103-M ガードインターバル除去部
104-1～104-M 高速フーリエ変換部
105 伝搬路情報取得部
106 指標算出部
107、601 重み係数生成部
108、108-1～108-Q 符号化部

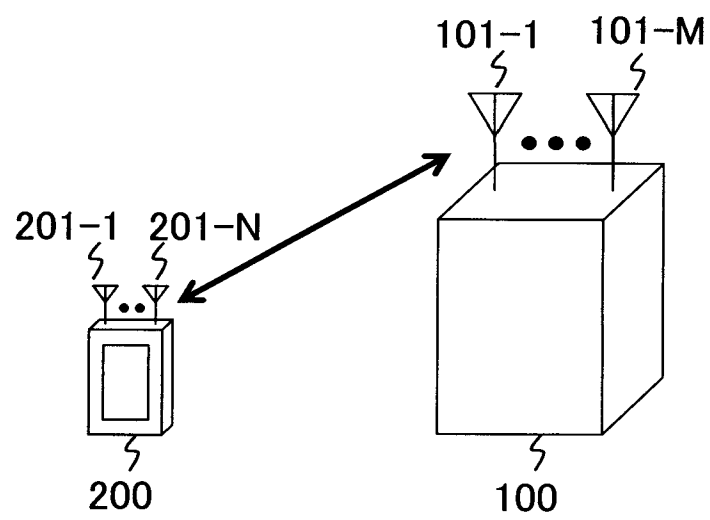
109、109-1~109-Q 変調部
110、603 重み係数乗算部
111-1~111-M 逆高速フーリエ変換部
112-1~112-M ガードインターバル挿入部
200、200-1~200-K 無線端末
602 データブロック構築部

請求の範囲

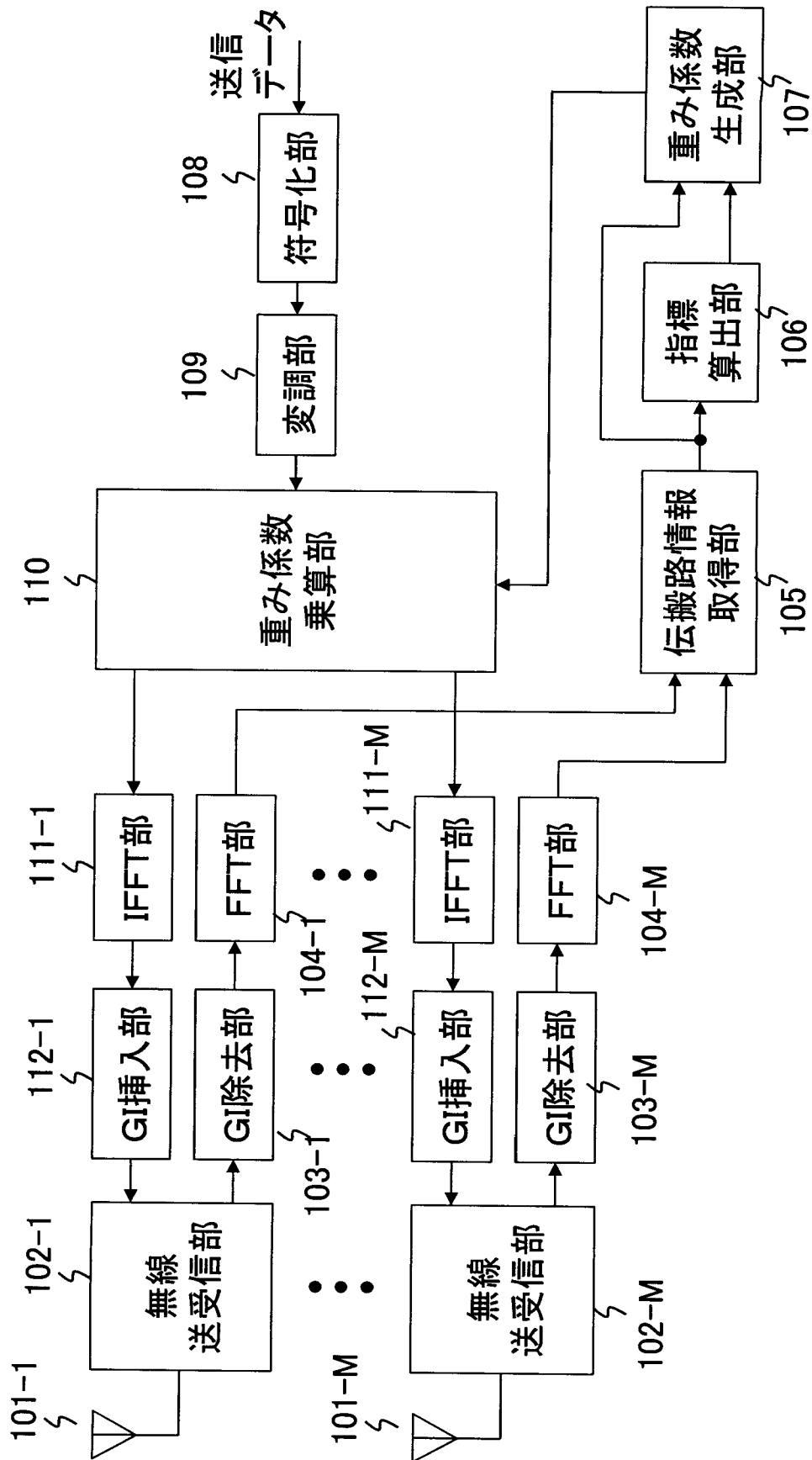
- [請求項1] 複数のアンテナを備えた無線通信装置であって、
 他の無線通信装置との間の伝搬路に関する情報を取得する伝搬路情報取得部と、
 前記情報を用いて、前記伝搬路の角度広がりに関連する指標を算出する指標算出部と、
 前記情報および前記指標を用いて、前記複数のアンテナの各々に対応する重み係数を生成する重み係数生成部と、
 前記複数のアンテナの各々で処理する信号に対して、当該信号を処理するアンテナに対応する前記重み係数を乗算する重み係数乗算部と、
 を有する無線通信装置。
- [請求項2] 前記指標算出部は、前記情報を用いて、前記複数のアンテナにおける任意のアンテナ間の相関を求め、当該相関に基づいて、前記指標を算出する、請求項1に記載の無線通信装置。
- [請求項3] 前記指標算出部は、前記情報を用いて、前記伝搬路の周波数応答を要素とする行列と当該行列のエルミート転置との積の固有値を求め、当該固有値に基づいて、前記指標を算出する、請求項1に記載の無線通信装置。
- [請求項4] 前記指標算出部は、前記情報を用いて、前記伝搬路の周波数応答を要素とするベクトルを前記他の無線通信装置が備えるアンテナごとに求め、前記ベクトルの間の成す角に基づいて、前記指標を算出する、請求項1に記載の無線通信装置。
- [請求項5] 前記重み係数生成部は、前記複数のアンテナにより形成される指向性のビーム幅が、前記指標に対応するように、前記重み係数を生成する、請求項1ないし4のいずれか1項に記載の無線通信装置。
- [請求項6] 前記重み係数生成部は、前記指標に応じた数の前記重み係数を0に設定し、前記情報を用いて、前記重み係数が0でないアンテナに対応する重み係数を生成する、請求項5に記載の無線通信装置。

- [請求項7] 前記重み係数生成部は、前記指標を用いて、空間多重伝送するデータブロックの数を決定し、
- 前記重み係数乗算部は、前記空間多重伝送するデータブロックに対応する信号を処理する、請求項1ないし6のいずれか1項に記載の無線通信装置。
- [請求項8] 前記複数のアンテナは、垂直偏波用のアンテナと水平偏波用のアンテナとを含み、
- 前記指標算出部は、垂直偏波および水平偏波の各々に対応する前記指標を算出する、請求項1ないし7のいずれか1項に記載の無線通信装置。
- [請求項9] 前記複数のアンテナは、第1の方向および第2の方向の2次元に配置され、
- 前記指標算出部は、前記第1の方向および第2の方向の各々に対応する前記指標を算出する、請求項1ないし8のいずれか1項に記載の無線通信装置。
- [請求項10] 複数のアンテナを備えた無線通信装置における無線通信方法であって、
- 他の無線通信装置との間の伝搬路に関する情報を取得し、
- 前記情報を用いて、前記伝搬路の角度広がりに関連する指標を算出し、
- 前記情報および前記指標を用いて、前記複数のアンテナの各々に対応する重み係数を生成し、
- 前記複数のアンテナの各々で処理する信号に対して、当該信号を処理するアンテナに対応する前記重み係数を乗算する、無線通信方法。

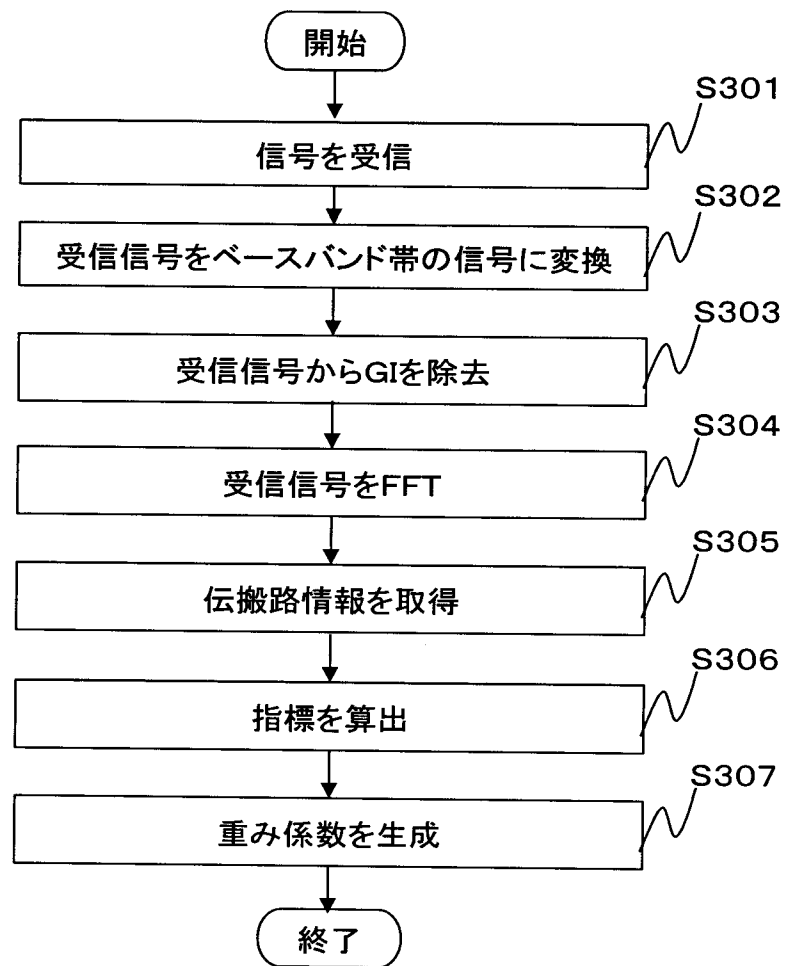
[図1]



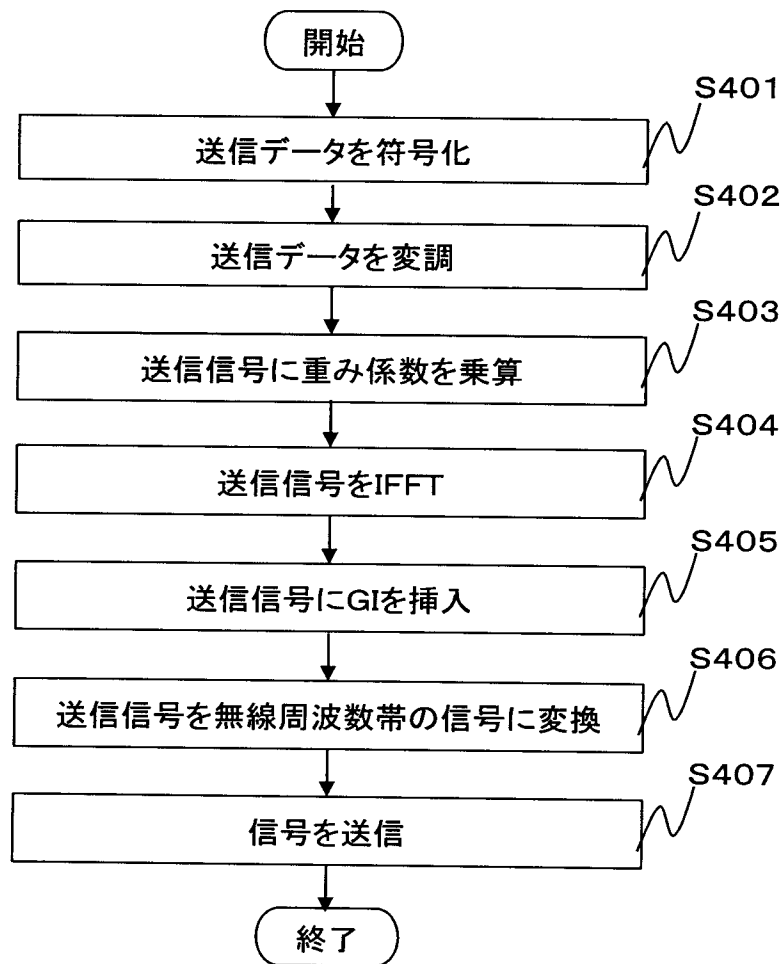
[図2]



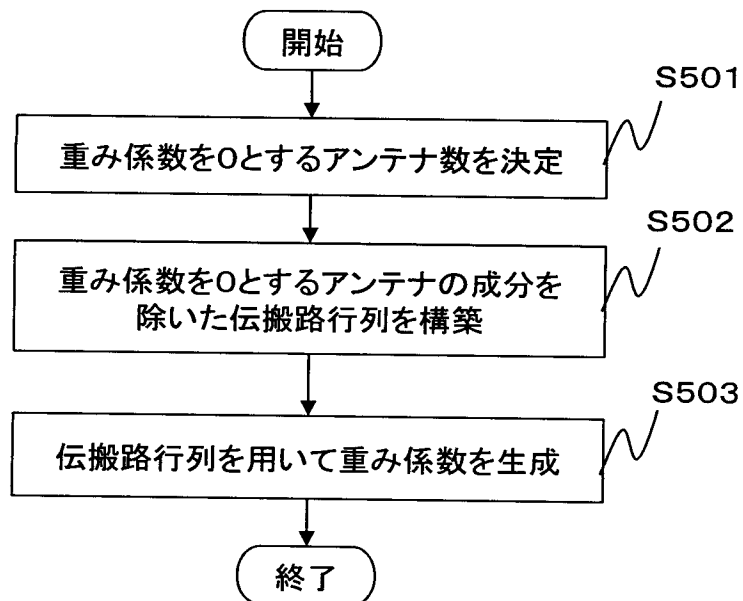
[図3]



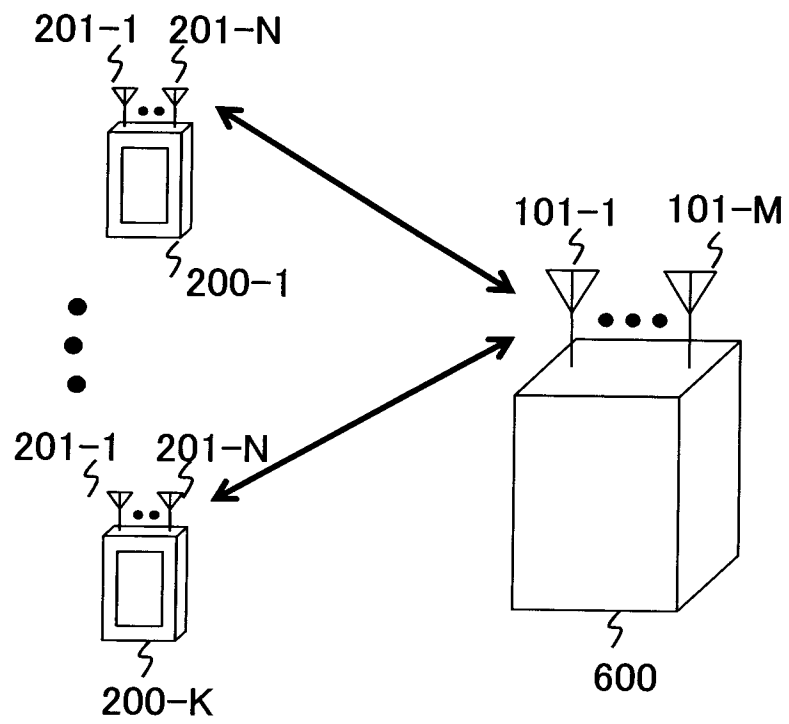
[図4]



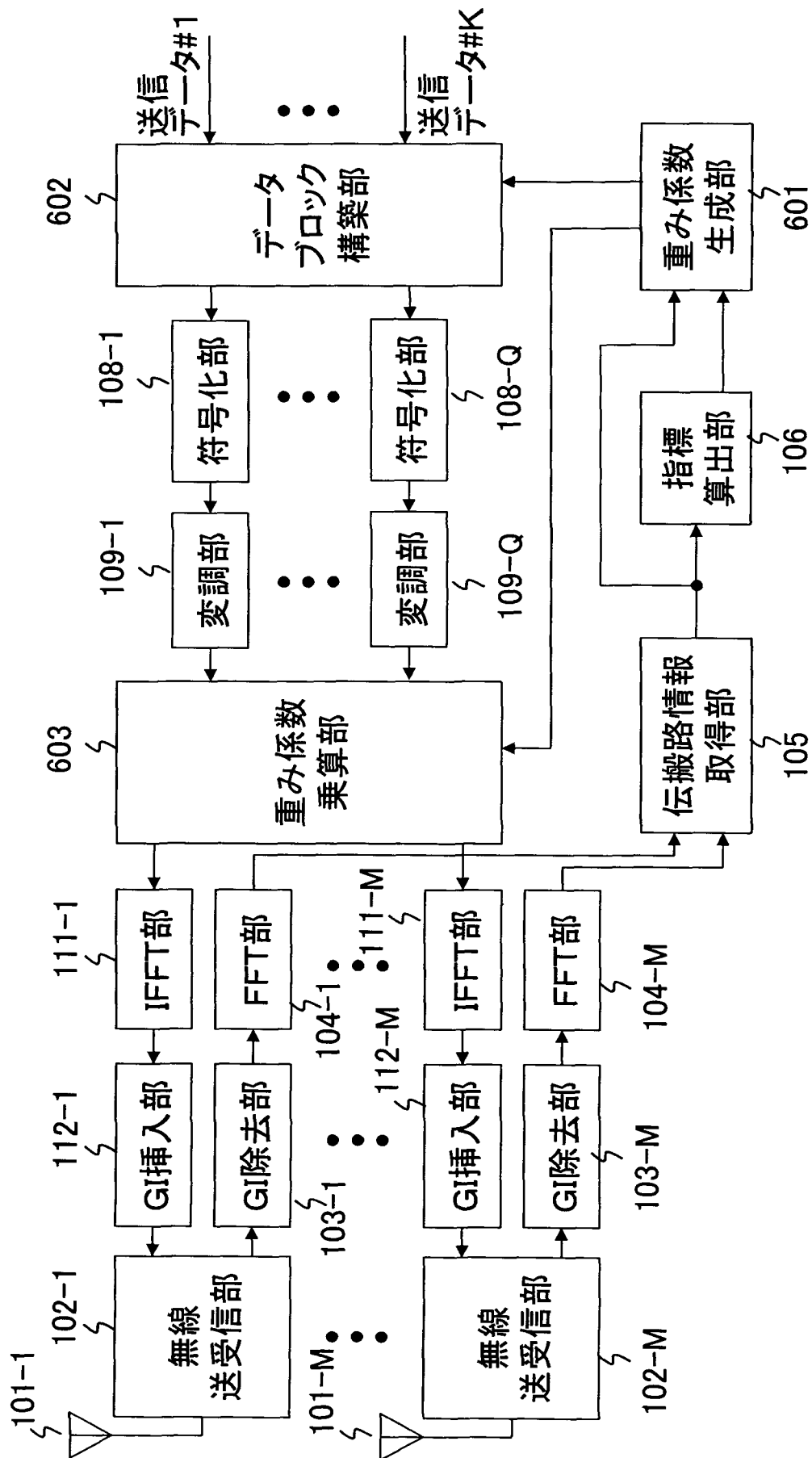
[図5]



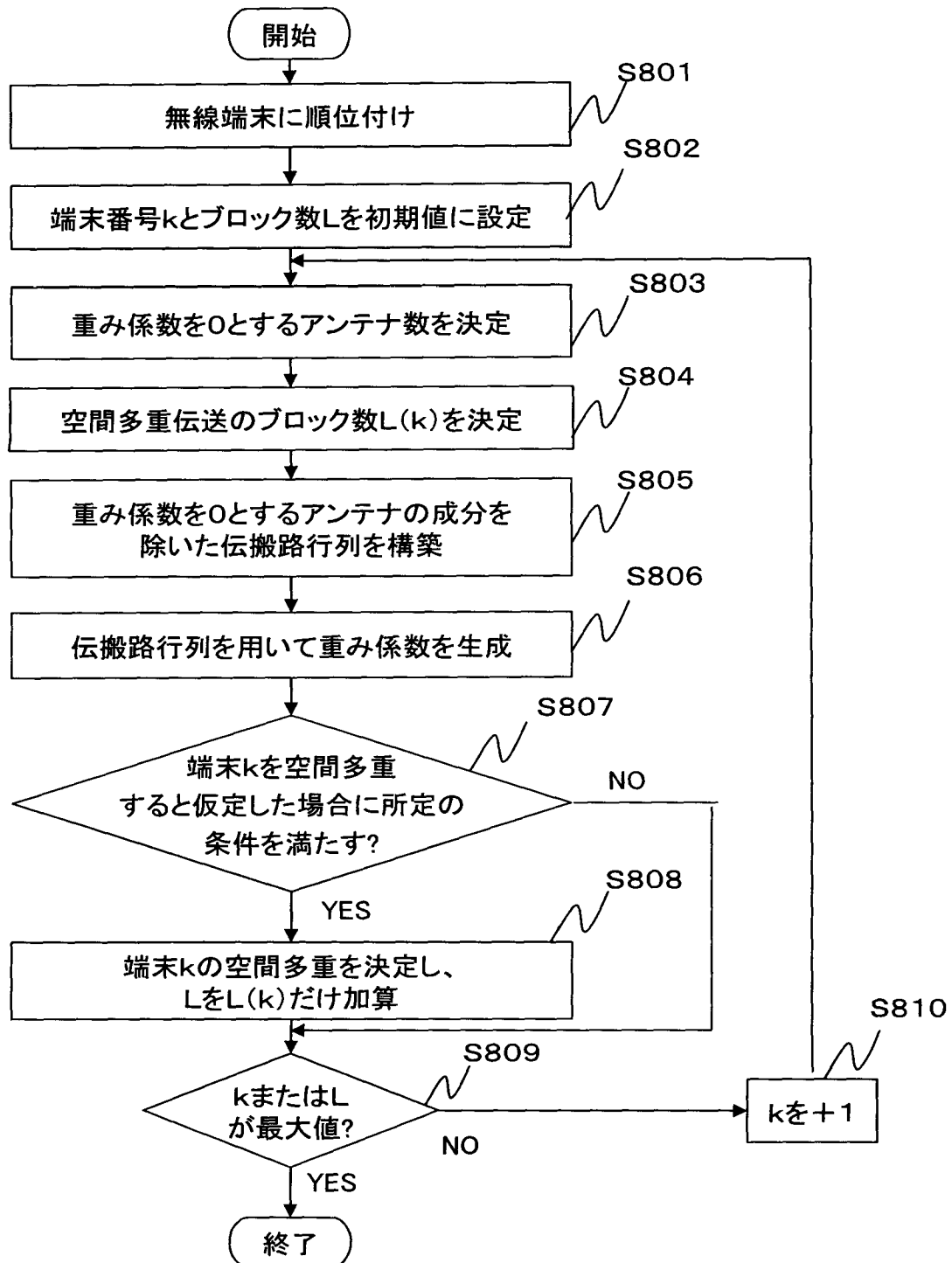
[図6]



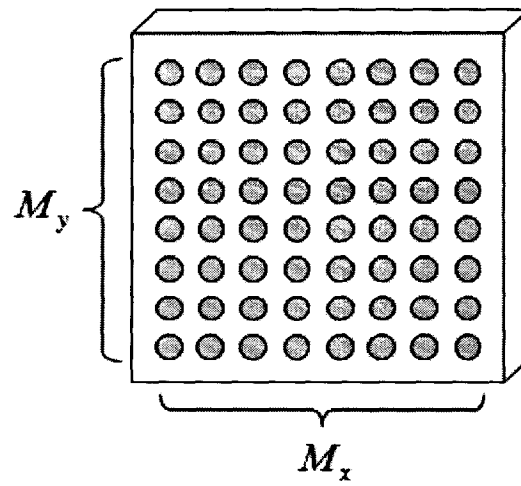
[図7]



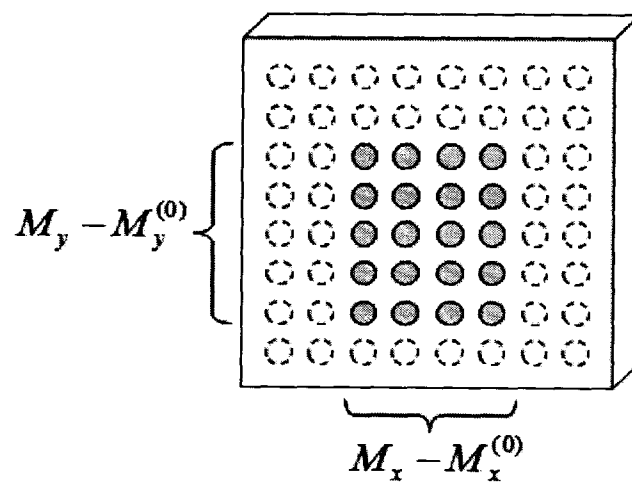
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/063569

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04J99/00(2009.01)i, H04B7/06(2006.01)i, H04B7/10(2006.01)i, H04J11/00(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, H04B7/06, H04B7/10, H04J11/00

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
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)

IEEE Xplore, CiNii

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2002-368663 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 20 December 2002 (20.12.2002), paragraphs [0005], [0006], [0023] to [0050], [0066] to [0075] (Family: none)	1, 2, 10 5, 6 3, 4, 7-9
X Y A	JP 2007-274251 A (KDDI Corp.), 18 October 2007 (18.10.2007), paragraphs [0028] to [0049] (Family: none)	1, 2, 10 5, 6 3, 4, 7-9
Y	JP 2008-278076 A (Kyocera Corp.), 13 November 2008 (13.11.2008), paragraphs [0042] to [0048]; fig. 3 (Family: none)	5, 6

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
29 July, 2014 (29.07.14)

Date of mailing of the international search report
05 August, 2014 (05.08.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/063569

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Manato SHIMIZU et al., "Performance Evaluation of Clustering Size Control Scheme Using Frequency Correlation in the Presence of Angular Spread for OFDM Adaptive Array Antenna", Proceedings of the Society Conference of IEICE, 30 August 2011 (30.08.2011), 2011 Nen_Tsushin(1)	7
A	JP 2002-026806 A (Lucent Technologies Inc.), 25 January 2002 (25.01.2002), fig. 3 & US 6950678 B1 & EP 1158824 A2 & BR 101967 A & AU 4603801 A & CA 2342411 A	8, 9

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, H04B7/06(2006.01)i, H04B7/10(2006.01)i, H04J11/00(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, H04B7/06, H04B7/10, H04J11/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	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 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

IEEE Xplore, CiNii

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	JP 2002-368663 A（松下電器産業株式会社）2002. 12. 20, 段落【0005】、【0006】、【0023】－【0050】、 【0066】－【0075】 （ファミリーなし）	1, 2, 10 5, 6 3, 4, 7-9
X Y A	JP 2007-274251 A（KDDI株式会社）2007. 10. 18, 段落【0028】－【0049】 （ファミリーなし）	1, 2, 10 5, 6 3, 4, 7-9

☒ 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

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

2 9 . 0 7 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

0 5 . 0 8 . 2 0 1 4

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）

大野 友輝

5 K

4 6 8 5

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

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2008-278076 A (京セラ株式会社) 2008. 11. 13, 段落【0042】－【0048】、図3 (ファミリーなし)	5, 6
A	清水 真人 et al., 角度広がり存在下における周波数相関を用いた OFDM アダプティブアレーのクラスタサイズ制御法, 電子情報通信学 会ソサイエティ大会講演論文集, 2011. 08. 30, 2011 年_通信(1)	7
A	JP 2002-026806 A (ルーセント テクノロジーズ インコーポレイ テッド) 2002. 01. 25, 図3 & US 6950678 B1 & EP 1158824 A2 & BR 101967 A & AU 4603801 A & CA 2342411 A	8, 9