

(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
2025年1月2日(02.01.2025)



(10) 国際公開番号

WO 2025/004136 A1

(51) 国際特許分類:
H04W 16/18 (2009.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/023553

(22) 国際出願日: 2023年6月26日(26.06.2023)

(25) 国際出願の言語: 日本語

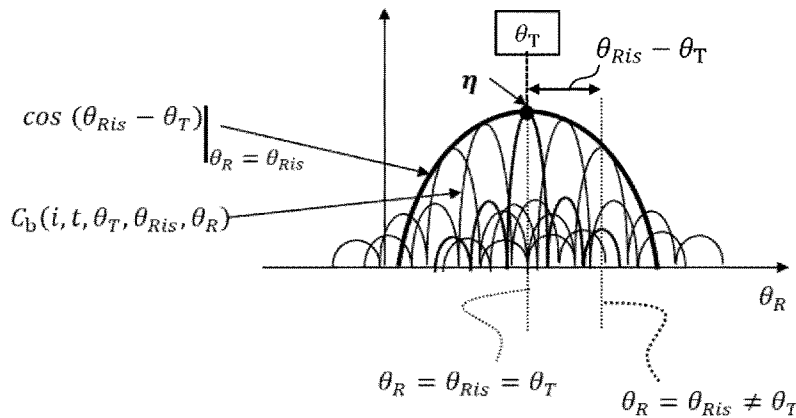
(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP). 株式会社 N T T ドコモ (NTT DOCOMO, INC.) [JP/JP]; 〒1006150 東京都千代田区永田町二丁目11番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 大宮 陸 (OMIYA, Riku); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 小川 智明 (OGAWA, Tomoaki); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 岩渕 匡史 (IWABUCHI, Masashi); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 鷹取 泰司 (TAKATORI, Yasushi); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 富永 貴大 (TOMIE, Takahiro); 〒1006150 東京都千代田区永田町二丁目11番1号 山王パークタワー 株式会社 N T T ドコモ 知的財産部内 Tokyo (JP). 須山 聡 (SUYAMA, Satoshi); 〒1006150 東京都千

(54) Title: PROPAGATION CHARACTERISTIC ESTIMATION DEVICE, PROPAGATION CHARACTERISTIC ESTIMATION METHOD, AND PROPAGATION CHARACTERISTIC ESTIMATION PROGRAM

(54) 発明の名称: 伝搬特性推定装置、伝搬特性推定方法、及び伝搬特性推定プログラム



(57) Abstract: This propagation characteristic estimation device estimates radio wave propagation characteristics between a transmission point and a reception point. Environment information indicates an arrangement of a structure surface that reflects and scatters radio waves from the transmission point to the reception point. The propagation characteristic estimation device extracts, on the basis of the environment information and as a target structure surface, a structure surface that is visible without obstruction from both the transmission point and the reception point. The propagation characteristic estimation device estimates the radio wave propagation characteristics of a propagation path between the transmission point and the reception point via the target structure surface, on the basis of: a first area that is an area of the target structure surface visible from the transmission point; a second area that is an area of the target structure surface visible from the reception point; and a reflection pattern that represents a level of a reflection wave reflected by the target structure surface. When the target structure surface is the reflection surface of a dynamic reflection plate, the propagation characteristic

代田区永田町二丁目 1 1 番 1 号 山王パークタワー 株式会社 N T T ドコモ 知的財産部内 Tokyo (JP). 北尾 光司郎(KITAO, Koshiro); 〒1006150 東京都千代田区永田町二丁目 1 1 番 1 号 山王パークタワー 株式会社 N T T ドコモ 知的財産部内 Tokyo (JP). 中村 光貴(NAKAMURA, Mitsuki); 〒1006150 東京都千代田区永田町二丁目 1 1 番 1 号 山王パークタワー 株式会社 N T T ドコモ 知的財産部内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人 高田・高橋国際特許事務所 (TAKADA, TAKAHASHI & PARTNERS); 〒1040045 東京都中央区築地 1 丁目 1 2 番 2 号 コンワビル 7 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, 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:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

estimation device estimates the radio wave propagation characteristics on the basis of the reflection pattern corresponding to a setting value of a reflection angle of the dynamic reflection plate.

(57) 要約: 伝搬特性推定装置は、送信点と受信点の間の電波伝搬特性を推定する。環境情報は、送信点から受信点への電波を反射、散乱する構造物面の配置を示す。伝搬特性推定装置は、環境情報に基づいて、送信点と受信点の両方から見通しで見える構造物面を対象構造物面として抽出する。伝搬特性推定装置は、送信点から見える対象構造物面の面積である第1面積と、受信点から見える対象構造物面の面積である第2面積と、対象構造物面による反射波のレベルを表す反射パターンとに基づいて、対象構造物面を経由する送信点と受信点との間の伝搬パスの電波伝搬特性を推定する。対象構造物面が動的反射板の反射面である場合、伝搬特性推定装置は、動的反射板の反射角の設定値に応じた反射パターンに基づいて、電波伝搬特性を推定する。

明 細 書

発明の名称：

伝搬特性推定装置、伝搬特性推定方法、及び伝搬特性推定プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、送信点と受信点の間の電波伝搬特性を推定する技術に関する。

背景技術

[0002] 非特許文献1は、無線通信システムにおける電波伝搬特性を推定する一手法であるレイトレーシング法を開示している。

先行技術文献

非特許文献

[0003] 非特許文献1：今井哲朗，“レイトレーシング法による移動伝搬シミュレーション,” 電子情報通信学会論文誌(B), Vol. J92-B, No. 9, pp.1333-1347, Sept. 2009.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 無線通信システムにおける電波伝搬特性を推定する手法として、カラーイメージ法がある。カラーイメージ法によれば、送信点及び受信点から見た構造物面のカラーイメージが作成される。更に、カラーイメージに基づいて散乱波の伝搬パスが一括探索される。これにより、伝搬損失や受信電力といった電波伝搬特性が高速且つ高精度に推定される。

[0005] 但し、既存のカラーイメージ法では、単なる構造物面の散乱特性しか考慮されていなかった。既存のカラーイメージ法では、反射方向を“意図的”に制御可能な動的反射板（RIS: Reconfigurable Intelligent Surface）の特性については考慮されていなかった。動的反射板の特性も考慮して電波伝搬特性を推定することができる技術が望まれる。

課題を解決するための手段

[0006] 第1の観点は、送信点と受信点の間の電波伝搬特性を推定する伝搬特性推定装置に関する。

伝搬特性推定装置は、

1又は複数のプロセッサと、

送信点から受信点への電波を反射、散乱する構造物面の配置を示す環境情報を記憶する1又は複数の記憶装置と

を備える。

1又は複数のプロセッサは、環境情報に基づいて、送信点と受信点の両方から見通しで見える構造物面を対象構造物面として抽出する。

1又は複数のプロセッサは、送信点から見える対象構造物面の面積である第1面積と、受信点から見える対象構造物面の面積である第2面積と、対象構造物面による反射波のレベルを表す反射パターンとに基づいて、対象構造物面を経由する送信点と受信点との間の伝搬パスの電波伝搬特性を推定する。

対象構造物面が動的反射板の反射面である場合、1又は複数のプロセッサは、動的反射板の反射角の設定値に応じた反射パターンに基づいて、電波伝搬特性を推定する。

[0007] 第2の観点は、送信点と受信点の間の電波伝搬特性を推定する伝搬特性推定方法に関する。

伝搬特性推定方法は、

送信点から受信点への電波を反射、散乱する構造物面の配置を示す環境情報を取得することと、

環境情報に基づいて、送信点と受信点の両方から見通しで見える構造物面を対象構造物面として抽出することと、

送信点から見える対象構造物面の面積である第1面積と、受信点から見える対象構造物面の面積である第2面積と、対象構造物面による反射波のレベルを表す反射パターンとに基づいて、対象構造物面を経由する送信点と受信点との間の伝搬パスの電波伝搬特性を推定することと

を含む。

電波伝搬特性を推定することは、対象構造物面が動的反射板の反射面である場合、動的反射板の反射角の設定値に応じた反射パターンに基づいて電波伝搬特性を推定することを含む。

[0008] 第3の観点は、送信点と受信点の間の電波伝搬特性を推定する伝搬特性推定プログラムに関する。伝搬特性推定プログラムは、コンピュータによって実行される。

伝搬特性推定プログラムは、

送信点から受信点への電波を反射、散乱する構造物面の配置を示す環境情報を取得することと、

環境情報に基づいて、送信点と受信点の両方から見通しで見える構造物面を対象構造物面として抽出することと、

送信点から見える対象構造物面の面積である第1面積と、受信点から見える対象構造物面の面積である第2面積と、対象構造物面による反射波のレベルを表す反射パターンとに基づいて、対象構造物面を経由する送信点と受信点との間の伝搬パスの電波伝搬特性を推定することと

をコンピュータに実行させる。

電波伝搬特性を推定することは、対象構造物面が動的反射板の反射面である場合、動的反射板の反射角の設定値に応じた反射パターンに基づいて電波伝搬特性を推定することを含む。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、反射方向が意図的に制御される動的反射板の特性も考慮して電波伝搬特性を推定することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]無線通信システムを示す概略図である。

[図2]伝搬特性推定装置の構成例を示すブロック図である。

[図3]カラーイメージ法に関連する機能構成例を示すブロック図である。

[図4]カラーイメージ法による伝搬特性推定処理を示すフローチャートである

。

[図5]カラーイメージの作成を説明するための概念図である。

[図6]カラーイメージの例を示す図である。

[図7]送信点、受信点、及び対象構造物面を説明するための図である。

[図8]動的反射板の場合の反射パターンを説明するための概念図である。

[図9]動的反射板の場合の反射パターンを説明するための概念図である。

[図10]パスゲイン算出処理（ステップS 1 4 0）を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0011] 添付図面を参照して、本発明の実施の形態を説明する。

[0012] 1. 伝搬特性推定装置の概要

図1は、無線通信システム1を示す概略図である。無線通信システム1は、電波を送信する送信点Txと、電波を受信する受信点Rxを含んでいる。電波は建物等によって反射、散乱されるため、送信点Txと受信点Rxとの間には複数の伝搬パスが存在する。

[0013] 送信点Txから受信点Rxへの電波伝搬に影響を与える物体を、以下、「構造物10」と呼ぶ。構造物10としては、ビル、壁、等が例示される。典型的には、送信点Tx及び受信点Rxを含む電波伝送エリアには、多数の構造物10が存在する。電波は、構造物10の面で反射、散乱する。電波が反射、散乱する構造物10の面を、以下、「構造物面11」と呼ぶ。例えば、構造物面11は、ビルの壁面である。1つの構造物10が複数の構造物面11（例：11a～11d）を有する場合、それら複数の構造物面11は互いに区別される。

[0014] 本実施の形態によれば、無線通信システム1における電波伝搬特性、すなわち、送信点Txと受信点Rxとの間の電波伝搬特性が推定される。特に、構造物面11での電波の反射、散乱を考慮して、送信点Txと受信点Rxとの間の電波伝搬特性が推定される。電波伝搬特性としては、伝搬損失、受信波の電波強度、受信電力、遅延時間、等が挙げられる。

- [0015] 図2は、送信点 T_x と受信点 R_x との間の電波伝搬特性を推定する伝搬特性推定装置100の構成例を示すブロック図である。伝搬特性推定装置100は、1又は複数のプロセッサ101（以下、単に「プロセッサ101」と呼ぶ）と1又は複数の記憶装置102（以下、単に「記憶装置102」と呼ぶ）を含むコンピュータである。プロセッサ101は、各種処理を実行する。プロセッサ101としては、CPU（Central Processing Unit）、ASIC（Application Specific Integrated Circuit）、FPGA（Field-Programmable Gate Array）、等が例示される。記憶装置102は、各種情報を格納する。記憶装置102としては、HDD（Hard Disk Drive）、SSD（Solid State Drive）、揮発性メモリ、不揮発性メモリ、等が例示される。
- [0016] 伝搬特性推定プログラム103は、プロセッサ101によって実行されるコンピュータプログラム（ソフトウェア）である。伝搬特性推定プログラム103を実行するプロセッサ101と記憶装置102との協働により、伝搬特性推定装置100の機能が実現されてもよい。伝搬特性推定プログラム103は、記憶装置102に格納される。伝搬特性推定プログラム103は、コンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録されてもよい。伝搬特性推定プログラム103は、ネットワーク経由で提供されてもよい。
- [0017] 環境情報104は、無線通信システム1における電波伝搬特性の推定に必要な情報である。例えば、環境情報104は、送信点 T_x の位置情報及び受信点 R_x の位置情報を含んでいる。また、環境情報104は、送信点 T_x から受信点 R_x への電波伝搬に影響を与える構造物10の配置を示す構造物情報を含んでいる。構造物情報は、各構造物10の各構造物面11の配置（位置、向き、サイズ）、反射係数、等を含んでいる。構造物情報は、3次元CAD（Computer-Aided Design）データ、BIM（Building Information Modeling）データ、等で与えられてもよい。環境情報104は、無線通信システム1において使用される電波の波長の情報を含んでいてもよい。環境情報104は、記憶装置102に格納される。
- [0018] 伝搬特性推定装置100は、更に、外部と通信を行う通信インタフェース

１０５を備えていてもよい。環境情報１０４は、通信インタフェース１０５を介して伝搬特性推定装置１００に提供されてもよい。

[0019] 伝搬特性推定装置１００は、更に、ユーザからの入力を受け付け、また、ユーザに各種情報を提示するユーザインタフェース１０６を備えていてもよい。ユーザインタフェース１０６は入力装置と表示装置を含んでいる。入力装置としては、キーボード、マウス、タッチパネル、等が例示される。ユーザは、入力装置を用いることによって、伝搬特性推定装置１００を操作することができる。電波伝搬特性の推定結果は、表示装置に表示される。

[0020] 無線通信システム１における電波伝搬特性を推定する一つの手法として「カラーイメージ法」がある。カラーイメージ法は、電波伝搬特性を高速且つ高精度に推定することができる。以下、カラーイメージ法について詳しく説明する。

[0021] 図３は、カラーイメージ法に関連する機能構成例を示すブロック図である。伝搬特性推定装置１００は、機能ブロックとして、構造物面情報作成部１１０、カラーイメージ作成部１２０、構造物面抽出部１３０、パスゲイン算出部１４０、及び受信電力算出部１５０を含んでいる。これら機能ブロックは、伝搬特性推定プログラム１０３を実行するプロセッサ１０１と記憶装置１０２との協働により実現されてもよい。図４は、カラーイメージ法による伝搬特性推定処理を示すフローチャートである。

[0022] １－１．構造物面情報作成処理（ステップＳ１１０）

ステップＳ１１０において、構造物面情報作成部１１０は、環境情報１０４に基づいて、各構造物１０の各構造物面１１を認識する。１つの構造物１０が複数の構造物面１１（例：１１ａ～１１ｄ）を有する場合、それら複数の構造物面１１は互いに区別される（図１参照）。そして、構造物面情報作成部１１０は、各構造物面１１に識別情報を割り当てる。識別情報は、構造物面１１毎に異なる。

[0023] 例えば、構造物面１１の識別情報は“色”である。この場合、構造物面情報作成部１１０は、構造物面１１毎に異なる色を割り当てる。色は、例えば

R G B値で表される。例えば、構造物面 1 1 に割り当てられる R G B値は (R, G, B) = (1 0 ~ 2 4 9, 1 0 ~ 2 4 9, 1 0 ~ 2 4 9) である。特別な色である (0, 0, 0) 及び (2 5 5, 2 5 5, 2 5 5) は背景と地面に割り当てられる。

[0024] 構造物面情報は、各構造物面 1 1 に関する情報である。具体的には、構造物面情報は、各構造物面 1 1 の識別情報 (色)、配置 (位置、向き、サイズ)、反射係数、等を含んでいる。各構造物面 1 1 の位置、向き、サイズ、反射係数、等は環境情報 1 0 4 に予め登録されている。構造物面情報作成部 1 1 0 は、構造面情報を作成し、構造物面情報を環境情報 1 0 4 に追加する。

[0025] 尚、構造物面 1 1 の識別情報は識別番号であってもよい。以下の説明では、構造物面 1 1 の識別情報が色である場合について説明する。色の表現形式は、R G Bに限定されない。

[0026] 1 - 2. カラーイメージ作成処理 (ステップ S 1 2 0)

ステップ S 1 2 0 において、カラーイメージ作成部 1 2 0 は、送信点 T x と受信点 R x のそれぞれから見た構造物面 1 1 の 2 次元イメージを作成する。各構造物面 1 1 に固有の色が割り当てられる場合、2 次元イメージは 2 次元カラーイメージとなる。その 2 次元カラーイメージを、以下、単に「カラーイメージ」と呼ぶ。

[0027] 図 5 は、カラーイメージの作成を説明するための概念図である。図 5 において、視点 (viewpoint) は、送信点 T x あるいは受信点 R x である。視線方向は、視点から構造物面 1 1 へ方向である。例えば、視線方向は、視点から構造物面 1 1 の中心点へ方向である。角度 θ は、視線方向と構造物面 1 1 の法線方向のなす角である。角度 θ は、構造物面 1 1 から見た視点 (送信点 T x あるいは受信点 R x) の方向であるということもできる。距離 d は、視線方向に沿った視点と構造物面 1 1 との間の距離である。カラーイメージ作成部 1 2 0 は、構造物面 1 1 を、視点を中心とする単位球面に射影する。元の構造物面 1 1 の面積が S である場合、単位球面に射影された構造物面 1 1 の面積 S' は $S \cdot \cos \theta / d^2$ で表される。

[0028] カラーイメージ作成部 120 は、視点から見た全ての構造物面 11 を同じ単位球面に射影する。視線方向及び距離 d は構造物面 11 毎に異なり得るが、全ての構造物面 11 が同じ単位球面に射影される。そして、カラーイメージ作成部 120 は、単位球面を平面に展開する。これにより、視点から見た構造物面 11 のカラーイメージが得られる。

[0029] 図 6 は、送信点 T_x から見たカラーイメージと受信点 R_x から見たカラーイメージの例を示している。カラーイメージにおいて、各構造物面 11 は、各構造物面 11 に割り当てられた固有の色で表されている。カラーイメージは、オクルージョンを考慮して生成される。

[0030] 上述の通り、環境情報 104 は、送信点 T_x の位置情報、受信点 R_x の位置情報、及び構造物面情報（各構造物面 11 の色、位置、向き、サイズ）を含んでいる。従って、カラーイメージ作成部 120 は、環境情報 104 に基づいて、送信点 T_x から見たカラーイメージと受信点 R_x から見たカラーイメージを作成することができる。作成されたカラーイメージは、記憶装置 102 に格納される。

[0031] 1-3. 構造物面抽出処理（ステップ S130）

カラーイメージ法では、1 回の散乱、反射だけで送信点 T_x から受信点 R_x へ到達する伝搬パスが考慮される。つまり、支配的な一回散乱波（反射波）が考慮される。そのために、送信点 T_x と受信点 R_x の両方から見通しで見える構造物面 11 が抽出される。

[0032] ステップ S130 において、構造物面抽出部 130 は、送信点 T_x と受信点 R_x の両方から見通しで見える構造物面 11 を抽出する。具体的には、構造物面抽出部 130 は、送信点 T_x から見たカラーイメージと受信点 R_x から見たカラーイメージを比較し、2 つのカラーイメージの中で同じ色を有する構造物面 11 を抽出する。2 つのカラーイメージの中で同じ色を有する構造物面 11 が、送信点 T_x と受信点 R_x の両方から見通しで見える構造物面 11 である。送信点 T_x と受信点 R_x の両方から見通しで見える構造物面 11 を、以下、「対象構造物面 11 X」と呼ぶ。

[0033] 送信点 T_x から見たカラーイメージと受信点 R_x から見たカラーイメージを比較することによって、1 以上の対象構造物面 11X を一括探索することが可能となる。言い換えれば、送信点 T_x から受信点 R_x への 1 以上の伝搬パスを一括探索することが可能となる。このように伝搬パスを一括探索可能であることは、電波伝搬特性の高速化に寄与する。

[0034] 1-4. パスゲイン算出処理（ステップ S140）

ステップ S140 において、パスゲイン算出部 140 は、対象構造物面 11X を経由する送信点 T_x と受信点 R_x との間の伝搬パスのパスゲインを算出する。つまり、パスゲイン算出部 140 は、対象構造物面 11X で反射、散乱する伝搬パスのパスゲインを算出する。

[0035] 図 7 は、送信点 T_x 、受信点 R_x 、及び対象構造物面 11X を示している。第 1 角度 θ_T は、対象構造物面 11X から見た送信点 T_x の方向を表す角度 θ である。第 1 距離 d_1 は、送信点 T_x と対象構造物面 11X との間の距離 d である。第 2 角度 θ_R は、対象構造物面 11X から見た受信点 R_x の方向を表す角度 θ である。第 2 距離 d_2 は、受信点 R_x と対象構造物面 11X との間の距離 d である。対象構造物面 11X の面積は S である。第 1 面積 S_1 は、送信点 T_x から見える対象構造物面 11X の面積である。第 2 面積 S_2 は、受信点 R_x から見える対象構造物面 11X の面積である。図 5 で示された通り、単位球面に射影された構造物面 11 の面積 S' は $S \cdot \cos \theta / d^2$ で表される。よって、単位球面に射影された対象構造物面 11X の第 1 面積 S_1' 及び第 2 面積 S_2' は、それぞれ、次の式 (1) 及び式 (2) で表される。

[0036] [数 1]

$$S_1' = \frac{S \cdot \cos \theta_T}{d_1^2} \quad \dots (1)$$

[0037]

[数2]

$$S2' = \frac{S \cdot \cos \theta_R}{d_2^2} \quad \dots (2)$$

[0038] 対象構造物面 1 1 X で反射、散乱する伝搬パスのパスゲイン P G は、第 1 面積 S 1' と第 2 面積 S 2' に依存する。具体的には、対象構造物面 1 1 X で反射、散乱する伝搬パスのパスゲイン P G は、次の式 (3) ~ (5) で表される。尚、式中の “i” は、対象構造物面 1 1 X の識別子であり、対象構造物面 1 1 X 毎に異なる。

[0039] [数3]

$$PG(i) = C_\Gamma(i) \cdot C_b(i) \cdot \left(\frac{S \cdot \cos \theta_T}{d_1^2} \right) \left(\frac{S \cdot \cos \theta_R}{d_2^2} \right) \quad \dots (3)$$

[0040] [数4]

$$C_\Gamma(i) = \frac{\Gamma(\theta_T, \theta_R)}{(4\pi)^2} \quad \dots (4)$$

[0041] [数5]

$$C_b(i) = \text{sinc}^2 \left\{ \frac{\pi b}{\lambda} (\sin \theta_T + \sin \theta_R) \right\} \quad \dots (5)$$

[0042] 式 (4) で表される C_Γ は、対象構造物面 1 1 X の反射損失 Γ に相当するパラメータである。式 (5) で表される C_b は、対象構造物面 1 1 X による反射波（散乱波）のレベルを表す反射パターンである。図 7 には、平板のバイスタティック散乱断面積 σ の式も示されている。反射パターン C_b は、バイスタティック散乱断面積 σ の式にも含まれており、第 1 角度 θ_T と第 2 角度 θ_R をパラメータとする sinc 関数で表される。

[0043] このように、パスゲイン P G は、第 1 面積 S 1' と第 2 面積 S 2' の乗算

に依存する。また、パスゲイン PG は、対象構造物面 11X の反射パターン C_b に依存する。

[0044] 第1面積 S_1' と第2面積 S_2' は、カラーイメージ上のピクセル数で置き換えることもできる。第1ピクセル数 $N_{P,T}$ は、送信点 T_x から見た対象構造物面 11X のカラーイメージ上のピクセル数である。第2ピクセル数 $N_{P,R}$ は、受信点 R_x から見た対象構造物面 11X のカラーイメージ上のピクセル数である。この場合、式(3)は、下記式(6)、式(7)で置き換えられる。

[0045] [数6]

$$PG(i) = C_{\Gamma}(i) \cdot C_b(i) \cdot C_p \cdot N_{P,T}(i) \cdot N_{P,R}(i) \quad \cdots (6)$$

[0046] [数7]

$$C_p = \left(\frac{4\pi}{H \cdot W} \right)^2 \quad \cdots (7)$$

[0047] 式(7)で表される $4\pi / (H \cdot W)$ は、1ピクセル当たりの面積である。上述のカラーイメージ作成部120は単位球面を平面に展開するが、 $H \cdot W$ は展開先の平面の総ピクセル数を表している。

[0048] 上述の通り、環境情報104は、送信点 T_x の位置情報、受信点 R_x の位置情報、及び構造物面情報（各構造物面11の色、位置、向き、サイズ）を含んでいる。従って、パスゲイン算出部140は、環境情報104と上記式に基づいてパスゲイン PG を算出することができる。式(6)を用いる場合、パスゲイン算出部140は、カラーイメージ内の第1ピクセル数 $N_{P,T}$ 及び第2ピクセル数 $N_{P,R}$ をカウントする。パスゲイン算出部140は、全ての対象構造物面 11X（伝搬パス）に対するパスゲイン PG を算出する。

[0049] 1-5. 受信電力算出処理（ステップS150）

ステップS150において、受信電力算出部150は、受信点 R_x にお

る受信電力（受信電波の強度）を算出する。具体的には、受信電力算出部 150 は、全ての対象構造物面 11X に対するパスゲインの総和を計算して、受信電力を算出する。言い換えれば、受信電力算出部 150 は、全ての対象構造物面 11X に対するパスゲインを合成して、受信電力を算出する。

[0050] 2. 動的反射板も考慮したカラーイメージ法

無線通信に利用される動的反射板（RIS: Reconfigurable Intelligent Surface）が知られている。動的反射板は、多数の反射素子から構成され、入射される電波を反射する。動的反射板の反射方向等の反射特性は、動的に制御可能である。例えば、動的反射板は、メタサーフェス反射板である。動的反射板を利用することによって、障害物を迂回する伝搬パスを形成したり、単一の端末装置に対して複数の伝搬パスを形成したりすることが可能となる。これにより、通信品質や空間多重数といった通信性能を向上させることが可能となる。

[0051] 既存のカラーイメージ法では、単なる構造物面 11 の散乱特性しか考慮されていなかった。既存のカラーイメージ法では、反射方向を“意図的”に制御可能な動的反射板の特性については考慮されていなかった。そこで、本実施の形態は、動的反射板の特性も考慮してカラーイメージ法により電波伝搬特性を推定する技術を提案する。

[0052] 本実施の形態によれば、対象構造物面 11X が動的反射板の反射面である場合、パスゲイン PG を算出するための反射パターン C_b が、動的反射板の反射角の設定値に応じたものに補正される。そして、動的反射板の反射角の設定値に応じた反射パターン C_b に基づいて、電波伝搬特性が推定される。

[0053] 図 8 及び図 9 は、動的反射板の場合の反射パターン C_b を説明するための概念図である。反射パターン C_b は、動的反射板の反射面による反射波（散乱波）のレベルを表す。第 1 角度 θ_T は、動的反射板の反射面から見た送信点 Tx の方向を表す角度である。第 2 角度 θ_R は、動的反射板の反射面から見た受信点 Rx の方向を表す角度である。設定反射角度 θ_{Ris} は、動的反射板の反射角の設定値である。図 8 及び図 9 において、横軸は第 2 角度 θ_R を表し、縦軸は

動的反射板の反射面による反射波（散乱波）のレベルを表す。

[0054] 図8には、第1角度 θ_T と設定反射角度 θ_{Ris} が同じである場合の反射パターン C_b と、第1角度 θ_T と設定反射角度 θ_{Ris} が異なる場合の反射パターン C_b が示されている。図9には、様々な設定反射角度 θ_{Ris} に対する反射パターン C_b が示されている。図8及び図9に示されるように、動的反射板の場合の反射パターン C_b は、第1角度 θ_T と設定反射角度 θ_{Ris} の関係によって変動する。よって、動的反射板の場合の反射パターン C_b は、第1角度 θ_T と第2角度 θ_R と設定反射角度 θ_{Ris} の関数で表されることになる。

[0055] 図8及び図9に示される反射パターン C_b を用いることによって、動的反射板の場合のパスゲイン PG は、次の式（8）で表される。

[0056] [数8]

$$PG(i) = C_T(i) \cdot \eta \cdot C_b(i, t, \theta_T, \theta_{Ris}, \theta_R) \cdot C_p \cdot N_{P,T}(i) \cdot N_{P,R}(i) \quad \dots(8)$$

[0057] 式（8）に示されるように、動的反射板の場合のパスゲイン PG に追加損失 η が追加されてもよい。追加損失 η は、予め定められていてもよい。

[0058] 図9には、 $\theta_R = \theta_{Ris}$ の場合の様々な設定反射角度 θ_{Ris} に対する反射パターン C_b の値を近似的に表す関数も示されている。動的反射板の場合の反射パターン C_b は、近似的に次の式（9）で表される。

[0059] [数9]

$$C_b = \cos(\theta_{Ris} - \theta_T) \quad \dots(9)$$

[0060] 対象構造物面11Xが動的反射板の反射面である場合、パスゲイン算出部140は、上記式（8）に基づいてパスゲイン PG を算出する。より詳細には、環境情報104は、動的反射板に関する情報も含んでいる。動的反射板に関する情報は、動的反射板であることを示すフラグ、動的反射板の設定反射角度 θ_{Ris} 、動的反射板の反射パターン C_b （図8、図9参照）、追加損失 η 、等を含んでいる。パスゲイン算出部140は、環境情報104に基づいて、対象構造物面11Xが動的反射板の反射面である場合のパスゲイン PG

を算出する。

[0061] 図10は、本実施の形態に係るパスゲイン算出処理（ステップS140）を示すフローチャートである。ステップS141において、パスゲイン算出部140は、環境情報104に基づいて、対象構造物面11Xが動的反射板の反射面であるか否かを判定する。

[0062] 対象構造物面11Xが動的反射板の反射面である場合（ステップS141；Yes）、処理はステップS142に進む。ステップS142において、パスゲイン算出部140は、上記式（8）に基づいてパスゲインPGを算出する。

[0063] 一方、対象構造物面11Xが動的反射板の反射面ではない場合（ステップS141；No）、処理はステップS143に進む。ステップS143において、パスゲイン算出部140は、上記式（6）に基づいてパスゲインPGを算出する。

[0064] 以上に説明されたように、本実施の形態によれば、反射方向が意図的に制御される動的反射板の特性も考慮してパスゲインPGを算出することが可能となる。つまり、動的反射板の特性をカラーイメージ法において考慮することが可能となる。すなわち、動的反射板の特性も考慮して電波伝搬特性を高速に推定することが可能となる。

符号の説明

[0065] 1…無線通信システム、10…構造物、11…構造物面、11X…対象構造物面、100…伝搬特性推定装置、101…プロセッサ、102…記憶装置、103…伝搬特性推定プログラム、104…環境情報、105…通信インタフェース、106…ユーザインタフェース、110…構造物面情報作成部、120…カラーイメージ作成部、130…構造物面抽出部、140…パスゲイン算出部、150…受信電力算出部

請求の範囲

- [請求項1] 送信点と受信点の間の電波伝搬特性を推定する伝搬特性推定装置であって、
- 1 又は複数のプロセッサと、
- 前記送信点から前記受信点への電波を反射、散乱する構造物面の配置を示す環境情報を記憶する1 又は複数の記憶装置と
- を備え、
- 前記1 又は複数のプロセッサは、
- 前記環境情報に基づいて、前記送信点と前記受信点の両方から見通しで見える前記構造物面を対象構造物面として抽出し、
- 前記送信点から見える前記対象構造物面の面積である第1 面積と、前記受信点から見える前記対象構造物面の面積である第2 面積と、前記対象構造物面による反射波のレベルを表す反射パターンとに基づいて、前記対象構造物面を経由する前記送信点と前記受信点との間の伝搬パスの前記電波伝搬特性を推定する
- ように構成され、
- 前記対象構造物面が動的反射板の反射面である場合、前記1 又は複数のプロセッサは、前記動的反射板の反射角の設定値に応じた前記反射パターンに基づいて、前記電波伝搬特性を推定する
- 伝搬特性推定装置。
- [請求項2] 請求項1 に記載の伝搬特性推定装置であって、
- θ_T は、前記動的反射板の前記反射面から見た前記送信点の方向を表す角度であり、
- θ_R は、前記動的反射板の前記反射面から見た前記受信点の方向を表す角度であり、
- θ_{Ris} は、前記動的反射板の前記反射角の前記設定値であり、
- 前記動的反射板の前記反射角の前記設定値に応じた前記反射パターンは、 θ_T 、 θ_R 、及び θ_{Ris} の関数で表される

伝搬特性推定装置。

[請求項3] 請求項2に記載の伝搬特性推定装置であって、
前記動的反射板の前記反射角の前記設定値に応じた前記反射パターンは、近似的に $\cos(\theta_{Ris} - \theta_T)$ で表される
伝搬特性推定装置。

[請求項4] 請求項1乃至3のいずれか一項に記載の伝搬特性推定装置であって、
、
前記1又は複数のプロセッサは、前記1面積と前記第2面積と前記反射パターンに基づいて、前記対象構造物面を経由した前記送信点と前記受信点との間の前記伝搬パスのパスゲインを算出し、前記パスゲインに基づいて前記電波伝搬特性を推定する
伝搬特性推定装置。

[請求項5] 請求項4に記載の伝搬特性推定装置であって、
前記対象構造物面が前記動的反射板の前記反射面である場合、前記1又は複数のプロセッサは、前記パスゲインに追加損失を追加する
伝搬特性推定装置。

[請求項6] 送信点と受信点の間の電波伝搬特性を推定する伝搬特性推定方法であって、
前記送信点から前記受信点への電波を反射、散乱する構造物面の配置を示す環境情報を取得することと、
前記環境情報に基づいて、前記送信点と前記受信点の両方から見通しで見える前記構造物面を対象構造物面として抽出することと、
前記送信点から見える前記対象構造物面の面積である第1面積と、前記受信点から見える前記対象構造物面の面積である第2面積と、前記対象構造物面による反射波のレベルを表す反射パターンとに基づいて、前記対象構造物面を経由する前記送信点と前記受信点との間の伝搬パスの前記電波伝搬特性を推定することと
を含み、

前記電波伝搬特性を推定することは、前記対象構造物面が動的反射板の反射面である場合、前記動的反射板の反射角の設定値に応じた前記反射パターンに基づいて前記電波伝搬特性を推定することを含む伝搬特性推定方法。

[請求項7] 送信点と受信点の間の電波伝搬特性を推定する伝搬特性推定プログラムであって、

前記伝搬特性推定プログラムは、コンピュータによって実行され、前記送信点から前記受信点への電波を反射、散乱する構造物面の配置を示す環境情報を取得することと、

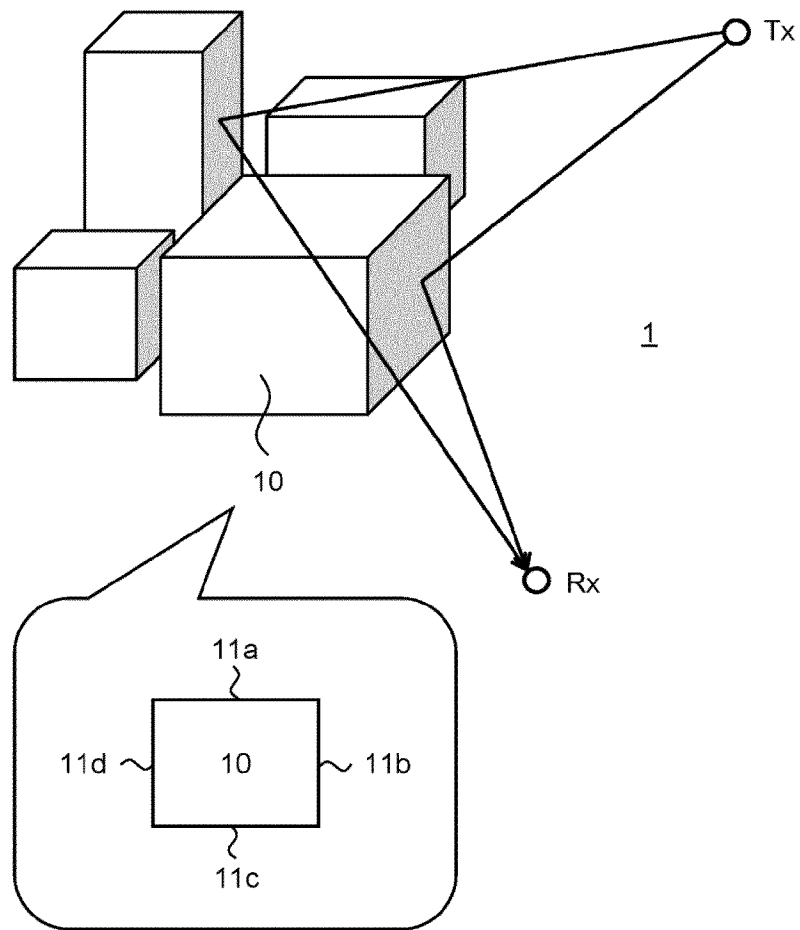
前記環境情報に基づいて、前記送信点と前記受信点の両方から見通しで見える前記構造物面を対象構造物面として抽出することと、

前記送信点から見える前記対象構造物面の面積である第1面積と、前記受信点から見える前記対象構造物面の面積である第2面積と、前記対象構造物面による反射波のレベルを表す反射パターンとに基づいて、前記対象構造物面を経由する前記送信点と前記受信点との間の伝搬パスの前記電波伝搬特性を推定することと

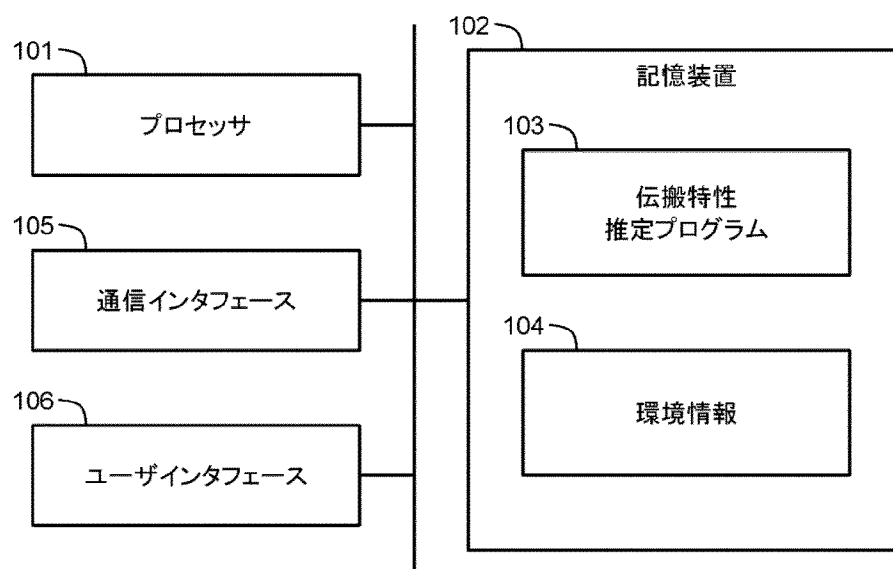
を前記コンピュータに実行させ、

前記電波伝搬特性を推定することは、前記対象構造物面が動的反射板の反射面である場合、前記動的反射板の反射角の設定値に応じた前記反射パターンに基づいて前記電波伝搬特性を推定することを含む伝搬特性推定プログラム。

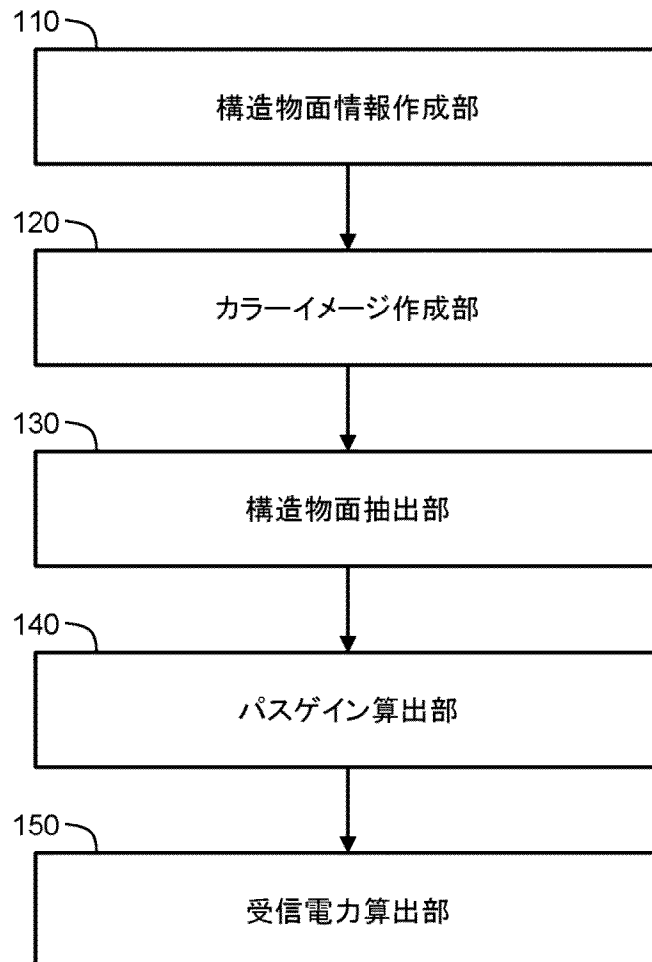
[図1]



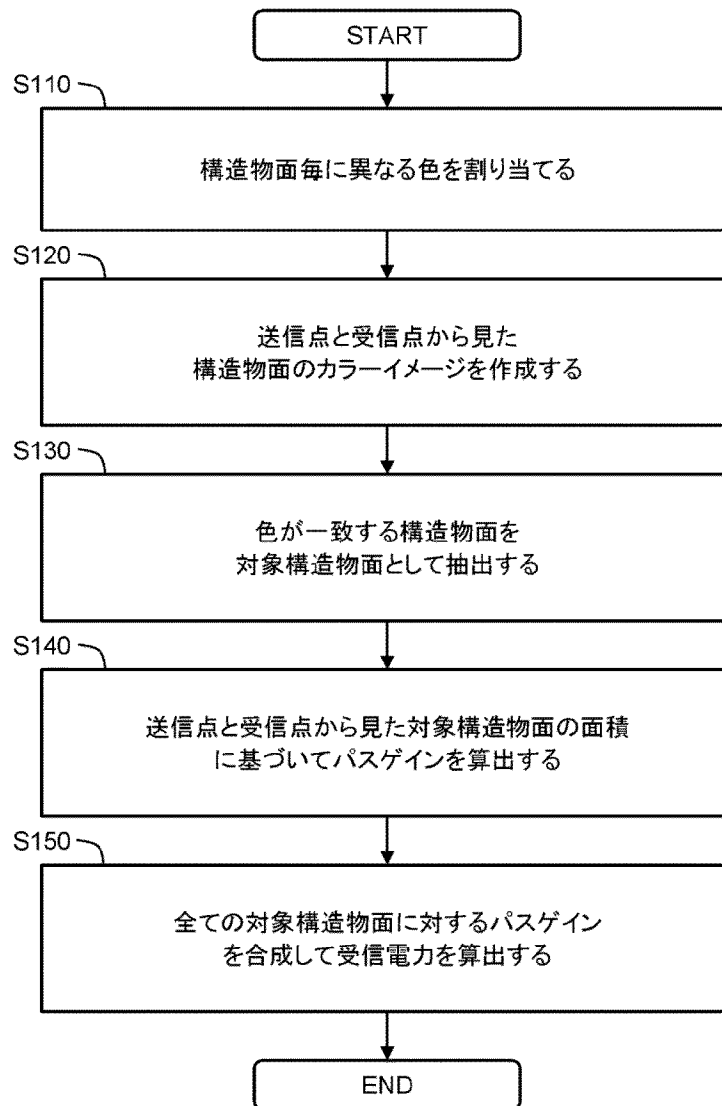
[図2]



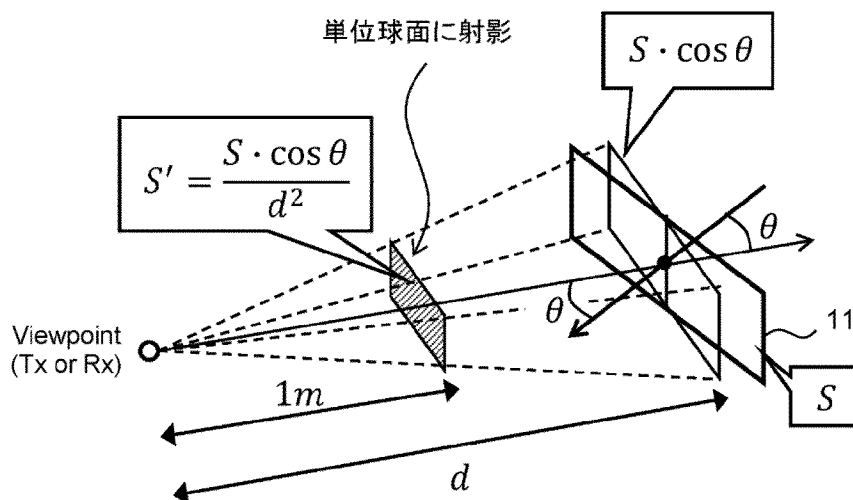
[図3]

100: 伝搬特性推定装置

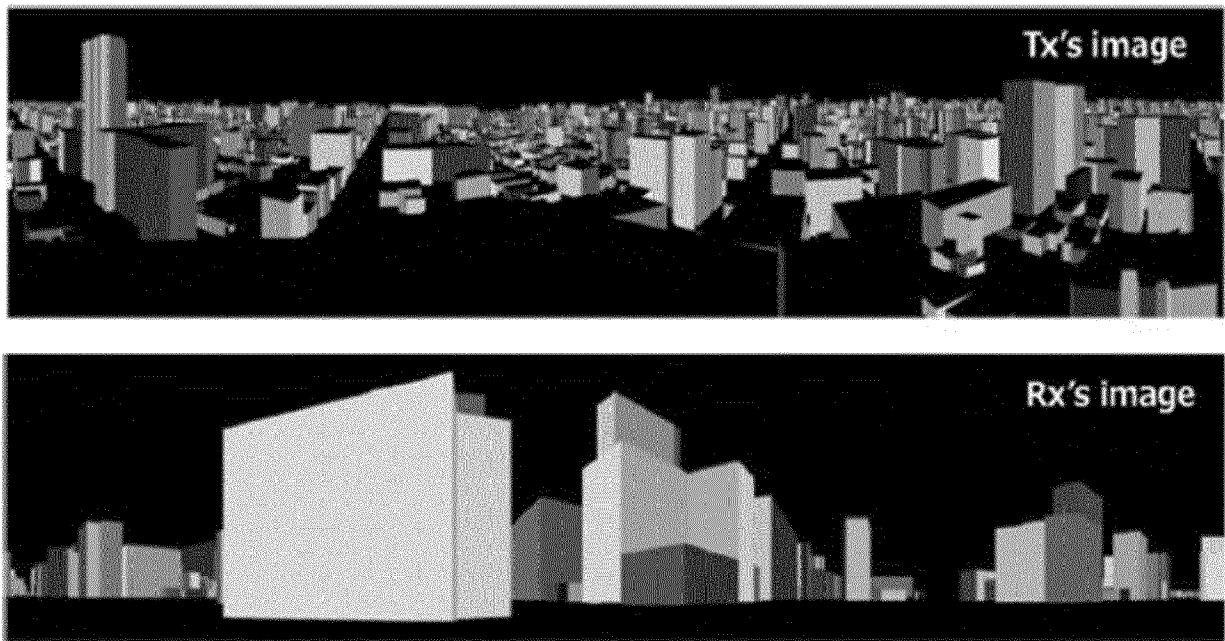
[図4]



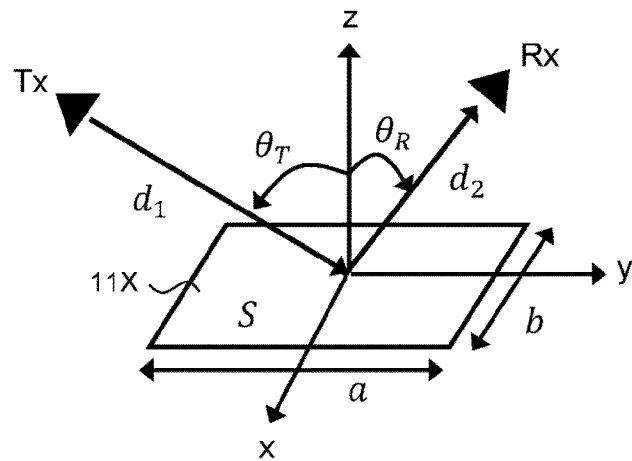
[図5]



[図6]

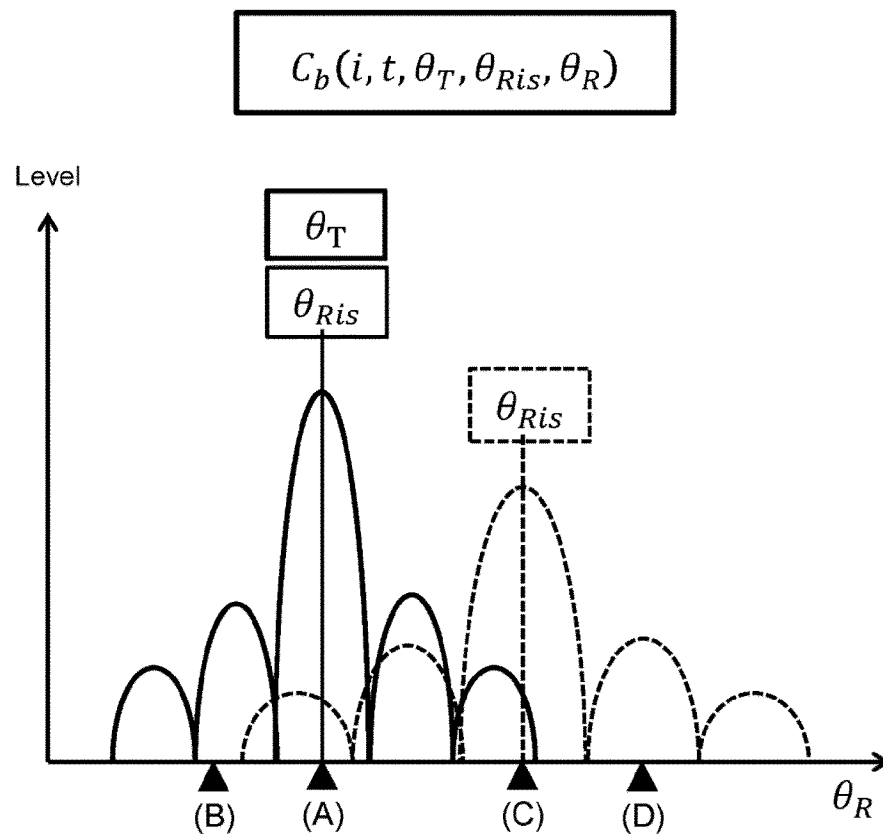


[図7]



$$\sigma = \frac{4\pi}{\lambda^2} S^2 \cos^2 \theta_R \cdot \underbrace{\text{sinc}^2 \left\{ \frac{\pi b}{\lambda} (\sin \theta_T + \sin \theta_R) \right\}}_{C_b}$$

[図8]



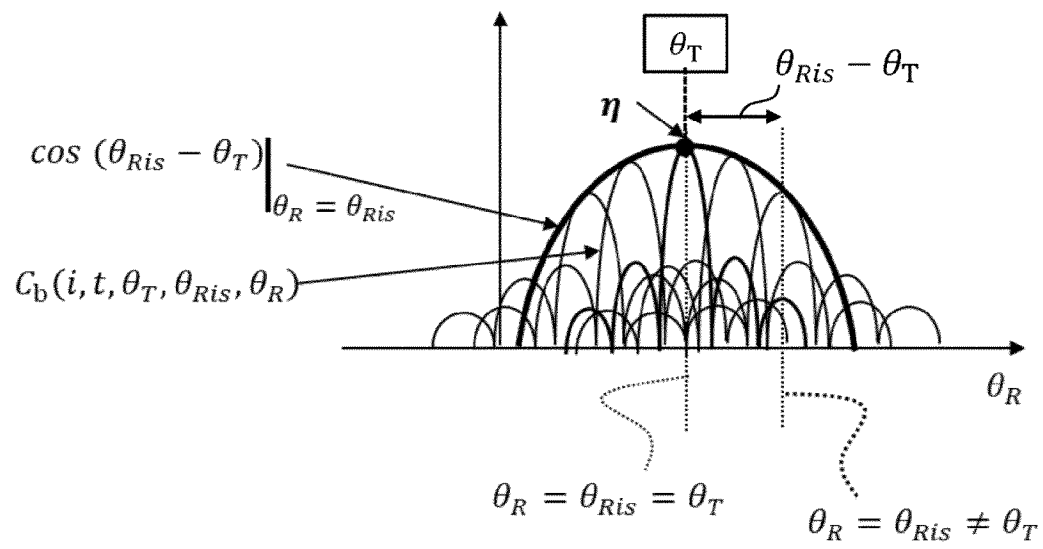
$$(A) \theta_R = \theta_{Ris} = \theta_T$$

$$(B) \theta_R \neq \theta_{Ris} = \theta_T$$

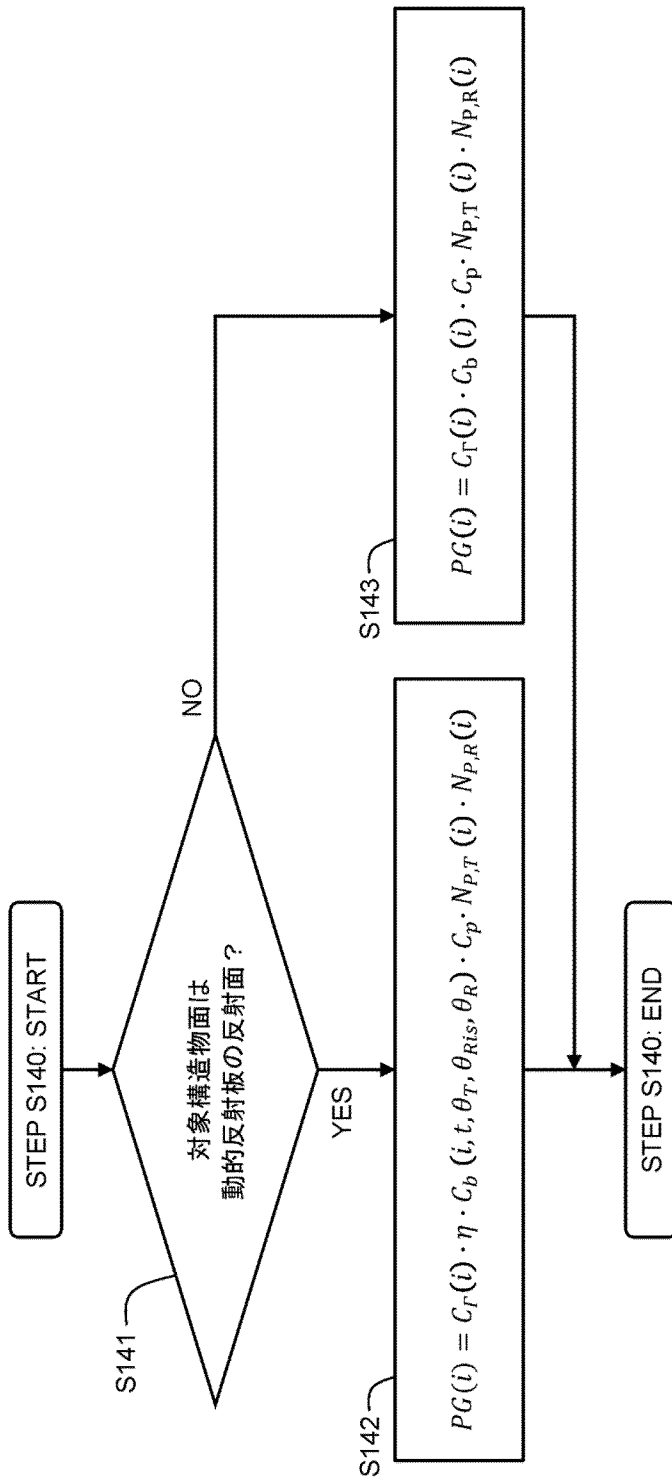
$$(C) \theta_R = \theta_{Ris} \neq \theta_T$$

$$(D) \theta_R \neq \theta_{Ris} \neq \theta_T$$

[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/023553

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H04W 16/18**(2009.01)i

FI: H04W16/18

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)

H04B7/24-7/26; H04W4/00-99/00

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023

Registered utility model specifications of Japan 1996-2023

Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	富永 貴大, カラーイメージを用いた電波伝搬特性の新推定法, 信学技報, vol. 122. no. 153. AP2022-67. August 2022, pp. 17-22, (TOMIE, Takahiro. A Novel Estimation Method of Radio Propagation Characteristics Based on Color Images. IEICE Technical Report.) particularly, section 2	1, 4-7
A		2-3
A	JP 2023-004867 A (NTT DOCOMO, INC.) 17 January 2023 (2023-01-17) entire text	1-7



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

28 August 2023

Date of mailing of the international search report

05 September 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)

3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915

Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/023553

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2023-004867 A	17 January 2023	WO 2022/269583 A1	
----- entire text			

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H04W 16/18(2009.01)i FI: H04W16/18		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） H04B7/24-7/26; H04W4/00-99/00		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	富永 貴大, カラーイメージを用いた電波伝搬特性の新推定法, 信学技報, vol. 122, no. 153, AP2022-67, 2022.08, pp.17-22 特に2節	1, 4-7
A		2-3
A	JP 2023-004867 A (株式会社NTTドコモ) 17.01.2023 (2023-01-17) 全文	1-7
☐ 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、一般の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抵触するものではなく、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 28.08.2023		国際調査報告の発送日 05.09.2023
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 三枝 保裕 5J 6305 電話番号 03-3581-1101 内線 3534

PCT/JP2023/023553

様式 PCT/ISA/210 (パテントファミリー用別紙) (2015年1月)