

(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
2022年1月27日(27.01.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/018800 A1

(51) 国際特許分類:

H04W 16/26 (2009.01) H04W 64/00 (2009.01)
H04W 16/28 (2009.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/028123

(22) 国際出願日: 2020年7月20日(20.07.2020)

(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).

(72) 発明者: 岩 渕 匡 史 (IWABUCHI, Masashi); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 1 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9-1 1 N T T 知的財産センタ内

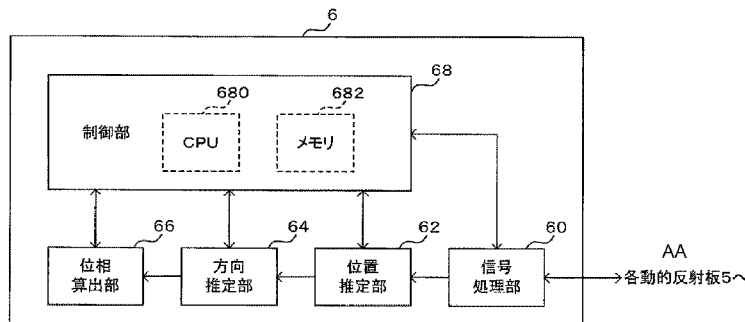
Tokyo (JP). 村上 友規(MURAKAMI, Tomoki); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 大宮 陸(OMIYA, Riku); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 鷹取 泰司(TAKATORI, Yasushi); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人高田・高橋国際特許事務所 (TAKADA, TAKAHASHI & PARTNERS); 〒1040045 東京都中央区築地1丁目12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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH,

(54) Title: REFLECTION DIRECTION CONTROL SYSTEM, REFLECTION DIRECTION CONTROL DEVICE, REFLECTION DIRECTION CONTROL METHOD, AND REFLECTION DIRECTION CONTROL PROGRAM

(54) 発明の名称: 反射方向制御システム、反射方向制御装置、反射方向制御方法、及び反射方向制御プログラム



60 Signal processing unit
62 Position estimating unit
64 Direction estimating unit
66 Phase calculating unit
68 Control unit
682 Memory
AA To each dynamic reflector plate 5

(57) Abstract: This reflection direction control system includes: a plurality of reflecting units each provided with a plurality of reflecting elements; a position estimating unit for estimating the positions of each of one or more radio terminals on the basis of radio waves transmitted by the radio terminals to the plurality of reflecting units; a direction estimating unit for estimating the direction of incidence of the radio waves transmitted to the reflecting units by each radio terminal, on the basis of the position of each radio terminal estimated by the position estimating unit; a phase calculating unit for calculating the phases of radio waves to be reflected by each of the plurality of reflecting elements such that the radio waves incident from the directions estimated by the direction estimating unit are reflected in prescribed directions by the reflecting units; and a phase control unit for controlling the phases of the radio waves reflected by each of the plurality of reflecting elements, on the basis of the phases calculated by the phase calculating unit.

KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 反射方向制御システムは、複数の反射素子をそれぞれ備える複数の反射部と、1台以上の無線端末が複数の反射部に対して送信した電波に基づいて、無線端末それぞれの位置を推定する位置推定部と、位置推定部が推定した無線端末それぞれの位置に基づいて、反射部に対して無線端末それぞれが送信する電波の入射方向を推定する方向推定部と、方向推定部が推定した方向に入射される電波を反射部が所定方向に反射させるように、複数の反射素子それぞれが反射すべき電波の位相を算出する位相算出部と、位相算出部が算出した位相に基づいて、複数の反射素子それぞれが反射する電波の位相を制御する位相制御部とを有する。

明 細 書

発明の名称：

反射方向制御システム、反射方向制御装置、反射方向制御方法、及び反射方向制御プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、反射方向制御システム、反射方向制御装置、反射方向制御方法、及び反射方向制御プログラムに関する。

背景技術

[0002] 無線アクセスの高速大容量化を図るために、広帯域を確保可能な高周波数帯を活用することが注目されている。例えば、第5世代移動通信システムでは28GHz帯を、無線LAN規格であるIEEE802.11ad（ミリ波無線LANシステム）では60GHz帯を用いて高速大容量化を実現している。

[0003] 高周波数帯の電波は、低周波数帯の電波よりも減衰しやすく、回折しづらい電波特性を有している。そのため、高周波数帯を活用する場合、伝送距離が短いことや、遮蔽によって受信品質が大きく劣化することが課題となっている。

[0004] 電波の減衰を補償するためには、送受信局において多素子アンテナを用いたビームフォーミングが有効である。すなわち、ビームフォーミング利得によって電波減衰を補償し、伝送距離を延ばすことが可能である。

[0005] ビームフォーミングでは、送受信局の双方で特定の方向からの電波を強く送受信するため、受信局では電力の高い1つのパスからの電波を主に受信することになる。その結果、ビームフォーミングでは空間多重数が1（又は、偏波多重により2）にとどまり、同一信号を受信することによる空間ダイバーシチ効果も得づらくなっている。

[0006] 一方、遮蔽や見通し外における受信品質の劣化を改善するためには、多数のアンテナを設置する方法がある。例えば、多くの送信アンテナを設置する

ことにより、遮蔽や見通し外となる範囲を少なくすることができる。また、多くの送信アンテナを設置することにより、上述したビームフォーミングにおける課題を解決することも可能である。

[0007] しかし、多数の送信アンテナを設置することは、ネットワークコストの増加や設置場所の不足を招いてしまうという問題がある。多数の送信点を設けるという観点では、より低コストであり、かつ、設置規模や制約が小さい反射板などを活用することも有効である。

[0008] 従来は、反射特性を動的に制御することは困難であった。しかし、メタサーフェスやアレー素子構成を用いた反射特性の動的制御が可能な反射板（動的反射板）が開発可能となったことから、動的反射板を用いて遮蔽や見通し外の範囲を小さくしつつ、空間多重化や空間ダイバーシチ利得を得る方法が実現可能となっている（例えば、非特許文献 1，2，3 参照）。

[0009] 動的反射板を制御する方法には、動的反射板が電波を反射させるときに、電波の位相を制御することによって電波の特性を変化させる方法がある。例えば、送受信局間のチャネル情報（CSI：Channel State Information）に基づいて、アレー素子で構成された動的反射板が反射させる電波の位相を変化させる方法がある（例えば、非特許文献 3 参照）。

先行技術文献

非特許文献

[0010] 非特許文献1：C.Liaskos, A.Tsioliariidou, A.Pitsillides, S.Ioannidis, and I.Akyildiz, "Using Any Surface to Realize a New Paradigm for Wireless Communications", Communications of the ACM, Nov. 2018., Vol.61, No.11, pp.30-33

非特許文献2：E.Baser, M.D.Renzo, J.D.Rosny, M.Debbah, M-SAlouini, and R.Zhang, "Wireless Communications Through Reconfigurable Intelligent Surfaces", IEEE Access, Aug. 2019., Vol.7, pp.116753-116773

非特許文献3：Q.Wu, and R.Zhang, "Intelligent Reflecting Surface Enhanced Wireless Network via Joint Active and Passive Beamforming", IEEE

transaction on wireless communications, Nov. 2019., vol.18, no.11, pp .5394-5409

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0011] しかしながら、送受信局間のチャネル情報に基づく従来方式では、受信局における特性を最適な状態にすることが可能であるが、電波が経由するアレー素子ごとのチャネル情報が必要になってしまう。例えば、動的反射板が100個のアレー素子からなる場合、100通りのチャネル情報に基づいて位相の変化量を算出する必要がある。
- [0012] つまり、チャネル情報を取得するために、大きなオーバーヘッドが生じてしまう。また、アレー素子それぞれの位相の変化量を算出するためには、一定の計算リソースが必要であると考えられるため、位相の変化量を基地局側で算出することが想定される。この場合には、基地局に新たな機能を持たせなければ、動的反射板による品質改善を実現することができない。
- [0013] また、基地局と動的反射板とは、離れた場所に設置されることが想定される。そのため、従来方法では、基地局が算出した位相の変化量を動的反射板に反映させるための通信手段が必要になり、動的反射板も当該基地局と連携するための機能が必要であった。
- [0014] 本発明は、上述した課題を鑑みてなされたものであり、電波の反射方向を少ない演算量で動的に制御することができる反射方向制御システム、反射方向制御装置、反射方向制御方法、及び反射方向制御プログラム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

- [0015] 本発明の一態様にかかる反射方向制御システムは、複数の反射素子をそれぞれ備える複数の反射部と、1台以上の無線端末が複数の前記反射部に対して送信した電波に基づいて、無線端末それぞれの位置を推定する位置推定部と、前記位置推定部が推定した無線端末それぞれの位置に基づいて、前記反射部に対して無線端末それぞれが送信する電波の入射方向を推定する方向推

定部と、前記方向推定部が推定した方向に入射される電波を前記反射部が所定方向に反射させるように、複数の前記反射素子それぞれが反射すべき電波の位相を算出する位相算出部と、前記位相算出部が算出した位相に基づいて、複数の前記反射素子それぞれが反射する電波の位相を制御する位相制御部とを有することを特徴とする。

[0016] また、本発明の一態様にかかる反射方向制御装置は、複数の反射素子をそれぞれ備える複数の反射部に対して、1台以上の無線端末が送信した電波に基づいて、無線端末それぞれの位置を推定する位置推定部と、前記位置推定部が推定した無線端末それぞれの位置に基づいて、前記反射部に対して無線端末それぞれが送信する電波の入射方向を推定する方向推定部と、前記方向推定部が推定した方向に入射される電波を前記反射部が所定方向に反射させるように、複数の前記反射素子それぞれが反射すべき電波の位相を算出する位相算出部と、前記位相算出部が算出した位相に基づいて、複数の前記反射素子それぞれが反射する電波の位相を制御する位相制御部とを有することを特徴とする。

[0017] また、本発明の一態様にかかる反射方向制御方法は、複数の反射素子をそれぞれ備える複数の反射部に対し、1台以上の無線端末が送信した電波に基づいて、無線端末それぞれの位置を推定する位置推定工程と、推定した無線端末それぞれの位置に基づいて、前記反射部に対して無線端末それぞれが送信する電波の入射方向を推定する方向推定工程と、推定した方向に入射される電波を前記反射部が所定方向に反射させるように、複数の前記反射素子それぞれが反射すべき電波の位相を算出する位相算出工程と、算出した位相に基づいて、複数の前記反射素子それぞれが反射する電波の位相を制御する位相制御工程とを含むことを特徴とする。

発明の効果

[0018] 本発明によれば、電波の反射方向を少ない演算量で動的に制御することができる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]一実施形態にかかる無線通信システムの構成例を示す図である。

[図2]動的反射板が有する機能を例示する機能ブロックである。

[図3]反射方向制御装置が有する機能を例示する機能ブロックである。

[図4]動的反射板に対する電波の入射方向及び反射方向と、動的反射板の設置方向との関係を模式的に示す図である。

[図5]無線通信システムの動作例を示すシーケンス図である。

[図6]動的反射板の変形例が有する機能を例示する機能ブロックである。

[図7]反射方向制御装置の変形例が有する機能を例示する機能ブロックである。

[図8]無線通信システムの変形例の動作例を示すシーケンス図である。

[図9]反射方向制御装置のハードウェア構成例を示す図である。

[図10]動的反射板を備えた比較例の無線通信システムの構成例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0020] 一実施形態にかかる反射方向制御システムを説明するにあたって、まず、本発明がなされるに至った背景について説明する。図10は、動的反射板を備えた比較例の無線通信システム10の構成例を示す図である。

[0021] 無線通信システム10は、基地局11と無線端末12とが無線通信を行うために、複数の反射素子を備える動的反射板13が電波を反射させて中継する。このとき、基地局11は、動的反射板13が備える複数の反射素子の全てに対するチャネル情報（CSI：Channel State Information）を取得し、動的反射板13が反射させる電波の位相を調整する。

[0022] したがって、基地局11は、一般的な基地局としての機能に加えて、複数の反射素子の全てに対するチャネル情報を取得して処理する高度な信号処理機能と、動的反射板13に対して反射特性を変化させるための位相に関する情報を通知する機能が必要である。

[0023] つまり、基地局11は、チャネル情報を取得するためのオーバーヘッドが増加し、反射素子の数が多ければ動的反射板13が反射させる電波の位相を

動的に制御するための演算量が膨大になってしまう。

[0024] 次に、一実施形態にかかる反射方向制御システムを備えた無線通信システムについて説明する。図1は、一実施形態にかかる無線通信システム1の構成例を示す図である。図1に示すように、無線通信システム1は、例えば基地局2と、1台以上の無線端末3とが反射方向制御システム4を介して無線通信を行うように構成されている。

[0025] 反射方向制御システム4は、例えば動的反射板5-1、5-2と、反射方向制御装置6とを有する。例えば、動的反射板5-1、5-2は、それぞれ無線端末3が送信する無線信号を受信し、受信信号を処理して反射方向制御装置6へ送信する。

[0026] 反射方向制御装置6は、動的反射板5-1、5-2それぞれから入力された信号に基づいて、無線端末3の位置を推定（測位）し、動的反射板5-1、5-2それぞれに対して無線端末3が送信する電波の入射方向を推定する。

[0027] また、反射方向制御装置6は、推定した方向に入射される電波を動的反射板5-1、5-2が例えば基地局2に向けて反射させるように、複数の反射素子それぞれが反射すべき電波の位相を算出する。このとき、反射方向制御装置6は、例えば予め設定された基地局2の位置情報、又は、基地局2が送信して動的反射板5-1、5-2が反射させた電波を用いて推定した基地局2の位置情報に基づいて、複数の反射素子それぞれが反射すべき電波の位相を算出する。

[0028] 反射方向制御装置6は、複数の反射素子それぞれに対して算出した位相を示す情報を動的反射板5-1、5-2に対して送信する。

[0029] 動的反射板5-1、5-2は、反射方向制御装置6から受信した位相を示す情報に基づいて、無線端末3が送信した電波を効率的に基地局2へ中継するように、複数の反射素子それぞれが反射する電波の位相を動的に制御する。

[0030] 同様に、反射方向制御システム4は、基地局2が送信した電波を効率的に

無線端末 3 へ中継するように、複数の反射素子それぞれが反射する電波の位相を動的に制御する。ここでは、反射方向制御システム 4 は、動的反射板 5-1, 5-2 が電波の位相を動的に制御する場合を例に説明するが、動的反射板 5-1, 5-2 に代えて、電力増幅器を有するリピータによって電波を中継する中継装置として構成されてもよい。

[0031] つまり、無線通信システム 1 は、複数の反射素子の全てに対するチャネル情報を取得することなく、反射素子の全てに対するチャネル情報を処理する高度な信号処理機能を備えていなくても、電波の反射方向を動的に制御することができる。

[0032] 次に、反射方向制御システム 4 を構成する各部について詳述する。なお、動的反射板 5-1, 5-2 のように複数ある構成のいずれかを特定しない場合には、単に動的反射板 5 などと略記する。

[0033] 図 2 は、動的反射板 5 が有する機能を例示する機能ブロックである。図 2 に示すように、動的反射板 5 は、例えば反射部 50、アンテナ部 52、端末信号処理部 54、制御信号処理部 56、及び反射制御部 58 を有する。

[0034] 反射部 50 は、複数の反射素子 500 を備え、例えば複数の反射素子 500 がアレー状に配置されている。反射素子 500 は、基地局 2 が送信する電波、及び、無線端末 3 が送信する電波を反射制御部 58 の制御に応じて反射させる。例えば、反射素子 500 は、いわゆるメタマテリアルであり、電波を反射させるときに位相をシフトさせる特性を有する。

[0035] アンテナ部 52 は、無線端末 3 との間で電波を送受信する。具体的には、アンテナ部 52 は、無線端末 3 が送信する電波（無線信号）を受信して受信信号（通知信号など）を端末信号処理部 54 へ出力し、端末信号処理部 54 が出力する信号を無線端末 3 へ送信する。

[0036] 端末信号処理部 54 は、RF 部 540、信号処理部 542、及び測定部 544 を有する。RF 部 540 は、アンテナ部 52 が受信した電波に対し、信号処理部 542 がデジタル信号処理を行うために必要な信号処理を行う。また、RF 部 540 は、信号処理部 542 が処理した送信信号を所定の電波に

変換して送信するために必要な処理を行う。例えば、RF部540は、信号増幅、システム帯域からのダウンコンバージョン、又はシステム帯域へのアップコンバージョン、及びフィルタリングなどの処理を行う。

[0037] 信号処理部542は、無線信号を復調する機能を備え、例えば復調信号から無線端末3を識別する識別信号を抽出して測定部544へ出力する。また、信号処理部542は、無線信号を送信するために、例えば無線端末3との無線通信に用いる制御信号の変調などを行ってRF部540へ出力する。

[0038] 測定部544は、無線信号の受信電力又は到来時間などを測定する機能を有する。例えば、測定部544は、RF部540が出力した信号を直接測定してもよいし、信号処理部542が復調した信号を用いて測定を行ってもよい。そして、測定部544は、信号処理部542から入力された無線端末3の識別信号と測定結果とを対応づけて制御信号処理部56へ出力する。

[0039] 制御信号処理部56は、例えば信号処理部560を有する。信号処理部560は、例えば測定部544から入力された信号を、図示しない通信部を介して反射方向制御装置6へ送信する処理を行う。また、制御信号処理部56は、図示しない通信部を介して反射方向制御装置6から受信した信号を処理して反射制御部58へ出力する。例えば、制御信号処理部56は、反射方向制御装置6から受信した信号（例えば、位相変化量などの位相に対する制御情報）に基づいて、反射制御部58に反射部50を制御させる。

[0040] 反射制御部58は、複数の位相変換部580と、位相変換部580それぞれを制御する位相制御部582とを有する。位相変換部580は、例えば反射素子500それぞれに対して個別に設けられ、反射素子500が反射する電波の位相を位相制御部582からの制御に応じて変化させる変換を行う。位相制御部582は、信号処理部560から入力された信号（後述する位相算出部66が算出した位相）に基づいて位相変換部580それぞれを制御する。

[0041] 例えば、位相制御部582は、反射方向制御装置6が送信した位相に対する制御情報に基づいて、複数の反射素子500それぞれが反射させる電波の

位相が少しずつずれるように、複数の位相変換部 580 それぞれを制御する。例えば、反射素子 500 が上述したメタマテリアルである場合、位相変換部 580 は、位相制御部 582 の制御に応じて反射素子 500 の特性を変化させることにより、反射素子 500 による位相シフト量を動的に変化させる。このように、位相制御部 582 は、メタマテリアルの特性変化、位相変化量の乗算、又は所定の遅延の付与などにより、反射部 50 が所定の方向にビームフォーミングを行うように制御を行う。

[0042] 反射素子 500 に対する制御可能な位相量が離散的である場合、位相制御部 582 は、反射方向制御装置 6 が送信した位相変化量に最も近い位相量を、設定可能な位相量の中から選択して複数の位相変換部 580 それぞれを制御する。

[0043] 図 3 は、一実施形態にかかる反射方向制御装置 6 が有する機能を例示する機能ブロックである。図 3 に示すように、反射方向制御装置 6 は、信号処理部 60、位置推定部 62、方向推定部 64、位相算出部 66、及び制御部 68 を有する。

[0044] 信号処理部 60 は、各動的反射板 5 が送信した信号を図示しない通信部を介して受信し、復調して得られた信号を位置推定部 62 に対して出力する。また、信号処理部 60 は、制御部 68 から入力される信号（例えば後述する位相を示す情報）を、図示しない通信部を介して各動的反射板 5 へ送信する。

[0045] 位置推定部 62 は、信号処理部 60 が復調した複数の動的反射板 5 から収集した情報を用いて無線端末 3 それぞれの位置を推定（測位）する。例えば、位置推定部 62 は、無線端末 3 それぞれが複数の動的反射板 5 に対して送信した電波に基づいて、無線端末 3 それぞれの位置を推定する。

[0046] 信号処理部 60 が復調した信号には、例えば無線端末 3 それぞれの識別番号が含まれる。したがって、位置推定部 62 は、所定期間内に収集された同一の識別番号に対応づけられた受信電力又は到来時間などの情報を用いることが可能である。

- [0047] 位置推定部 6 2 は、同一の無線端末 3 に対する複数の動的反射板 5 からの電波の到来時間の差分を用いて無線端末 3 の位置を推定してもよい。受信電力又は到来時間を用いて無線端末 3 それぞれの位置を推定する方法は任意のアルゴリズムでよい。
- [0048] なお、反射方向制御装置 6 が無線端末 3 の位置を推定するために無線端末 3 が送信する信号は、基地局 2 と無線端末 3 との通信に用いられる無線通信システムと同じ方式の信号であってもよいし、異なる方式の信号であってもよい。
- [0049] 具体的には、反射方向制御装置 6 が無線端末 3 の位置を推定するために、無線端末 3 は、セルラシステムや無線 LAN 等の既存の無線通信システムで規定された方式の信号を送信してもよいし、独自に規定された他の方式の信号を送信してもよい。
- [0050] また、無線端末 3 は、同一の周波数帯で信号を送信してもよいし、異なる周波数帯で信号を送信してもよい。例えば、無線端末 3 は、基地局 2 との間の通信では高周波数帯を用い、反射方向制御装置 6 が無線端末 3 の位置を推定するために用いる信号は低周波数帯を用いて送信してもよい。これにより、反射方向制御装置 6 が無線端末 3 の位置を推定するために用いられる信号が高周波数帯の信号であるために届きにくくなることを回避することができ、測位が容易となる。
- [0051] そして、位置推定部 6 2 は、推定した無線端末 3 それぞれの位置を示す位置情報を無線端末 3 の識別番号と対応づけて方向推定部 6 4 及び制御部 6 8 に対して出力する。また、位置推定部 6 2 は、例えば予め定められた関連する動的反射板 5 の識別番号も同様に、方向推定部 6 4 に対して出力する。
- [0052] 方向推定部 6 4 は、位置推定部 6 2 が推定した無線端末 3 それぞれの位置に基づいて、反射部 5 0 に対して無線端末 3 それぞれが送信する電波の入射方向（及び反射方向）を推定する。例えば、方向推定部 6 4 は、位置推定部 6 2 から入力された無線端末 3 それぞれの位置情報と、各動的反射板 5 の位置情報及び設置方向情報とを用いて、無線端末 3 から動的反射板 5 への電波

の入射方向（動的反射板 5 から無線端末 3 への反射方向）を推定する。

[0053] 図 4 は、動的反射板 5 に対する電波の入射方向及び反射方向と、動的反射板 5 の設置方向との関係を模式的に示す図である。なお、図 4 においては、下りリンク伝送時の電波の入射方向及び反射方向が示されているが、上りリンク伝送時には、入射方向及び反射方向が逆になり、入射角と反射角が入れ替わる。

[0054] 例えば、方向推定部 64 は、予め各動的反射板 5 の位置及び設置方向を示す情報を取得しているとする。動的反射板 5 の位置及び設置方向を示す情報は、当該動的反射板 5 が設置されたときに反射方向制御装置 6 が取得してもよいし、動的反射板 5 が自身の位置及び設置方向を測定する機能を備え、動的反射板 5 が測定した自身の位置及び設置方向を反射方向制御装置 6 が取得してもよい。

[0055] 例えば、動的反射板 5 は、GPS (Global Positioning System) により自身の位置を測位してもよいし、ジャイロセンサを用いて自身の設置方向及び傾きを測定してもよい。そして、動的反射板 5 は、任意に設定されたタイミングで測定する度に測定結果を反射方向制御装置 6 へ送信する。反射方向制御装置 6 は、動的反射板 5 から受信した測定結果を逐次更新して記憶する。

[0056] また、方向推定部 64 は、動的反射板 5 から基地局 2 への方向を示す方向情報を予め取得してもよい。例えば、方向推定部 64 は、動的反射板 5 から基地局 2 への方向を示す方向情報を、当該動的反射板 5 が設置されたときに取得してもよいし、基地局 2 の位置と動的反射板 5 の位置に基づいて推定してもよい。

[0057] さらに、反射方向制御装置 6 は、無線端末 3 の位置を推定した場合と同様に基地局 2 の位置を推定し、予め取得した動的反射板 5 の位置情報と、上述した方法で取得した動的反射板 5 の位置情報及び設置方向とを用いて、動的反射板 5 から基地局 2 への方向を算出してもよい。

[0058] このように、方向推定部 64 は、動的反射板 5 から基地局 2 への方向を示す方向情報を用いて、図 4 に示した入射角を推定してもよい。また、方向推

定部 6 4 は、位置推定部 6 2 が推定した無線端末 3 の位置情報と、上述した方法で取得した動的反射板 5 の位置情報及び設置方向とを用いて、図 4 に示した反射角を推定してもよい。

[0059] なお、方向推定部 6 4 は、下りリンク伝送時には、動的反射板 5 の設置方向に対する動的反射板 5 から無線端末 3 への方角を、基地局 2 からの電波を反射させる反射角として推定する。また、上りリンク伝送時には、動的反射板 5 の設置方向に対する無線端末 3 から動的反射板 5 への方角を、無線端末 3 からの電波を入射させる入射角として推定する。

[0060] また、方向推定部 6 4 は、位置推定部 6 2 から入力された関連する動的反射板 5 の識別番号が複数ある場合には、動的反射板 5 それぞれに対して電波の入射方向（及び反射方向）を推定する。

[0061] そして、方向推定部 6 4 は、推定した電波の入射方向（及び反射方向）を示す方向情報を、無線端末 3 それぞれの識別番号及び動的反射板 5 それぞれの識別番号と対応付けて、位相算出部 6 6（図 3）及び制御部 6 8 に対して出力する。

[0062] 位相算出部 6 6 は、方向推定部 6 4 が推定した方向に入射される電波を反射部 5 0 が所定方向に反射させるように、複数の動的反射板 5 それぞれが有する複数の反射素子 5 0 0 それぞれが反射すべき電波の位相を算出し、算出した位相を示す情報を制御部 6 8 に対して出力する。ここで、位相算出部 6 6 は、例えば図 4 に示した入射角と反射角を用いて電波の位相を算出する。

[0063] また、位相算出部 6 6 は、動的反射板 5 から無線端末 3 への方角に代えて、複数の無線端末 3 の位置情報を参照し、最も多くの無線端末 3 が存在する可能性が高い位置への方角に反射部 5 0 がビームフォーミングを行うように電波の位相を算出してもよい。

[0064] 例えば、位相算出部 6 6 は、複数の無線端末 3 の位置情報を用いて無線端末 3 相互の距離を算出し、無線端末 3 相互の距離が所定値以下となる複数の無線端末 3 をクラスタ化してもよい。

[0065] また、位相算出部 6 6 は、クラスタ内の無線端末 3 それぞれの位置情報が

ら、クラスタ内の無線端末3の位置重心点を求め、動的反射板5から無線端末3への方向に代えて、動的反射板5から無線端末3の位置重心点への方向を用いてもよい。

[0066] つまり、位相算出部66は、所定方向から入射される電波を、所定条件を満たす複数の無線端末3からなるクラスタに向けて反射部50が反射させるように、複数の反射素子500それぞれが反射すべき電波の位相を算出してもよい。

[0067] また、位相算出部66は、予め定められた優先度に基づいて、複数の反射素子500それぞれが反射すべき電波の位相を反射部50ごとに算出してもよい。

[0068] また、位相算出部66は、複数の無線端末3が送信した電波を1つの反射部50が反射させる場合、複数の反射素子500を複数の反射素子群に分割し、反射素子群ごとに異なる無線端末3に向けて電波を反射させるように、反射素子500それぞれが反射すべき電波の位相を算出してもよい。

[0069] 制御部68は、CPU680及びメモリ682を備え、反射方向制御装置6を構成する各部を制御する。また、制御部68は、位置推定部62、方向推定部64及び位相算出部66から入力された情報をメモリ682に記憶させ、例えば位相算出部66が算出した位相を示す情報それぞれを信号処理部60に対して出力する。

[0070] メモリ682は、例えば無線端末3それぞれの位置情報、各動的反射板5の位置情報及び設置方向、各動的反射板5から無線端末3への方向、及び位相算出部66が算出した位相を示す情報などを記憶する。

[0071] また、メモリ682は、方向推定部64からの呼び出しに応じて、各動的反射板5の位置情報及び設置方向を方向推定部64に対して出力するように構成されてもよい。また、メモリ682は、位相算出部66からの呼び出しに応じて、動的反射板5から無線端末3への方向を位相算出部66に対して出力するように構成されてもよい。

[0072] また、制御部68は、反射方向制御装置6が無線端末3の位置を推定する

ための信号を複数の無線端末 3 から受信した場合には、例えば次の（１）～（４）のように無線端末 3 及び動的反射板 5 それぞれの優先度を決定し、どの動的反射板 5 がどの無線端末 3 に向けて電波を反射させるべきかを決定する。そして、反射方向制御装置 6 は、当該決定に基づいて各動的反射板 5 に送信する情報を決定する。

[0073] （１） [受信電力に基づく無線端末 3 に対する動的反射板 5 の割り当て]

無線端末 3 は、動的反射板 5 からの距離が近いほど、動的反射板 5 による恩恵を受けやすい。そこで、制御部 68 は、無線端末 3 が送信した信号に対し、最大の受信電力を測定した動的反射板 5 が当該無線端末 3 に向けて電波を反射するように制御を行う。無線端末 3 の数に対して動的反射板 5 の数が多い場合、制御部 68 は、最大の受信電力を測定した動的反射板 5 だけでなく、次に大きい受信電力を測定した動的反射板 5 を割り当ててもよい。

[0074] （２） [無線端末 3 の位置に基づく無線端末 3 の優先度付け]

制御部 68 は、位置推定部 62 が推定した無線端末 3 の位置情報と、動的反射板 5 の位置情報とを用いて、無線端末 3 から動的反射板 5 までの距離を算出し、算出した距離が最も短くなる無線端末 3 を動的反射板 5 に割り当ててもよい。無線端末 3 の数に対して動的反射板 5 の数が多い場合、制御部 68 は、距離が最も短くなる動的反射板 5 だけでなく、次に短い距離となる動的反射板 5 を割り当ててもよい。

[0075] （３） [複数の無線端末 3 に対する動的反射板 5 の割り当て]

制御部 68 は、例えば無線端末 3 それぞれの位置に基づいて、複数の無線端末 3 をグループ化してもよい。例えば、制御部 68 は、２つの無線端末 3 の位置情報に基づいて当該無線端末 3 間の距離を算出し、算出した距離が所定値以下であれば、当該無線端末 3 を同一グループとして関連付ける。

[0076] そして、反射方向制御装置 6 は、グループ化処理の後、無線端末 3 の数が多いグループの方向を動的反射板 5 の反射方向として決定してもよい。

[0077] また、制御部 68 は、無線端末 3 の位置情報を用いる場合にも、グループ

内の任意に選択した代表無線端末の位置、グループ内の全無線端末の位置の重心点、又は重心点に最も近い無線端末の位置と、動的反射板 5 との間の距離を算出し、上述した（２）と同様に、グループを単位として各動的反射板 5 に割り当てを行ってもよい。グループ数が動的反射板 5 の数よりも少ない場合、制御部 6 8 は、グループに最も近い 1 つの動的反射板 5 だけでなく、2 以上の動的反射板 5 を割り当ててもよい。

[0078] （４） [組合せに基づく無線端末 3 に対する動的反射板 5 の割り当て]

制御部 6 8 は、例えば受信電力と、位置推定部 6 2 が推定した無線端末 3 の位置との組合せに基づいて、無線端末 3 に対する動的反射板 5 を割り当ててもよい。

[0079] 次に、無線通信システム 1 の動作例について説明する。図 5 は、無線通信システム 1 の動作例を示すシーケンス図である。

[0080] まず、無線端末 3 が各動的反射板 5 に対して無線信号を送信すると、各動的反射板 5 は、例えば受信電力を測定し（S 1 0 0）、測定結果を反射方向制御装置 6 に対して送信する。

[0081] 反射方向制御装置 6 は、無線端末 3 が複数の動的反射板 5 に対して送信した無線信号に基づいて、無線端末 3 の位置を推定する（S 1 0 2）。

[0082] 次に、反射方向制御装置 6 は、推定した無線端末 3 それぞれの位置に基づいて、反射部 5 0 に対して無線端末 3 が送信する電波の入射方向を推定する（S 1 0 4）。

[0083] 次に、反射方向制御装置 6 は、推定した方向に入射される電波を反射部 5 0 が基地局 2 に向けて反射させるように、複数の反射素子 5 0 0 それぞれが反射すべき電波の位相を算出し（S 1 0 6）、算出結果を制御情報として各動的反射板 5 へ送信する。

[0084] 各動的反射板 5 は、それぞれ受信した制御情報に基づいて、複数の反射素子 5 0 0 それぞれが反射する電波の位相制御（反射方向制御）を行う（S 1 0 8）。その後、無線端末 3 及び基地局 2 は、相互に通信（下り信号及び上り信号）を行う。

- [0085] 次に、反射方向制御システム 4（動的反射板 5 及び反射方向制御装置 6）の変形例について説明する。図 6 は、動的反射板 5 の変形例（動的反射板 5 a）が有する機能を例示する機能ブロックである。
- [0086] 図 6 に示すように、動的反射板 5 a は、例えば反射部 5 0、アンテナ部 5 2、端末信号処理部 5 4、制御信号処理部 5 6 a、及び反射制御部 5 8 を有する。なお、図 6 に示した動的反射板 5 a において、図 2 に示した動的反射板 5 の構成と実質的に同一の構成には同一の符号が付してある。
- [0087] 制御信号処理部 5 6 a は、信号処理部 5 6 2、方向推定部 5 6 4、及び位相算出部 5 6 6 を有する。
- [0088] 信号処理部 5 6 2 は、例えば測定部 5 4 4 から入力された信号を、図示しない通信部を介して反射方向制御装置 6 へ送信する処理を行う。また、信号処理部 5 6 2 は、図示しない通信部を介して反射方向制御装置 6 から受信した信号を処理して方向推定部 5 6 4 へ出力する。
- [0089] 方向推定部 5 6 4 は、信号処理部 5 6 2 から入力された情報（位置推定部 6 2 が推定した無線端末 3 それぞれの位置）に基づいて、反射部 5 0 に対して無線端末 3 それぞれが送信する電波の入射方向（及び反射方向）を推定する。例えば、方向推定部 5 6 4 は、無線端末 3 それぞれの位置情報と、各動的反射板 5 の位置情報及び設置方向情報とを用いて、無線端末 3 から動的反射板 5 への電波の入射方向（動的反射板 5 から無線端末 3 への反射方向）を推定する。
- [0090] ここで、方向推定部 5 6 4 は、各動的反射板 5 の位置情報及び設置方向情報として、予め設定された値、又は動的反射板 5 が測定して逐次更新した値を用いる。そして、方向推定部 5 6 4 は、推定した電波の入射方向（動的反射板 5 から無線端末 3 への反射方向）を位相算出部 5 6 6 に対して出力する。
- [0091] 位相算出部 5 6 6 は、方向推定部 5 6 4 が推定した方向に入射される電波を反射部 5 0 が所定方向に反射させるように、複数の動的反射板 5 それぞれが有する複数の反射素子 5 0 0 それぞれが反射すべき電波の位相を算出し、

算出した位相を示す情報を位相制御部 582 に対して出力する。

[0092] 図 7 は、反射方向制御装置 6 の変形例（反射方向制御装置 6 a）が有する機能を例示する機能ブロックである。

[0093] 図 7 に示すように、反射方向制御装置 6 a は、信号処理部 60 a、位置推定部 62、及び制御部 68 a を有する。なお、図 7 に示した反射方向制御装置 6 a において、図 3 に示した反射方向制御装置 6 の構成と実質的に同一の構成には同一の符号が付してある。

[0094] 信号処理部 60 a は、各動的反射板 5 が送信した信号を図示しない通信部を介して受信し、復調して得られた信号を位置推定部 62 に対して出力する。また、信号処理部 60 a は、制御部 68 a から入力される信号（例えば無線端末 3 の位置情報）を、図示しない通信部を介して各動的反射板 5 へ送信する。

[0095] 制御部 68 a は、CPU 680 a 及びメモリ 682 a を備え、反射方向制御装置 6 a を構成する各部を制御する。また、制御部 68 a は、位置推定部 62 から入力された情報をメモリ 682 a に記憶させ、例えば位置推定部 62 が推定した無線端末 3 の位置情報それぞれを信号処理部 60 a に対して出力する。

[0096] メモリ 682 は、例えば無線端末 3 それぞれの位置情報、各動的反射板 5 の位置情報及び設置方向などを記憶する。

[0097] また、制御部 68 a は、上述した制御部 68 と同様に、無線端末 3 と動的反射板 5 a の割り当て処理を行い、割り当てた結果を動的反射板 5 a へ送信するように制御を行ってもよい。また、制御部 68 a は、無線端末 3 の位置を推定するために用いた情報を送信してきた動的反射板 5 a の全てに対して位置情報を送信するように制御を行ってもよい。後者の場合、制御部 68 a は、動的反射板 5 a が方向推定部 564 において、例えば次の（１）～（４）のように無線端末 3 及び動的反射板 5 a それぞれの優先度を決定するように制御を行ってもよい。

[0098] （１） [受信電力に基づく無線端末 3 の優先度付け]

無線端末 3 は、動的反射板 5 a からの距離が近いほど、動的反射板 5 a による恩恵を受けやすい。また、動的反射板 5 a からの距離が遠い無線端末 3、すなわち受信電力が小さかった無線端末 3 を優先してしまうと、周辺に配置されている多くの動的反射板 5 a が同一の無線端末 3 に対して反応し、単一の無線端末 3 に対して必要以上に多くの動的反射板 5 a が使用され得る。

[0099] そこで、制御部 6 8 a は、動的反射板 5 a が測定した受信電力が大きい順に無線端末 3 をリスト化し、受信電力が大きい無線端末 3 の方向を優先させて反射方向に決定する。なお、制御部 6 8 a は、動的反射板 5 a から測定結果を受信するたびに当該リストを更新する。

[0100] （２）〔送信信号に付加された無線端末 3 の品質情報に基づく優先度付け〕

無線端末 3 は、自身が測定した品質情報を送信信号（通知信号）に付加することができるようにされている。動的反射板 5 a は、通知信号を受信すると、当該品質情報を確認し、品質が悪い無線端末 3 から順に並べたリストを作成し、品質が悪い無線端末 3 の方向を優先させて反射方向に決定する。なお、制御部 6 8 a は、動的反射板 5 a から測定結果を受信するたびに当該リストを更新する。

[0101] （３）〔推定した方向又は位置に基づく無線端末 3 の優先度付け〕

方向推定部 5 6 4 は、例えば無線端末 3 それぞれの位置情報に基づいて、無線端末 3 それぞれに対して反射すべき方向を推定する。

[0102] 制御部 6 8 a は、動的反射板 5 a が複数の無線端末 3 から通知信号を受信した場合、方向又は位置が同一又はほぼ同じである無線端末 3 ごとにグループ化する。また、制御部 6 8 a は、２つの無線端末 3 に対する推定方向の差分を取り、差分が所定値以下であれば同一グループとして関連付けてもよい。この場合、制御部 6 8 a は、全ての無線端末 3 の組合せに対してグループ化を行う。

[0103] また、制御部 6 8 a は、無線端末 3 の位置に基づいてグループ化する場合にも、２つの無線端末 3 から通知された位置情報に基づいて無線端末 3 間の

距離を算出し、算出した距離が所定値以下であれば同一グループとして関連付けてもよい。

[0104] また、制御部 68 a は、グループ化処理の後、無線端末 3 の数が多いグループの方向を反射方向として決定してもよい。このとき、制御部 68 a は、グループ内の任意に選択した代表の無線端末 3 について推定した方向を用いてもよいし、グループ内の全ての無線端末 3 の推定方向の平均値を用いてもよいし、当該平均値に最も近い方向に位置する無線端末 3 の方向を用いてもよい。

[0105] さらに、制御部 68 a は、無線端末 3 の位置を用いる場合、グループ内の任意に選択した代表の無線端末 3 の位置、グループ内の全ての無線端末 3 の位置の重心点、重心点に最も近い無線端末 3 の位置への方向を適用してもよい。

[0106] (4) [無線端末 3 の位置に基づく無線端末 3 の優先度付け]

制御部 68 a は、通知信号から取得できる無線端末 3 の位置情報と、動的反射板 5 a 自身の位置情報とを用いて無線端末 3 と動的反射板 5 a との距離を算出し、算出した距離が短い順に無線端末 3 をリスト化し、距離が短い無線端末 3 の方向を優先して反射方向としてもよい。なお、制御部 68 a は、動的反射板 5 a から測定結果を受信するたびに当該リストを更新する。

[0107] (5) [組合せに基づく無線端末 3 の優先度付け]

制御部 68 a は、上述した (1) ~ (4) の方法に基づいて、受信電力、品質情報、推定方向又は位置の 2 以上の組み合わせに基づいて優先度をリスト化し、反射方向を設定してもよい。

[0108] さらに、反射方向制御装置 6 a は、複数の無線端末 3 からの通知信号を受信した場合、動的反射板 5 a が備える複数の反射素子 500 を分割し、分割した反射素子群ごとに反射方向を制御することにより、1 つの動的反射板 5 a が複数の反射方向に反射できるように位相を制御してもよい。

[0109] 例えば、反射方向制御装置 6 a は、N 個の反射素子 500 を有する動的反射板 5 a が 4 台の無線端末 3 から通知信号を受信した場合、無線端末 3 ごと

に $N/4$ 個の反射素子 500 を用いて無線端末 3 それぞれの方向へ電波を反射するように制御してもよい。この場合、反射後の利得は減少するものの、複数の無線端末 3 の通信品質を同時に改善することができる。

[0110] 次に、動的反射板 5 a 及び反射方向制御装置 6 a を備えた無線通信システム 1 の変形例の動作例について説明する。図 8 は、動的反射板 5 a 及び反射方向制御装置 6 a を備えた無線通信システム 1 の変形例の動作例を示すシーケンス図である。

[0111] まず、無線端末 3 が各動的反射板 5 a に対して無線信号を送信すると、各動的反射板 5 a は、例えば受信電力を測定し (S 200)、測定結果を反射方向制御装置 6 a に対して送信する。

[0112] 反射方向制御装置 6 a は、無線端末 3 が複数の動的反射板 5 a に対して送信した無線信号に基づいて、無線端末 3 の位置を推定 (測位) し (S 202)、測位結果を各動的反射板 5 a に対して送信する。

[0113] 次に、各動的反射板 5 a は、反射方向制御装置 6 a から受信した無線端末 3 の位置に基づいて、反射部 50 に対して無線端末 3 が送信する電波の入射方向を推定する (S 204)。

[0114] 次に、各動的反射板 5 a は、推定した方向に入射される電波を反射部 50 が基地局 2 に向けて反射させるように、複数の反射素子 500 それぞれが反射すべき電波の位相を算出する (S 206)。

[0115] そして、各動的反射板 5 a は、複数の反射素子 500 それぞれが反射する電波の位相制御 (反射方向制御) を行う (S 208)。その後、無線端末 3 及び基地局 2 は、相互に通信 (下り信号及び上り信号) を行う。

[0116] このように、無線通信システム 1 及び無線通信システム 1 の変形例は、無線端末 3 が複数の反射部 50 に対して送信した電波に基づいて、無線端末 3 それぞれの位置を推定し、反射素子 500 それぞれが反射する電波の位相を制御するので、電波の反射方向を少ない演算量で動的に制御することができる。

[0117] また、無線通信システム 1 及び無線通信システム 1 の変形例は、動的反射

板 5 又は動的反射板 5 a が電波の到来時に反射素子 5 0 0 それぞれが反射させる電波の位相を制御するので、基地局 2 によるカバレッジを拡大することも可能である。

[0118] なお、動的反射板 5、動的反射板 5 a、反射方向制御装置 6、及び反射方向制御装置 6 a がそれぞれ備える機能は、上述した例に限定されることなく、任意に組み合わせられてもよい。例えば、反射方向制御装置 6 は、動的反射板 5 が備える位相制御部 5 8 2 の機能を備えていてもよい。

[0119] なお、反射方向制御装置 6 及び反射方向制御装置 6 a が有する各機能は、それぞれ一部又は全部が P L D (Programmable Logic Device) や F P G A (Field Programmable Gate Array) 等のハードウェアによって構成されてもよいし、C P U 等のプロセッサが実行するプログラムとして構成されてもよい。

[0120] 例えば、本発明にかかる反射方向制御装置 6 及び反射方向制御装置 6 a は、コンピュータとプログラムを用いて実現することができ、プログラムを記憶媒体に記録することも、ネットワークを通して提供することも可能である。

[0121] 図 9 は、一実施形態にかかる反射方向制御装置 6 のハードウェア構成例を示す図である。図 9 に示すように、例えば反射方向制御装置 6 は、入力部 6 0 0、出力部 6 1 0、通信部 6 2 0、C P U 6 8 0、メモリ 6 8 2 及び H D D 6 5 0 がバス 6 6 0 を介して接続され、コンピュータとしての機能を備える。また、反射方向制御装置 6 は、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体 6 7 0 との間でデータを入出力することができるようにされている。

[0122] 入力部 6 0 0 は、例えばキーボード及びマウス等である。出力部 6 1 0 は、例えばディスプレイなどの表示装置である。通信部 6 2 0 は、例えば有線及び無線のネットワークインターフェースである。

[0123] C P U 6 8 0 は、上述したように反射方向制御装置 6 を構成する各部を制御し、所定の処理等を行う。メモリ 6 8 2 及び H D D 6 5 0 は、データ等を記憶する記憶部である。

[0124] 記憶媒体 670 は、反射方向制御装置 6 が有する機能を実行させるプログラム等を記憶可能にされている。なお、反射方向制御装置 6 を構成するアーキテクチャは図 9 に示した例に限定されない。また、反射方向制御装置 6a などの無線通信システム 1 を構成する他の構成も反射方向制御装置 6 と同様のハードウェア構成であってもよい。

[0125] ここでいう「コンピュータ」とは、OS や周辺機器等のハードウェアを含むものとする。また、「コンピュータ読み取り可能な記憶媒体」とは、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、ROM、CD-ROM 等の可搬媒体等の記憶装置のことをいう。

[0126] さらに「コンピュータ読み取り可能な記憶媒体」とは、インターネット等のネットワークや電話回線等の通信回線を介してプログラムを送信する場合の通信線のように、短時間の間、動的にプログラムを保持するものや、その場合のサーバやクライアントとなるコンピュータ内部の揮発性メモリのように、一定時間プログラムを保持しているものを含んでもよい。

[0127] 以上、図面を参照して本発明の実施形態を説明してきたが、上述の実施形態は、本発明の例示に過ぎず、本発明が上述の実施形態に限定されるものではないことは明らかである。したがって、本発明の技術思想及び範囲を逸脱しない範囲で、構成要素の追加、省略、置換、その他の変更が行われてもよい。

符号の説明

[0128] 1・・・無線通信システム、2・・・基地局、3・・・無線端末、4・・・反射方向制御システム、5, 5a, 5-1, 5-2・・・動的反射板、6, 6a・・・反射方向制御装置、50・・・反射部、52・・・アンテナ部、54・・・端末信号処理部、56, 56a・・・制御信号処理部、58・・・反射制御部、60, 60a・・・信号処理部、62・・・位置推定部、64・・・方向推定部、66・・・位相算出部、68, 68a・・・制御部、500・・・反射素子、540・・・RF部、542・・・信号処理部、544・・・測定部、560・・・信号処理部、562・・・信号処理部、

564 . . . 方向推定部、566 . . . 位相算出部、580 . . . 位相変換部、582 . . . 位相制御部、600 . . . 入力部、610 . . . 出力部、620 . . . 通信部、650 . . . HDD、660 . . . バス、670 . . . 記憶媒体、680, 680a . . . CPU、682, 682a . . . メモリ

請求の範囲

[請求項1]

複数の反射素子をそれぞれ備える複数の反射部と、

1 台以上の無線端末が複数の前記反射部に対して送信した電波に基づいて、無線端末それぞれの位置を推定する位置推定部と、

前記位置推定部が推定した無線端末それぞれの位置に基づいて、前記反射部に対して無線端末それぞれが送信する電波の入射方向を推定する方向推定部と、

前記方向推定部が推定した方向に入射される電波を前記反射部が所定方向に反射させるように、複数の前記反射素子それぞれが反射すべき電波の位相を算出する位相算出部と、

前記位相算出部が算出した位相に基づいて、複数の前記反射素子それぞれが反射する電波の位相を制御する位相制御部と

を有することを特徴とする反射方向制御システム。

[請求項2]

前記位相算出部は、

所定方向から入射される電波を、所定条件を満たす複数の無線端末からなるクラスタに向けて前記反射部が反射させるように、複数の前記反射素子それぞれが反射すべき電波の位相を算出すること

を特徴とする請求項 1 に記載の反射方向制御システム。

[請求項3]

前記位相算出部は、

予め定められた優先度に基づいて、複数の前記反射素子それぞれが反射すべき電波の位相を前記反射部ごとに算出すること

を特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の反射方向制御システム。

[請求項4]

前記位相算出部は、

複数の無線端末が送信した電波を 1 つの前記反射部が反射させる場合、複数の前記反射素子を複数の反射素子群に分割し、前記反射素子群ごとに異なる無線端末に向けて電波を反射させるように、前記反射素子それぞれが反射すべき電波の位相を算出すること

を特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の反射方向制御シ

ステム。

[請求項5] 複数の反射素子をそれぞれ備える複数の反射部に対して、1台以上の無線端末が送信した電波に基づいて、無線端末それぞれの位置を推定する位置推定部と、

前記位置推定部が推定した無線端末それぞれの位置に基づいて、前記反射部に対して無線端末それぞれが送信する電波の入射方向を推定する方向推定部と、

前記方向推定部が推定した方向に入射される電波を前記反射部が所定方向に反射させるように、複数の前記反射素子それぞれが反射すべき電波の位相を算出する位相算出部と、

前記位相算出部が算出した位相に基づいて、複数の前記反射素子それぞれが反射する電波の位相を制御する位相制御部と

を有することを特徴とする反射方向制御装置。

[請求項6] 複数の反射素子をそれぞれ備える複数の反射部に対し、1台以上の無線端末が送信した電波に基づいて、無線端末それぞれの位置を推定する位置推定工程と、

推定した無線端末それぞれの位置に基づいて、前記反射部に対して無線端末それぞれが送信する電波の入射方向を推定する方向推定工程と、

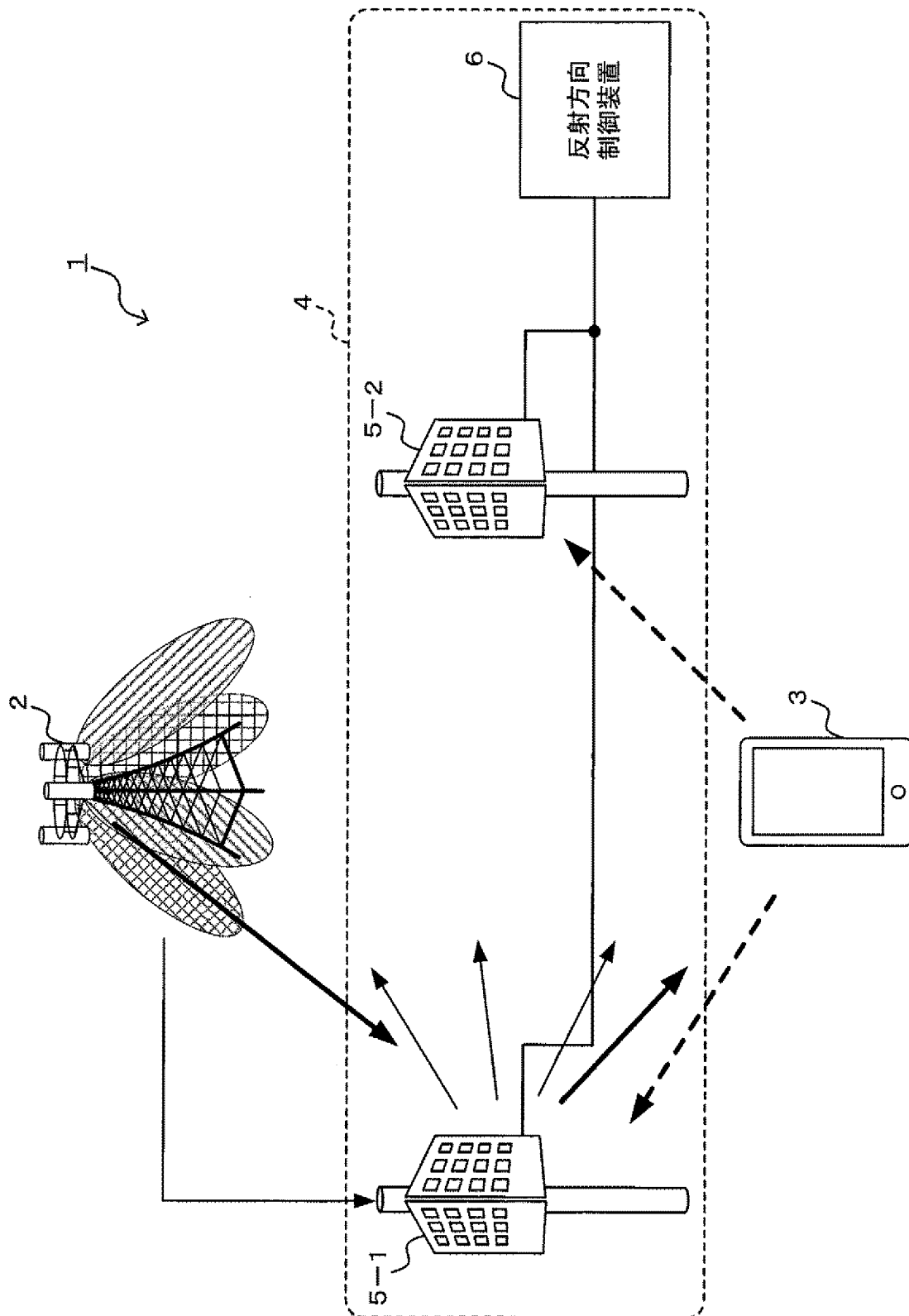
推定した方向に入射される電波を前記反射部が所定方向に反射させるように、複数の前記反射素子それぞれが反射すべき電波の位相を算出する位相算出工程と、

算出した位相に基づいて、複数の前記反射素子それぞれが反射する電波の位相を制御する位相制御工程と

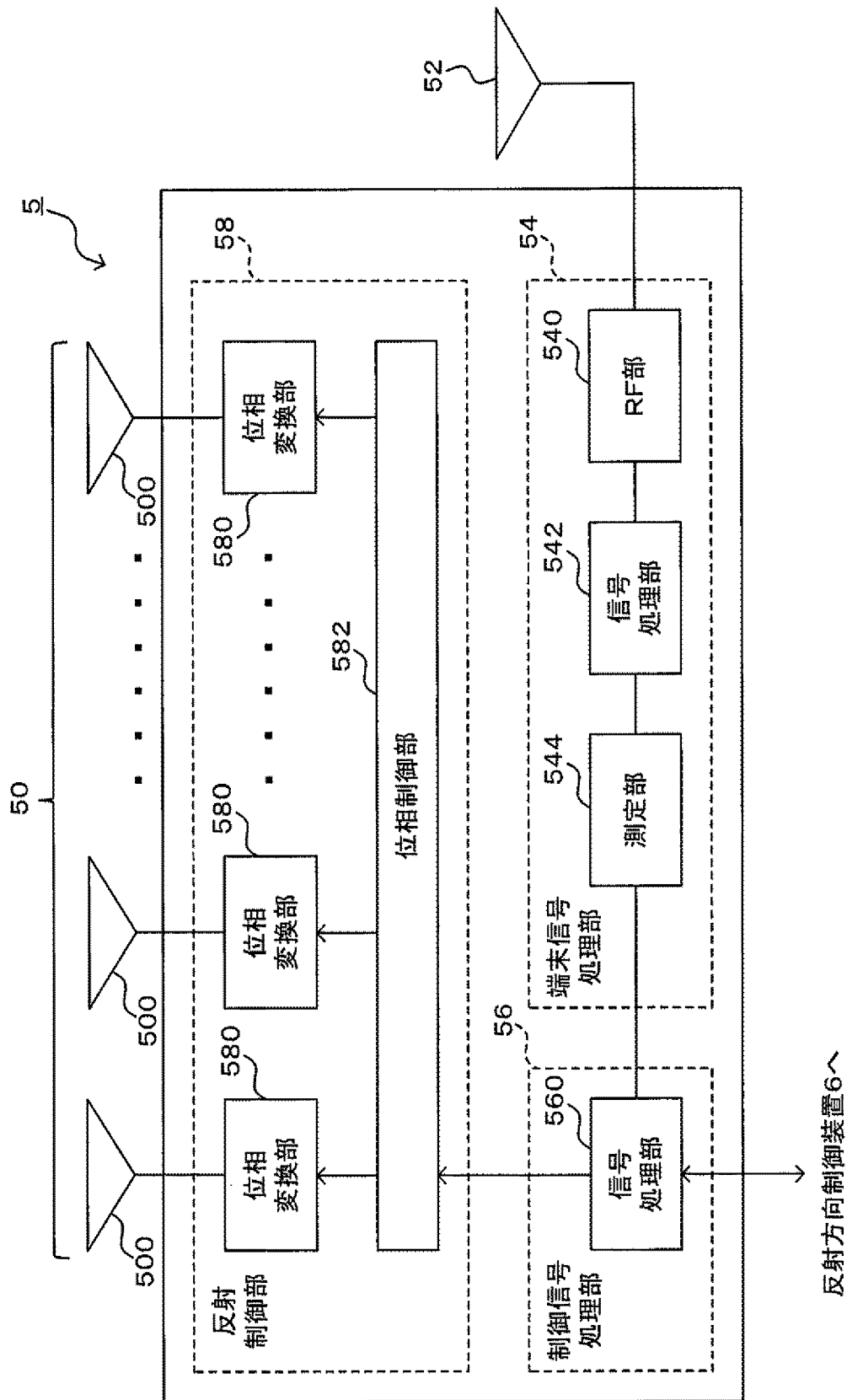
を含むことを特徴とする反射方向制御方法。

[請求項7] 請求項5に記載の反射方向制御装置の各部としてコンピュータを機能させるための反射方向制御プログラム。

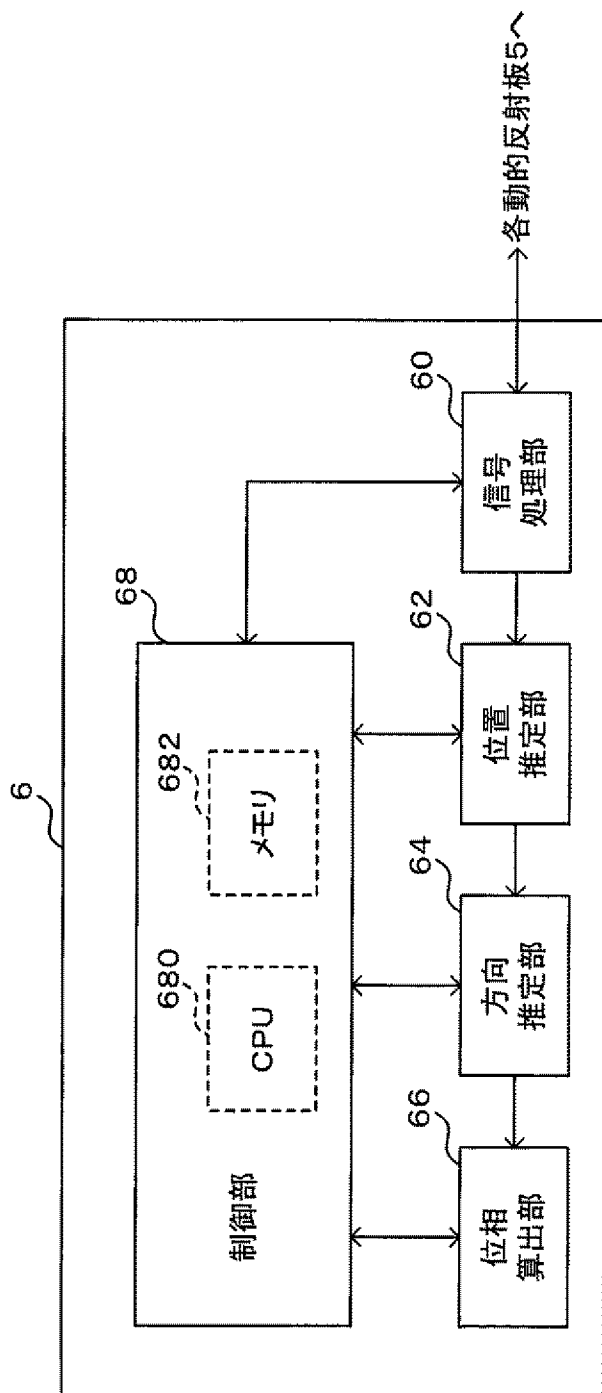
[図1]



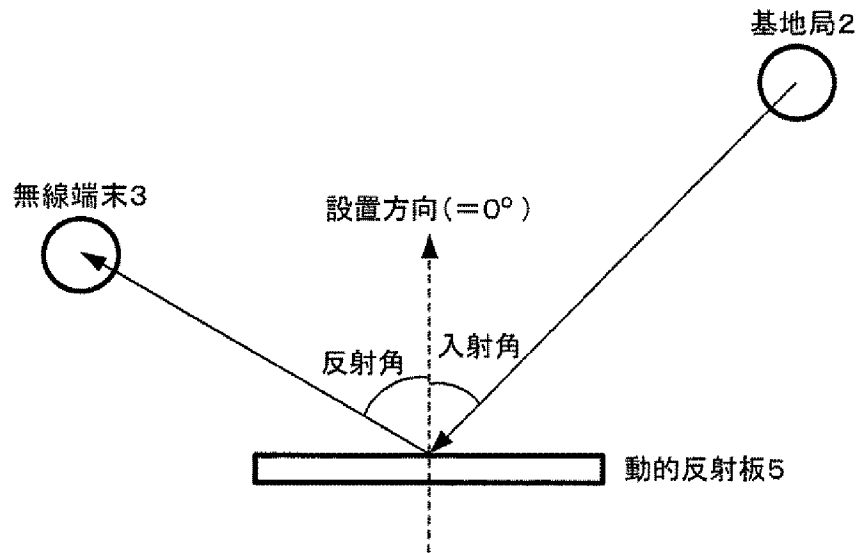
[図2]



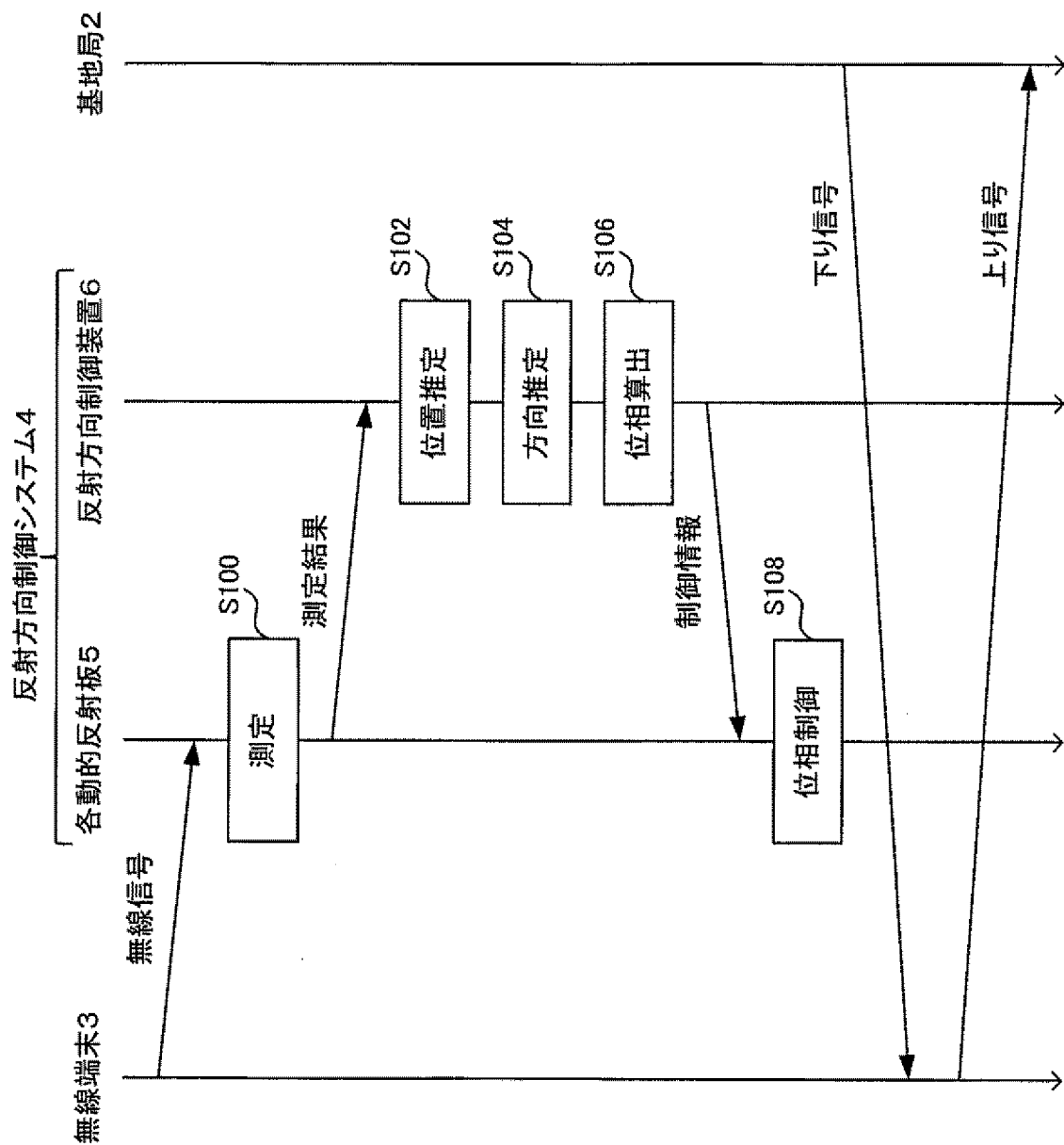
[図3]



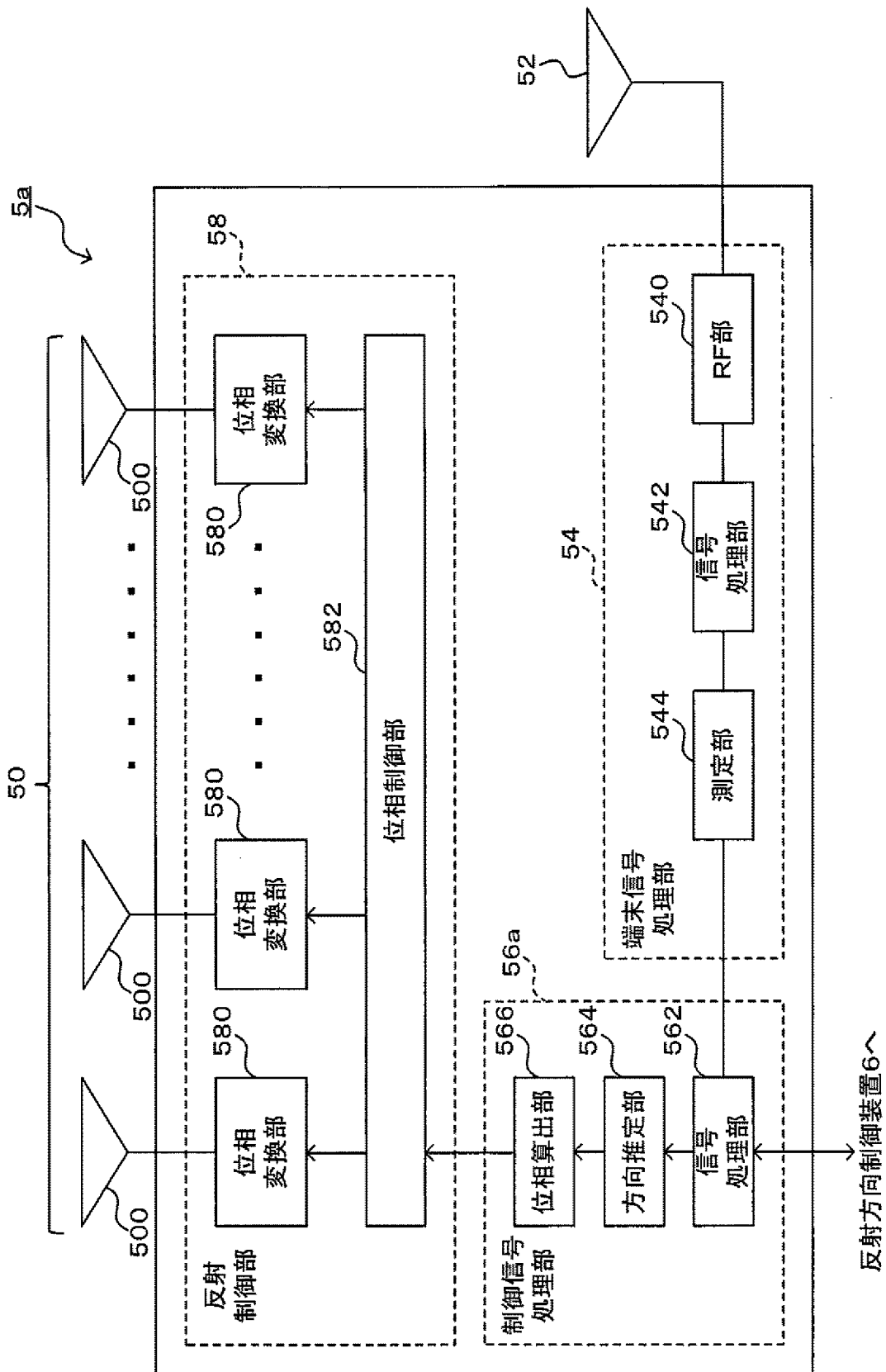
[図4]



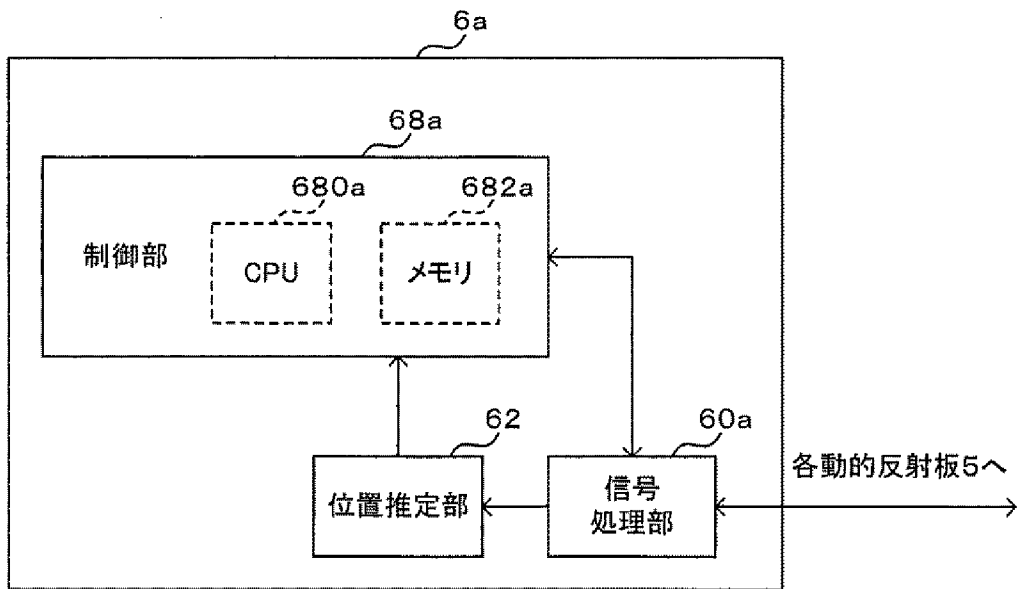
[図5]



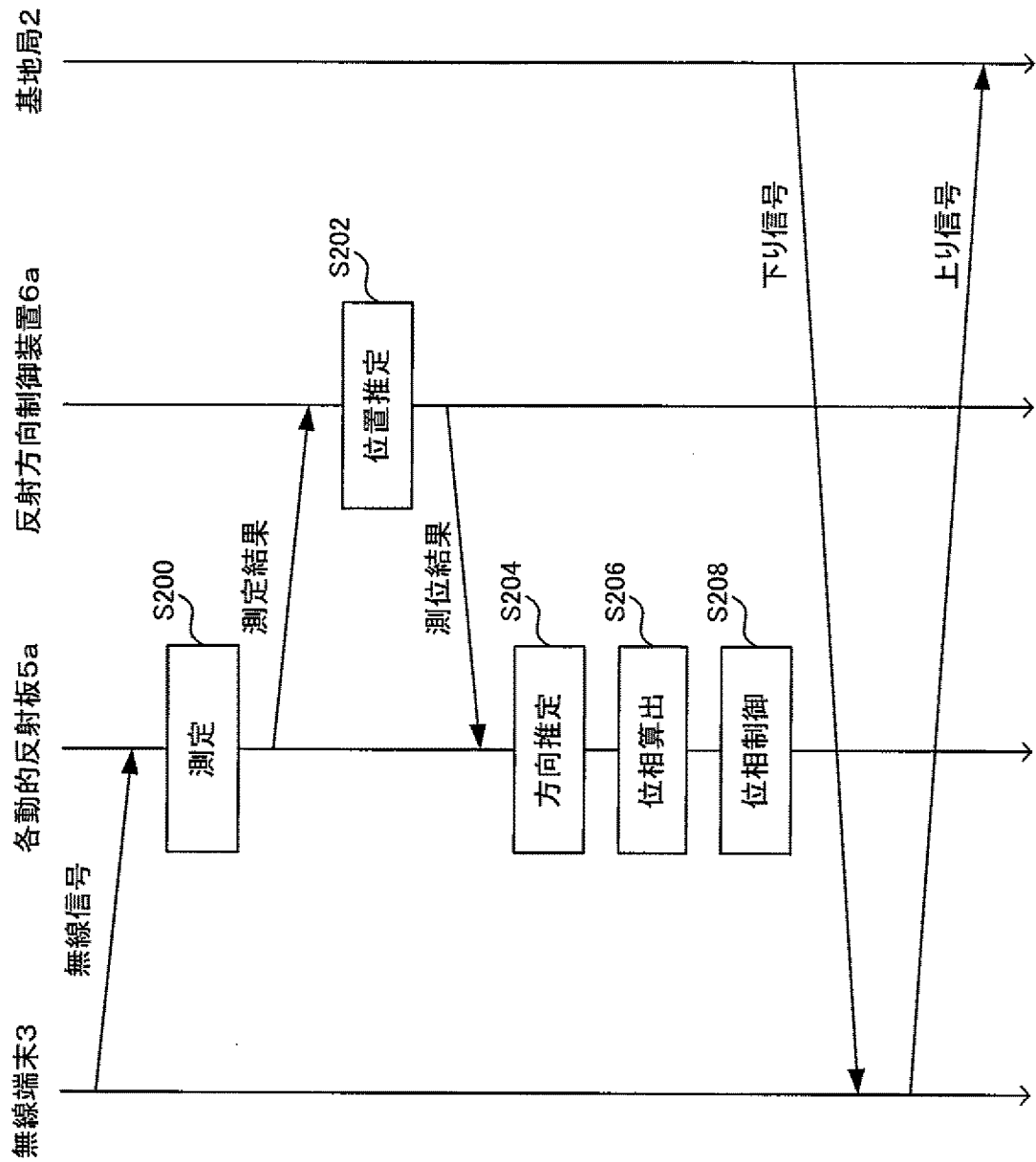
[図6]



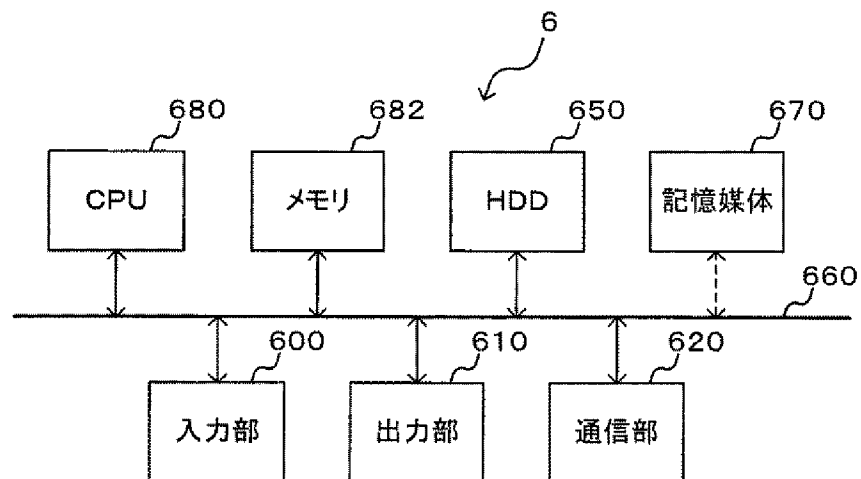
[図7]



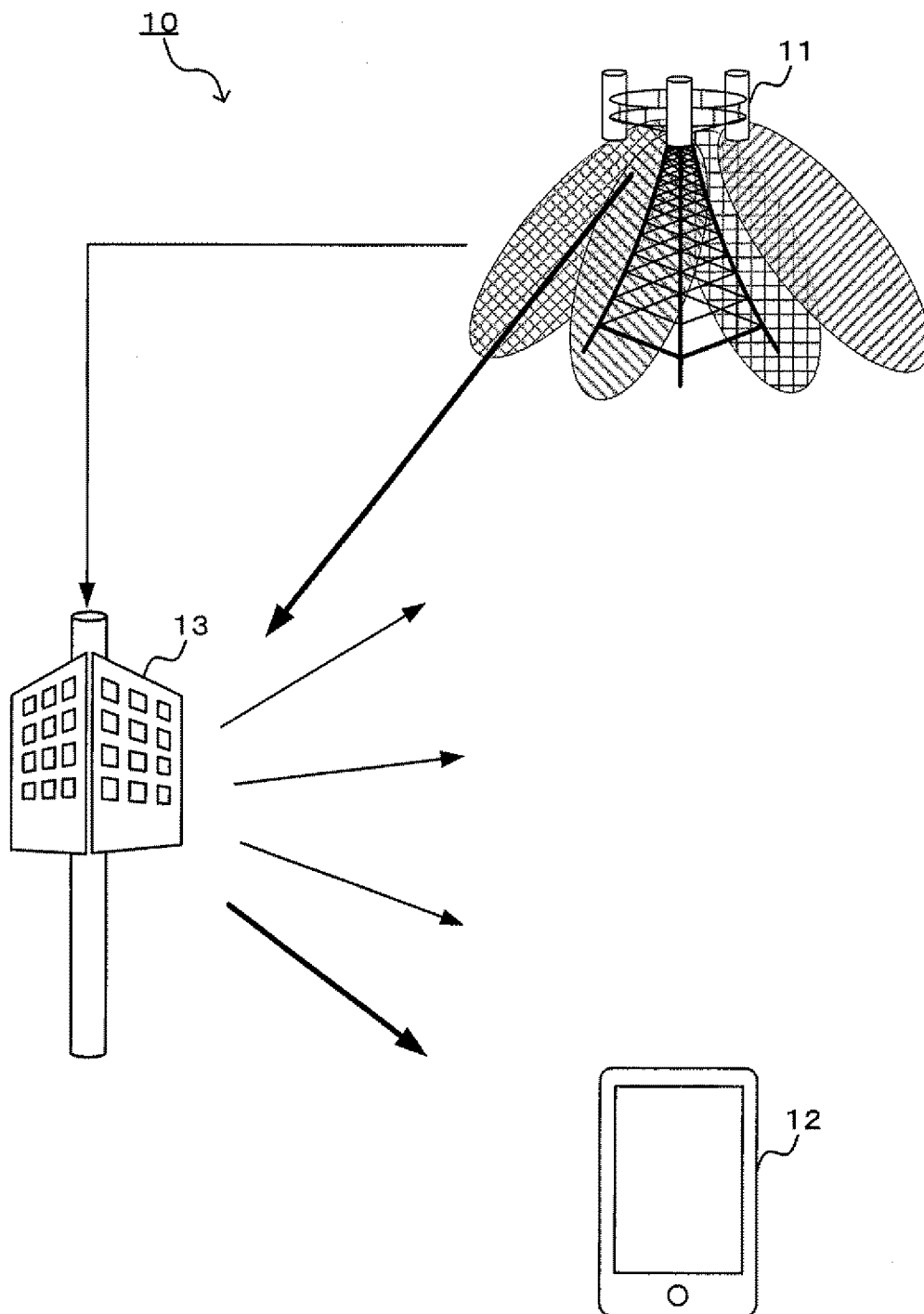
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/028123

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H04W16/26 (2009.01) i, H04W16/28 (2009.01) i, H04W64/00 (2009.01) i
FI: H04W16/28130, H04W16/26, H04W64/00

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)

Int.Cl. 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	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

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.
Y	HU, S. et al., Spherical large intelligent surfaces, 16 October 2019, arXiv:1907.02699v2 [eess.SP], section 2.5	1-7
Y	CUI, Y. S. et al., An efficient CSI acquisition method for intelligent reflecting surface-assisted mmWave networks, arXiv:1912.12076v1 [cs.IT], 27 December 2019, section III.D	1-7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search
28 October 2020

Date of mailing of the international search report
10 November 2020

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/028123

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	ZHENG, B. X. et al., Intelligent reflecting surface-assisted multiple access with user pairing: NOMA or OMA?, IEEE COMMUNICATIONS LETTERS, vol. 24, no. 4, 27 January 2020, section II, fig. 1	2-4
Y	WYMEERSCH, H. et al., Radio localization and mapping with reconfigurable intelligent surfaces, 11 June 2020, arXiv: 1912.09401v2 [eess.SP], CHALLENGES AND OPPORTUNITIES, RIS control, p. 6	4

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H04W 16/26(2009.01)i; H04W 16/28(2009.01)i; H04W 64/00(2009.01)i FI: H04W16/28 130; H04W16/26; H04W64/00		
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）） 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 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020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
Y	Sha Hu et al., SPHERICAL LARGE INTELLIGENT SURFACES, 2019.10.16, arXiv:1907.02699v2 [eess.SP] Section 2.5	1-7
Y	Yaoshen Cui et al., An Efficient CSI Acquisition Method for Intelligent Reflecting Surface-assisted mmWave Networks, arXiv:1912.12076v1 [cs.IT], 2019.12.27 Section III.D	1-7
Y	Beixiong Zheng et al., Intelligent Reflecting Surface-Assisted Multiple Access With User Pairing: NOMA or OMA?, IEEE COMMUNICATIONS LETTERS, VOL. 24, NO. 4, 2020.01.27 Section II, Fig. 1	2-4
Y	Henk Wymeersch et al., Radio Localization and Mapping with Reconfigurable Intelligent Surfaces, 2020.06.11, arXiv: 1912.09401v2 [eess.SP] CHALLENGES AND OPPORTUNITIES, RIS control, p.6	4
☐ 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、一般的な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 28.10.2020		国際調査報告の発送日 10.11.2020
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） 町田 舞 5J 1158 電話番号 03-3581-1101 内線 3534