

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7540490号
(P7540490)

(45)発行日 令和6年8月27日(2024.8.27)

(24)登録日 令和6年8月19日(2024.8.19)

(51)国際特許分類 F I
H 0 4 B 7/15 (2006.01) H 0 4 B 7/15
H 0 4 B 17/30 (2015.01) H 0 4 B 17/30

請求項の数 5 (全14頁)

(21)出願番号	特願2022-539844(P2022-539844)	(73)特許権者	000004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区大手町一丁目5番1号
(86)(22)出願日	令和2年7月28日(2020.7.28)	(74)代理人	110003199 弁理士法人高田・高橋国際特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2020/028936	(72)発明者	岩淵 匡史 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
(87)国際公開番号	WO2022/024230	(72)発明者	小川 智明 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
(87)国際公開日	令和4年2月3日(2022.2.3)	(72)発明者	村上 友規 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
審査請求日	令和5年1月25日(2023.1.25)	(72)発明者	大宮 陸

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 中継システム、中継制御装置、中継方法、及び中継制御プログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

1つ以上の無線端末と基地局との間で電波を中継する中継システムにおいて、
複数の素子それぞれが電波を放射することによって所定の方向にビームを形成する1つ以上の放射部と、

前記放射部が形成するビームに影響を与える電波伝搬経路上の物理的な環境を環境情報として検出する1つ以上の検出部と、

前記検出部が検出した環境情報がビームに与える影響を解析して、周囲に存在する物体の種類、位置、及び移動速度を推定する解析部と、

前記解析部が推定した結果に基づいて、前記物体の所定エリア内における密度及び滞在時間を指標として算出する指標算出部と、

前記指標算出部が算出した指標に基づいて、前記放射部がビームを形成すべき方向を決定する方向決定部と、

前記方向決定部が決定した方向に前記放射部がビームを形成するように、複数の前記素子それぞれが放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、複数の前記素子それぞれが放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中継システム。

【請求項2】

前記位相算出部は、

10

20

1つの前記放射部が複数の無線端末から送信された電波を用いて放射する場合、複数の前記素子を複数の素子群に分割し、前記素子群ごとに異なる無線端末に向けて電波を放射するように、前記素子それぞれが放射する電波の位相を算出すること

を特徴とする請求項1に記載の中継システム。

【請求項3】

複数の素子それぞれが設定された位相に応じて電波を放射することによって所定の方向にビームを形成する放射部を備えて、1つ以上の無線端末と基地局との間で電波の中継する1つ以上の中継装置を制御する中継制御装置において、

前記放射部が形成するビームに影響を与える電波伝搬経路上の物理的な環境を環境情報として検出する1つ以上の検出装置が検出した結果がビームに与える影響を解析して、周囲に存在する物体の種類、位置、及び移動速度を推定する解析部と、

10

前記解析部が推定した結果に基づいて、前記物体の所定エリア内における密度及び滞在時間を指標として算出する指標算出部と、

前記指標算出部が算出した指標に基づいて、前記放射部がビームを形成すべき方向を決定する方向決定部と、

前記方向決定部が決定した方向に前記放射部がビームを形成するように、複数の前記素子それぞれが放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を示す情報を前記中継装置へ送信する送信部と

を有することを特徴とする中継制御装置。

【請求項4】

20

前記位相算出部は、

1つの前記放射部が複数の無線端末から送信された電波を用いて放射する場合、複数の前記素子を複数の素子群に分割し、前記素子群ごとに異なる無線端末に向けて電波を放射するように、前記素子それぞれが放射する電波の位相を算出すること

を特徴とする請求項3に記載の中継制御装置。

【請求項5】

請求項3又は4に記載の中継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中継制御プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、中継システム、中継制御装置、中継方法、及び中継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。

40

【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

50

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。

10

【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、送受信局間のチャンネル情報（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）。

20

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0010】

【文献】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

【文献】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

30

【文献】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、送受信局間のチャン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ン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通りのチャン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。

40

【0012】

つまり、チャン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。

50

【0014】

また、動的反射板が電波を反射させる場合に、電波伝搬経路上に電波を遮蔽する車や人などが行き来していると、動的反射板が効率的に電波を中継することができないことがあった。

【0015】

本発明は、上述した課題を鑑みてなされたものであり、電波伝搬経路上の物理的な環境が変化しても、効率的に電波を中継することができる中継システム、中継制御装置、中継方法、及び中継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】

【0016】

本発明の一態様にかかる中継システムは、1つ以上の無線端末と基地局との間で電波を中継する中継システムにおいて、複数の素子それぞれが電波を放射することによって所定の方向にビームを形成する1つ以上の放射部と、前記放射部が形成するビームに影響を与える電波伝搬経路上の物理的な環境を環境情報として検出する1つ以上の検出部と、前記検出部が検出した環境情報がビームに与える影響を解析して、周囲に存在する物体の種類、位置、及び移動速度を推定する解析部と、前記解析部が推定した結果に基づいて、前記物体の所定エリア内における密度及び滞在時間を指標として算出する指標算出部と、前記指標算出部が算出した指標に基づいて、前記放射部がビームを形成すべき方向を決定する方向決定部と、前記方向決定部が決定した方向に前記放射部がビームを形成するように、複数の前記素子それぞれが放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、複数の前記素子それぞれが放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中継制御装置は、複数の素子それぞれが設定された位相に応じて電波を放射することによって所定の方向にビームを形成する放射部を備えて、1つ以上の無線端末と基地局との間で電波を中継する1つ以上の中継装置を制御する中継制御装置において、前記放射部が形成するビームに影響を与える電波伝搬経路上の物理的な環境を環境情報として検出する1つ以上の検出装置が検出した結果がビームに与える影響を解析して、周囲に存在する物体の種類、位置、及び移動速度を推定する解析部と、前記解析部が推定した結果に基づいて、前記物体の所定エリア内における密度及び滞在時間を指標として算出する指標算出部と、前記指標算出部が算出した指標に基づいて、前記放射部がビームを形成すべき方向を決定する方向決定部と、前記方向決定部が決定した方向に前記放射部がビームを形成するように、複数の前記素子それぞれが放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を示す情報を前記中継装置へ送信する送信部とを有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、電波伝搬経路上の物理的な環境が変化しても、効率的に電波を中継することができる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】一実施形態にかかる中継システムを備えた無線通信システムの構成例を示す図である。

【図2】中継システムが有する機能を例示する機能ブロック図である。

【図3】中継システムの動作例を示すフローチャートである。

【図4】他の実施形態にかかる中継システムを備えた無線通信システムの構成例を示す図である。

【図5】中継装置が有する機能を例示する機能ブロック図である。

【図6】中継制御装置が有する機能を例示する機能ブロック図である。

【図7】一実施形態にかかる中継制御装置のハードウェア構成例を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 8】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】

【0021】

一実施形態にかかる中継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 8 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。

【0022】

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ンネル情報 (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。

10

【0023】

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ン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。

【0024】

つまり、基地局 11 は、チャン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。

【0025】

20

次に、一実施形態にかかる中継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中継システムを備えた無線通信システム 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 1 台以上の基地局 2 と、1 台以上の無線端末 3 とが中継システム 4 を介して無線通信を行うように構成されている。

【0026】

中継システム 4 は、例えば複数の素子 (反射素子など) を備えた放射部 (動的反射板など) を制御することにより、基地局 2 が送信する信号を無線端末 3 それぞれに対して中継し、無線端末 3 それぞれが送信する信号を基地局 2 へ中継する。無線端末 3 は、自局の位置を測定 (測位) する機能を備え、測定した自局の位置を示す位置情報を中継システム 4 へ送信してもよい。

30

【0027】

中継システム 4 は、電波伝搬経路上で移動する車や人などの電波に影響を与える物理的な環境 (混雑度や環境変化を含む) を検出して解析し、解析結果を用いて後述する指標を算出して、放射部がビームを形成すべき方向を決定し、複数の素子それぞれが放射すべき電波の位相を算出して動的に制御する。

【0028】

つまり、中継システム 4 は、複数の素子の全てに対するチャンネル情報を用いることなく、素子の全てに対するチャン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、電波の放射方向を動的に制御することができる。ここでは、中継システム 4 は、反射する電波の位相を動的に制御する場合を例に説明するが、電力増幅器を備えて受信した電波の再放射時にビームを形成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。また、中継システム 4 は、任意に設定されたタイミングで電波の放射方向 (反射方向又は再放射方向) を動的に制御してもよい。

40

【0029】

次に、中継システム 4 の具体例について説明する。図 2 は、中継システム 4 が有する機能を例示する機能ブロック図である。図 2 に示すように、中継システム 4 は、例えば中継部 5 及び検出部 6 を有する。

【0030】

中継部 5 は、ビームを形成する放射部 50 と、放射部 50 を制御する中継制御部 52 を備えて、電波を中継する中継装置である。

50

【 0 0 3 1 】

検出部 6 は、例えば放射部 5 0 が形成するビームに影響を与える電波伝搬経路上の物理的な環境（電波を遮蔽する車両や人など）を環境情報として検出し、検出結果を中継制御部 5 2 に対して出力する検出装置である。例えば、検出部 6 は、周辺の環境を撮影するカメラなどであり、画像データを環境情報として検出する。

【 0 0 3 2 】

また、検出部 6 は、電波を受信して周辺の環境を示す環境情報とする電波センサであってもよい。この場合、検出部 6 は、例えば受信した電波の受信電力、到来時間、チャンネル情報などを検出する。検出部 6 が環境情報を検出するタイミング、及び中継制御部 5 2 へ出力するタイミングは予め任意に設定されてもよい。

10

【 0 0 3 3 】

より具体的には、放射部 5 0 は、複数の素子 5 0 0 を備え、例えば複数の素子 5 0 0 がアレー状に配置された動的反射板である。素子 5 0 0 は、基地局 2 が送信する電波、及び、無線端末 3 が送信する電波を中継制御部 5 2 の制御に応じて反射させる。例えば、素子 5 0 0 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。

【 0 0 3 4 】

また、素子 5 0 0 は、電力増幅器を備え、受信した電波を再放射してビームを形成するリピータであってもよい。つまり、放射部 5 0 は、複数の素子 5 0 0 がそれぞれが電波を放射することによって所定の方向にビームを形成する。

20

【 0 0 3 5 】

中継制御部 5 2 は、解析部 5 2 0、検出位置推定部 5 2 1、指標算出部 5 2 2、中継位置推定部 5 2 3、方向決定部 5 2 4、位相算出部 5 2 5、位相制御部 5 2 6、及び複数の位相変換部 5 2 7 を有する。

【 0 0 3 6 】

解析部 5 2 0 は、検出部 6 が検出した物理的な環境が電波（例えば放射部 5 0 が形成するビーム）に与える影響を解析し、解析結果を指標算出部 5 2 2 に対して出力する。

【 0 0 3 7 】

例えば、解析部 5 2 0 は、検出部 6 が検出した環境情報を解析し、周囲に存在する物体の種類、位置、移動速度や方向、及び周辺に出現する頻度などを推定する。

30

【 0 0 3 8 】

具体的には、解析部 5 2 0 は、環境情報がカメラで撮影した画像データである場合、画像を解析し、画像に含まれている物体（人、車両など）を判別する。また、解析部 5 2 0 は、判別した物体までの距離や位置についても画像から推定する。さらに、解析部 5 2 0 は、連続する複数の画像を用いて物体の移動速度や移動方向を推定する。

【 0 0 3 9 】

また、解析部 5 2 0 は、環境情報が電波センサにより検出された情報である場合、例えば予め学習した電波の振る舞いと環境との関係に基づいて、物体の種類、位置、移動速度、移動方向、及び出現頻度などを推定する。

【 0 0 4 0 】

検出位置推定部 5 2 1 は、検出部 6 が物理的な環境を検出する位置を推定し、検出部 6 が検出を行う位置を示す検出位置情報を指標算出部 5 2 2 に対して出力する。例えば、検出位置推定部 5 2 1 は、センサ装置（GPS、加速度センサ、ジャイロセンサ、磁力センサ、気圧センサなど）を有し、当該センサ装置を用いて検出位置情報を推定する。さらに、検出位置推定部 5 2 1 は、定期的に検出部 6 の位置を推定し、検出位置情報を更新してもよい。

40

【 0 0 4 1 】

また、検出位置推定部 5 2 1 は、検出部 6 が設置されたときに当該検出部 6 の位置を推定してもよいし、作業者が手動で入力した検出部 6 の位置を示す情報（緯度、経度、高さ、及びこれらに関連する情報）を検出位置情報として用いてもよい。

50

【 0 0 4 2 】

指標算出部 5 2 2 は、検出位置推定部 5 2 1 が出力した検出位置情報と、解析部 5 2 0 が出力した解析結果を用いて、方向決定部 5 2 4 が方向を決定するために利用可能な指標を算出し、算出した指標を方向決定部 5 2 4 に対して出力する。

【 0 0 4 3 】

例えば、指標算出部 5 2 2 は、解析部 5 2 0 が推定した周囲の物体の種別、距離や位置、移動速度、及び移動方向などを用いて、放射部 5 0 がビームを反射（又は再放射）させる方向を方向決定部 5 2 4 が決定するために利用可能な指標を算出する。

【 0 0 4 4 】

指標算出部 5 2 2 が算出する指標は、例えば解析部 5 2 0 が推定した物体の密度などである。例えば、指標算出部 5 2 2 は、解析部 5 2 0 が推定した物体の位置に基づいて、所定のエリア内に存在する物体の数を推定して密度を算出してよい。

10

【 0 0 4 5 】

さらに、指標算出部 5 2 2 は、物体が所定のエリア内に滞在する時間を指標として用いてもよいし、エリアごとに物体の平均滞在時間を算出し、物体の出現頻度と平均滞在時間の積を指標として用いてもよい。そして、指標算出部 5 2 2 は、エリアごとに指標を算出してリスト化し、指標値が高いエリアから順に優先度をつけてリスト化した結果を方向決定部 5 2 4 へ出力してもよい。

【 0 0 4 6 】

中継位置推定部 5 2 3 は、中継部 5 が電波を中継する位置を推定し、中継部 5 が電波を中継する位置を示す中継位置情報を方向決定部 5 2 4 に対して出力する。例えば、中継位置推定部 5 2 3 は、センサ装置（GPS、加速度センサ、ジャイロセンサ、磁力センサ、気圧センサなど）を有し、当該センサ装置を用いて中継位置情報を推定する。さらに、中継位置推定部 5 2 3 は、定期的に中継部 5 の位置を推定し、中継位置情報を更新してもよい。

20

【 0 0 4 7 】

また、中継位置推定部 5 2 3 は、中継部 5 が設置されたときに当該中継部 5 の位置を推定してもよいし、作業者が手動で入力した中継部 5 の位置を示す情報（緯度、経度、高さ、及びこれらに関連する情報）を中継位置情報として用いてもよい。

【 0 0 4 8 】

なお、中継部 5 と検出部 6 とが一体として構成されている場合には、中継位置情報と上述した検出位置情報とが同じ値であるとして、中継位置推定部 5 2 3 又は検出位置推定部 5 2 1 のいずれかが設けられなくてもよい。

30

【 0 0 4 9 】

方向決定部 5 2 4 は、中継位置推定部 5 2 3 が出力した中継位置情報と、指標算出部 5 2 2 が算出した指標（例えばリスト）に基づいて、放射部 5 0 がビームを形成すべき方向（反射又は再放射する方向）を決定し、決定した方向を示す方向情報を位相算出部 5 2 5 に対して出力する。

【 0 0 5 0 】

例えば、方向決定部 5 2 4 は、指標算出部 5 2 2 が算出した指標が密度である場合、当該密度が高いエリアの方向を反射又は再放射する方向として決定する。また、方向決定部 5 2 4 は、当該エリアの中心に向けて方向を決定してもよいし、当該エリアにおけるある瞬間の物体位置の重心に向けて方向を決定してもよい。

40

【 0 0 5 1 】

また、方向決定部 5 2 4 は、指標算出部 5 2 2 が算出した指標が物体の滞在時間や出現頻度と平均滞在時間の積である場合、例えば値が最大であるエリアを最も優先度が高いエリアとし、当該エリアに向けて同様に方向を決定する。

【 0 0 5 2 】

位相算出部 5 2 5 は、方向決定部 5 2 4 が決定した方向に放射部 5 0 がビームを形成するように、複数の素子 5 0 0 それぞれが放射すべき電波の位相を算出し、算出した位相を

50

示す位相情報を位相制御部 5 2 6 に対して出力する。

【 0 0 5 3 】

例えば、位相算出部 5 2 5 は、方向決定部 5 2 4 が決定した方向、及び基地局 2 への方向を用いて、位相制御部 5 2 6 が制御すべき位相量を算出する。このとき、位相算出部 5 2 5 は、予め設定された基地局 2 の位置情報（緯度、経度、高さ）と、中継位置推定部 5 2 3 が推定した中継位置情報とを用いて、基地局 2 への方向を推定してもよい。

【 0 0 5 4 】

また、位相算出部 5 2 5 は、検出部 6 がカメラであって周辺の環境を撮影している場合、環境情報となる画像データを用いて解析部 5 2 0 が推定した基地局 2 の位置情報と、上述した検出位置情報及び中継位置情報を用いて、中継部 5 から基地局 2 への方向を推定してもよい。

10

【 0 0 5 5 】

また、位相算出部 5 2 5 は、1つの放射部 5 0 が複数の無線端末 3 から送信された電波を用いて放射する場合、複数の素子 5 0 0 を複数の素子群に分割し、素子群ごとに異なる無線端末 3 に向けて電波を放射するように、素子 5 0 0 それぞれが放射する電波の位相を算出してもよい。

【 0 0 5 6 】

例えば、N個の素子 5 0 0 を有する中継部 5 は、優先度が高い4つのエリアに向けて同時に電波を反射（又は再放射）する場合、エリアごとに $N / 4$ 個の素子 5 0 0 を用いてエリアそれぞれの方向へ電波を放射するように電波の位相を算出してもよい。この場合、中継部 5 は、電波の放射後の利得が減少するものの、複数のエリアの通信品質を同時に改善することができる。

20

【 0 0 5 7 】

位相制御部 5 2 6 は、位相算出部 5 2 5 が算出した位相情報に基づいて、複数の位相変換部 5 2 7 をそれぞれ制御することにより、複数の素子 5 0 0 それぞれが放射する電波の位相を制御する。位相変換部 5 2 7 は、例えば素子 5 0 0 それぞれに対して個別に設けられ、素子 5 0 0 が放射する電波の位相を位相制御部 5 2 6 からの制御に応じて変化させる変換を行う。

【 0 0 5 8 】

例えば、位相制御部 5 2 6 は、位相算出部 5 2 5 が算出した位相に基づいて、複数の素子 5 0 0 それぞれが放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 5 2 7 それぞれを制御する。例えば、素子 5 0 0 が上述したメタマテリアルである場合、位相変換部 5 2 7 は、位相制御部 5 2 6 の制御に応じて素子 5 0 0 の特性を変化させることにより、素子 5 0 0 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 5 2 6 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、放射部 5 0 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。

30

【 0 0 5 9 】

素子 5 0 0 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 5 2 6 は、位相算出部 5 2 5 が算出した位相（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 5 2 7 それぞれを制御する。

40

【 0 0 6 0 】

次に、中継システム 4 の動作例について説明する。図 3 は、中継システム 4 の動作例を示すフローチャートである。図 3 に示すように、中継システム 4 は、まず検出部 6 が周辺の物理的な環境を環境情報として検出する（S 1 0 0）。

【 0 0 6 1 】

そして、中継システム 4 は、解析部 5 2 0 が環境情報を解析し（S 1 0 2）、検出位置推定部 5 2 1 が検出部 6 の検出位置を推定する（S 1 0 4）。

【 0 0 6 2 】

指標算出部 5 2 2 は、解析部 5 2 0 が解析した結果と、検出位置推定部 5 2 1 が推定した検出位置とを用いて、方向決定部 5 2 4 が方向を決定するために利用可能な指標を算出

50

する(S 1 0 6)。

【 0 0 6 3 】

また、中継部 5 が電波を中継する中継位置を中継位置推定部 5 2 3 が推定すると(S 1 0 8)、方向決定部 5 2 4 は、中継位置推定部 5 2 3 が推定した中継位置情報と、指標算出部 5 2 2 が算出した指標とに基づいて、放射部 5 0 がビームを放射する放射方向を決定する(S 1 1 0)。

【 0 0 6 4 】

位相算出部 5 2 5 は、方向決定部 5 2 4 が決定した方向に放射部 5 0 がビームを放射するように、複数の素子 5 0 0 それぞれが放射すべき電波の位相を算出する(S 1 1 2)。

【 0 0 6 5 】

そして、位相制御部 5 2 6 は、位相算出部 5 2 5 が算出した位相に基づいて、複数の位相変換部 5 2 7 をそれぞれ制御することにより、複数の素子 5 0 0 それぞれが放射する電波の位相を制御する(S 1 1 4)。

【 0 0 6 6 】

このように、中継システム 4 は、検出部 6 が検出した物理的な環境に基づいて、複数の素子 5 0 0 それぞれが放射すべき電波の位相を位相算出部 5 2 5 が算出し、複数の素子 5 0 0 それぞれが放射する電波の位相を位相制御部 5 2 6 が制御するので、電波伝搬経路上の物理的な環境が変化しても、効率的に電波を中継することができる。また、中継システム 4 は、電波の到来時に素子 5 0 0 それぞれが放射す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。

【 0 0 6 7 】

次に、他の実施形態にかかる中継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 4 は、他の実施形態にかかる中継システムを備えた無線通信システム 1 a の構成例を示す図である。図 4 に示すように、無線通信システム 1 a は、例えば基地局 2 と無線端末 3 とが中継システム 4 a を介して無線通信を行うように構成されている。

【 0 0 6 8 】

中継システム 4 a は、例えば 2 台の検出装置 7 - 1 , 7 - 2 、 2 台の中継装置 8 - 1 , 8 - 2 、及び中継制御装置 9 を有する。以下、検出装置 7 - 1 , 7 - 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、単に検出装置 7 などと略記する。

【 0 0 6 9 】

検出装置 7 は、上述した検出部 6 と同様に、電波に影響を与える電波伝搬経路上の物理的な環境(電波を遮蔽する車両や人など)を環境情報として検出する機能と、検出した環境情報を中継制御装置 9 へ送信する機能とを有する。例えば、検出装置 7 は、周辺の環境を撮影するカメラなどであり、画像データを環境情報として検出し、中継制御装置 9 に対して送信する。また、検出装置 7 は、電波を受信して周辺の環境を示す環境情報とする電波センサであってもよい。

【 0 0 7 0 】

図 5 は、中継装置 8 が有する機能を例示する機能ブロック図である。図 5 に示すように、中継装置 8 は、ビームを形成する放射部 5 0 と、放射部 5 0 を制御する制御部 5 2 a を備えて、電波を中継する。なお、図 5 に示した中継装置 8 が有する機能ブロックにおいて、図 2 に示した中継部 5 が有する機能ブロックと実質的に同一の機能ブロックには同一の符号が付してある。

【 0 0 7 1 】

制御部 5 2 a は、受信部 5 2 8 、位相制御部 5 2 6 、及び複数の位相変換部 5 2 7 を有する。受信部 5 2 8 は、中継制御装置 9 が送信する情報を受信し、位相制御部 5 2 6 に対して出力する。

【 0 0 7 2 】

図 6 は、中継制御装置 9 が有する機能を例示する機能ブロック図である。図 6 に示すように、中継制御装置 9 は、例えば受信部 9 0 、解析部 5 2 0 、検出位置推定部 5 2 1 、指標算出部 5 2 2 、中継位置推定部 5 2 3 、方向決定部 5 2 4 、位相算出部 5 2 5 、及び送

10

20

30

40

50

信部 9 2 を有する。なお、図 6 に示した中継制御装置 9 が有する機能ブロックにおいて、図 2 に示した中継部 5 が有する機能ブロックと実質的に同一の機能ブロックには同一の符号が付してある。

【 0 0 7 3 】

受信部 9 0 は、各検出装置 7 が送信した環境情報を受信し、解析部 5 2 0 に対して出力する。送信部 9 2 は、位相算出部 5 2 5 が算出した電波の位相（位相量）を、検出装置 7 それぞれに対応する中継装置 8 に対してそれぞれ送信する。

【 0 0 7 4 】

つまり、無線通信システム 1 a は、上述した無線通信システム 1 と同様に電波を反射又は再放射させて、基地局 2 と無線端末 3 との間で無線通信を可能にすることができる。なお、中継装置 8 は、対応する検出装置 7 の近くに配置されてもよいし、離れた位置に配置された検出装置 7 に対応づけられてもよい。

10

【 0 0 7 5 】

また、中継制御装置 9 は、例えば中継装置 8 - 1 , 8 - 2 が同一（又は一部が共通）のエリアをカバーでき、比較的指標の値が高いエリアが複数存在する場合、又は、中継装置 8 - 1 , 8 - 2 それぞれの最も優先度が高いエリアが重なった場合には、当該エリアまでの距離が最も短い中継装置 8 が電波を中継するように制御を行ってもよい。

【 0 0 7 6 】

また、中継制御装置 9 は、当該エリアまでの距離が最も短い中継装置 8 の反射（再放射）方向を当該エリアに割当て、他の中継装置 8 を次に優先度の高いエリアに割当てるように制御してもよい。また、中継制御装置 9 は、次に優先度が高いエリアが重なった場合にも同様の処理を繰り返してもよい。さらに、中継制御装置 9 は、重複を許容する中継装置 8 の数の上限が予め設定され、中継装置 8 の数が上限を超えた場合に上述の処理を行ってもよい。

20

【 0 0 7 7 】

なお、中継制御装置 9 が有する機能は、図 6 に示した例に限定されない。例えば、中継制御装置 9 は、解析部 5 2 0、検出位置推定部 5 2 1、指標算出部 5 2 2、中継位置推定部 5 2 3、方向決定部 5 2 4、及び位相算出部 5 2 5 の全ての機能を備えていなくてもよい。また、中継制御装置 9 が有する各機能は、複数の装置に分割して設けられてもよい。また、中継制御装置 9 が検出装置 7 及び中継装置 8 とそれぞれ通信を行う方式は、有線通信であってよいし、無線通信であってよい。

30

【 0 0 7 8 】

また、中継制御装置 9 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。

【 0 0 7 9 】

例えば、本発明にかかる中継制御装置 9 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。

40

【 0 0 8 0 】

図 7 は、一実施形態にかかる中継制御装置 9 のハードウェア構成例を示す図である。図 7 に示すように、例えば中継制御装置 9 は、入力部 9 0 0、出力部 9 1 0、通信部 9 2 0、C P U 9 3 0、メモリ 9 4 0 及び H D D 9 5 0 がバス 9 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、中継制御装置 9 は、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体 9 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。

【 0 0 8 1 】

入力部 9 0 0 は、例えばキーボード及びマウス等である。出力部 9 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 9 2 0 は、有線又は無線のネットワークインターフェースである。

50

【 0 0 8 2 】

C P U 9 3 0 は、上述したように中継制御装置 9 を構成する各部を制御し、所定の処理等を行う。メモリ 9 4 0 及び H D D 9 5 0 は、データ等を記憶する記憶部である。

【 0 0 8 3 】

記憶媒体 9 7 0 は、中継制御装置 9 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、中継制御装置 9 を構成するアーキテクチャは図 7 に示した例に限定されない。

【 0 0 8 4 】

ここでいう「コンピュータ」とは、O S 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、R O M、C D - R O M 等の可搬媒体等の記憶装置のことをいう。

【 0 0 8 5 】

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。

【 0 0 8 6 】

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】

【 0 0 8 7 】

1 , 1 a . . . 無線通信システム、 2 . . . 基地局、 3 . . . 無線端末、 4 , 4 a . . . 中継システム、 5 . . . 中継部、 6 . . . 検出部、 7 - 1 , 7 - 2 . . . 検出装置、 8 - 1 , 8 - 2 . . . 中継装置、 9 . . . 中継制御装置、 5 0 . . . 放射部、 5 2 . . . 中継制御部、 5 2 a . . . 制御部、 9 0 . . . 受信部、 9 2 . . . 送信部、 5 0 0 . . . 素子、 5 2 0 . . . 解析部、 5 2 1 . . . 検出位置推定部、 5 2 2 . . . 指標算出部、 5 2 3 . . . 中継位置推定部、 5 2 4 . . . 方向決定部、 5 2 5 . . . 位相算出部、 5 2 6 . . . 位相制御部、 5 2 7 . . . 位相変換部、 5 2 8 . . . 受信部、 9 0 0 . . . 入力部、 9 1 0 . . . 出力部、 9 2 0 . . . 通信部、 9 3 0 . . . C P U、 9 4 0 . . . メモリ、 9 5 0 . . . H D D、 9 6 0 . . . バス、 9 7 0 . . . 記憶媒体

10

20

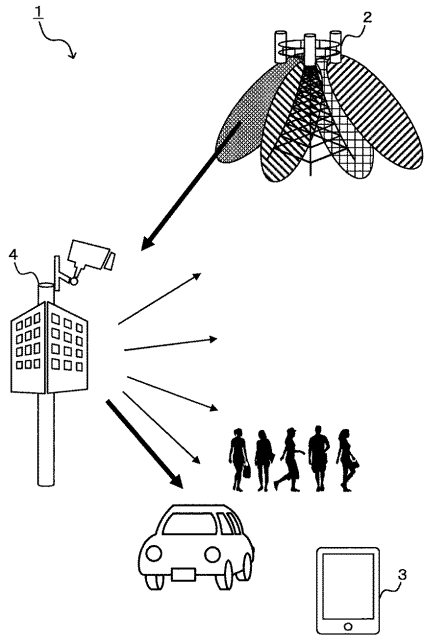
30

40

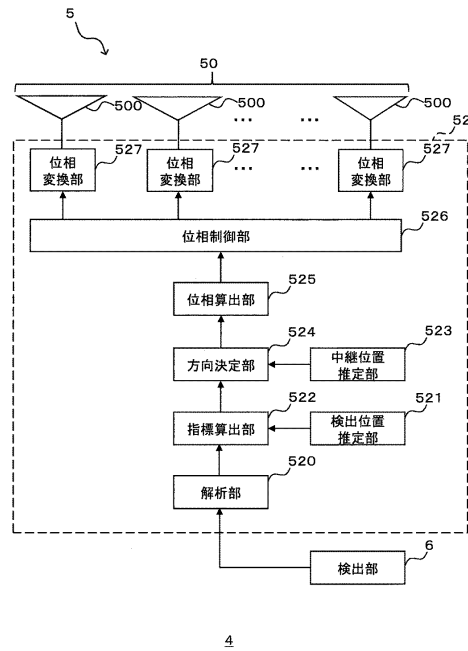
50

【図面】

【図 1】



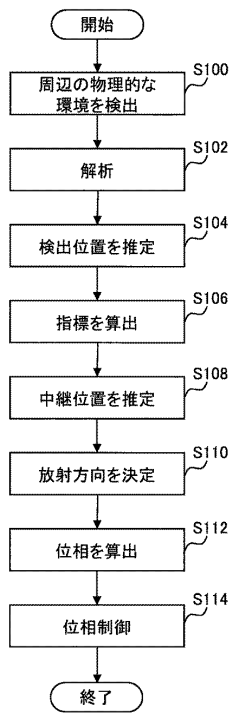
【図 2】



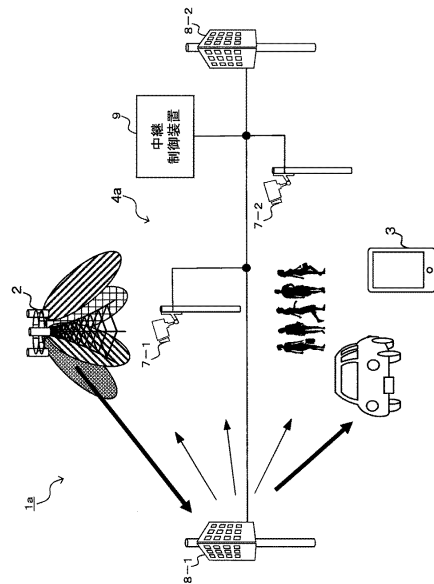
10

20

【図 3】



【図 4】

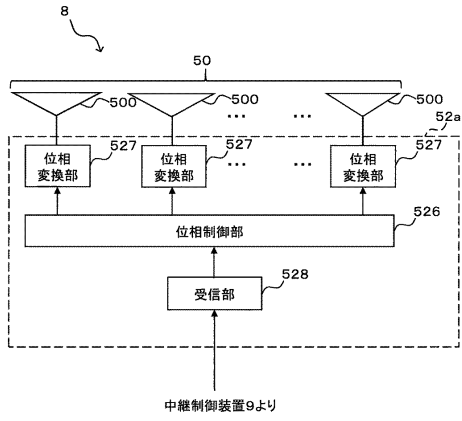


30

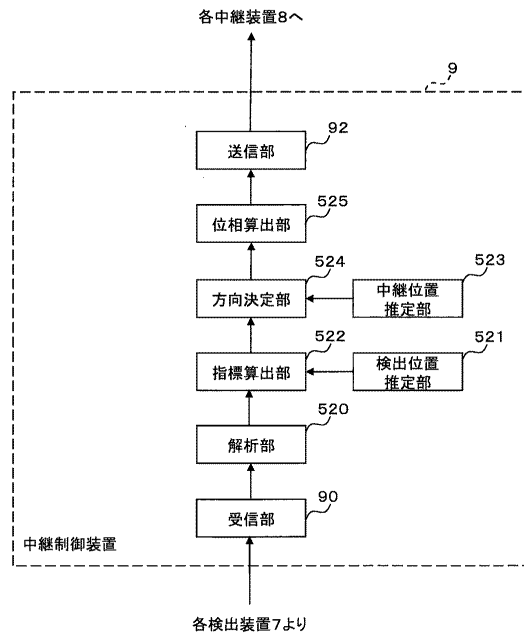
40

50

【図5】



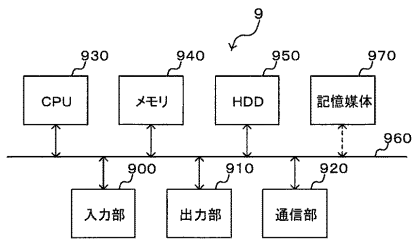
【図6】



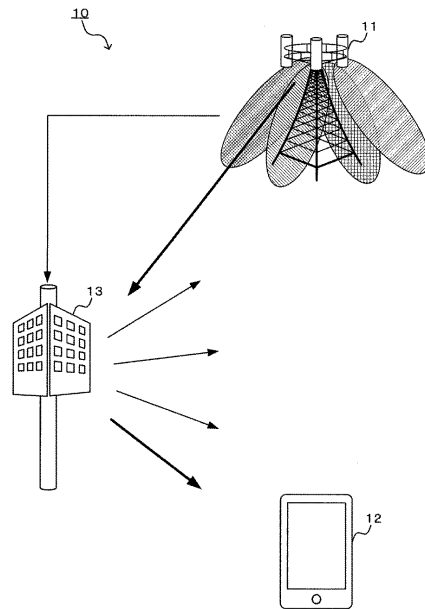
10

20

【図7】



【図8】



30

40

50

フロントページの続き

東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内

(72)発明者 鷹取 泰司

東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内

審査官 前田 典之

(56)参考文献 米国特許出願公開第2019/0331764 (US, A1)

特開2020-080066 (JP, A)

米国特許出願公開第2019/0261193 (US, A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H04B 7/15

H04B 17/30