

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-5182

(P2020-5182A)

(43) 公開日 令和2年1月9日(2020.1.9)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 4 W 16/28 (2009.01)	H O 4 W 16/28	5 K O 6 7
H O 4 B 7/06 (2006.01)	H O 4 B 7/06	9 5 O
H O 4 W 88/02 (2009.01)	H O 4 W 88/02	1 4 O
H O 4 W 84/06 (2009.01)	H O 4 W 84/06	
H O 4 W 92/18 (2009.01)	H O 4 W 92/18	
審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 18 頁)		

(21) 出願番号	特願2018-124863 (P2018-124863)	(71) 出願人	000004226
(22) 出願日	平成30年6月29日 (2018.6.29)		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
		(74) 代理人	110001634
			特許業務法人 志賀国際特許事務所
		(72) 発明者	須崎 皓平
			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	浅井 裕介
			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	芝 宏礼
			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
		Fターム(参考)	5K067 AA22 BB21 DD20 EE02 EE25 FF03 GG01 KK02

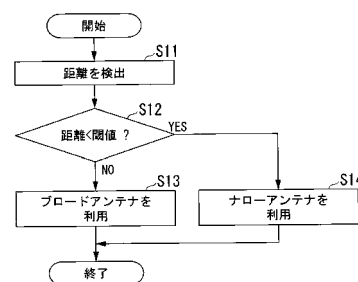
(54) 【発明の名称】 移動局制御方法及び移動局制御装置

(57) 【要約】

【課題】 追尾機構に対する要求精度を高めることなく、広い通信範囲での通信を行うこと。

【解決手段】 第2の移動局と通信を行う第1の移動局を制御するコンピュータによる移動局制御方法は、前記第1の移動局と前記第2の移動局との間の距離を検出する距離検出ステップと、前記第1の移動局が前記第2の移動局へ放射する電磁波のビーム幅を前記距離に応じて切り替える第1切り替えステップと、を有する。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 2 の移動局と通信を行う第 1 の移動局を制御するコンピュータによる移動局制御方法であって、

前記第 1 の移動局と前記第 2 の移動局との間の距離を検出する距離検出ステップと、

前記第 1 の移動局が前記第 2 の移動局へ放射する電磁波のビーム幅を前記距離に応じて切り替える第 1 切り替えステップと、

を有する移動局制御方法。

【請求項 2】

前記第 1 切り替えステップは、前記距離が近いほど前記ビーム幅をより広くするように切り替える

10

請求項 1 に記載の移動局制御方法。

【請求項 3】

前記ビーム幅及び前記距離に応じて決まるビーム広がり値が閾値よりも小さい場合、前記第 2 の移動局との間の距離がより遠い位置へ前記第 1 の移動局を移動させる第 1 移動ステップ

をさらに有する請求項 1 又は請求項 2 に記載の移動局制御方法。

【請求項 4】

前記閾値は、前記第 1 移動ステップによる移動の精度に基づく値である

請求項 3 に記載の移動局制御方法。

20

【請求項 5】

前記第 1 の移動局又は前記第 2 の移動局の近傍に存在する障害物を検知する障害物検知ステップと、

前記障害物が検知された場合、前記ビーム幅をより狭くするように切り替える第 2 切り替えステップと、

をさらに有する請求項 1 から請求項 4 のうちいずれか一項に記載の移動局制御方法。

【請求項 6】

前記第 1 の移動局又は前記第 2 の移動局の近傍に存在する障害物を検知する障害物検知ステップと、

前記障害物が検知された場合、前記第 2 の移動局との間の距離がより近い位置へ前記第 1 の移動局を移動させる第 2 移動ステップと、

30

をさらに有する請求項 1 から請求項 4 のうちいずれか一項に記載の移動局制御方法。

【請求項 7】

前記電磁波が前記障害物によって反射することによって生じる反射波の強度が最大となるように、ビーム幅を切り替える第 3 切り替えステップ

をさらに有する請求項 5 又は請求項 6 に記載の移動局制御方法。

【請求項 8】

第 2 の移動局と通信を行う第 1 の移動局を制御する移動局制御装置であって、

前記第 1 の移動局と前記第 2 の移動局との間の距離を示す距離情報を取得する距離情報取得部と、

40

前記第 1 の移動局が前記第 2 の移動局へ放射する電磁波のビーム幅を前記距離情報に基づく前記距離に応じて切り替える切り替え部と、

を備える移動局制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、移動局制御方法及び移動局制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

昨今、無線通信において、固定局対固定局の間の通信、移動局対基地局の間の通信のほ

50

か、移動局を中継局とする移動局対基地局の間の通信、及び、移動局同士の間の通信（M2M；Machine-to-Machine）が注目されている。上記の通信においては、例えばWi-Fi（ワイファイ）に代表されるIEEE（The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.）802.11規格に基づく無線通信方式、及び、例えばLTE（登録商標）（Long Term Evolution）等のcellular（セルラー）方式の無線通信方式が一般に用いられている。

【0003】

しかしながら、ある程度広い範囲を移動しつつ総スループット数が100Mbps以上となるような大容量伝送を行う場合においては、上記の無線通信方式は適当ではない場合がある。なぜならば、無線局間の距離が遠くなるほど無線局において受信される電力が減衰してしまうため、所望のC/N比（Carrier to Noise Ratio；搬送波対雑音比）を満たさなくなるためである。

10

【0004】

所望のC/N比を満たしつつ、より高速なデータ通信を行うためには、より高利得のアンテナが必要になる。高利得アンテナは、一般に大開口径を有するアンテナであるため、メインビームの幅が狭くなる。これにより、移動局が移動することによって、移動局の位置がアンテナの指向方向から外れてしまい易くなる。そのため、移動局を追尾するための追尾機構が必要になる。

【0005】

従来、このような追尾機構は、例えば高利得アンテナを必要とする、衛星対移動局（地球局）の間の通信において利用されることが多かった。衛星通信システムにおいては、衛星と地球局とは一対多の通信になる。そのため、衛星は姿勢制御によって地球表面の方向へアンテナを向けている。これにより、衛星側には、上記のような追尾機構は用いられない。

20

【0006】

これに対して、それぞれの地球局は、衛星の方向へアンテナを向ける必要がある。そのため、地球局は、例えばGPS（Global Positioning System）やGLONASS（Global Navigation Satellite System）等のGNSS（Global Navigation Satellite System；全球測位衛星システム）又はジャイロセンサ等の各種センサを用いて自己位置を検出する。そして、地球局は、自己位置と予めデータベース等に登録されている衛星の位置とに基づいて算出される、衛星の方向へメインビームを向けている。地球局は、例えば、コンカルスキャン等を用いた機械的追尾の方法によって（例えば、非特許文献1及び非特許文献2を参照）、又は、アレーアンテナ等を用いた電子的追尾の方法によって（例えば、非特許文献3を参照）、衛星を捕捉している。

30

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0007】

【非特許文献1】吉田富彦 他，「高精度衛星自動追尾アンテナの構成と制御方式の検討」，信学技報 A・P2003-4 SAT2003-4，pp.19-24，社団法人 電子情報通信学会，2003年

【非特許文献2】桧垣潤一 他，「船舶用ブロードバンドアンテナにおける防振機構系と追尾制御系の設計手法について」，電子情報通信学会論文誌 B Vol.J91-B No.12，pp.1578-1586，社団法人 電子情報通信学会，2008年

40

【非特許文献3】菊間信良，「アダプティブアンテナ技術」，pp.122-124，株式会社オーム社，2003年

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

上述したように、衛星通信システムでは、地球局側にのみ、追尾機構があればよい。これに対し、移動局同士の間の通信（例えばドローン（drone）対ドローンの間の通信等）では、双方の移動局がお互いの相対的な位置関係を把握する必要がある。そのため、従来

50

技術では、例えば双方の移動局に追尾機構を設ける等、追尾機構に対する要求精度を高めるための何らかの構成を備える必要があるという課題があった。

【0009】

また、IEEE 802.11規格に基づく無線通信方式では、TDMA (Time Division Multiple Access; 時分割多元接続) 方式のような時分割処理が行われる。そのため、上述したような、通信信号の受信状態から追尾を行うコニカルスキャン又はアレーアンテナを用いるだけでは、タイムラグが生じる。これにより、追尾を行うことができない場合が生じる。そのため従来技術では、追尾機構に対する要求精度を高めるための何らかの構成が必要になるという課題があった。

【0010】

上記事情に鑑み、本発明は、追尾機構に対する要求精度を高めることなく、広い通信範囲での通信を行うことができる技術の提供を目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の一態様は、第2の移動局と通信を行う第1の移動局を制御するコンピュータによる移動局制御方法であって、前記第1の移動局と前記第2の移動局との間の距離を検出する距離検出ステップと、前記第1の移動局が前記第2の移動局へ放射する電磁波のビーム幅を前記距離に応じて切り替える第1切り替えステップと、を有する移動局制御方法である。

【0012】

また、本発明の一態様は、上記の移動局制御方法であって、前記第1切り替えステップは、前記距離が近いほど前記ビーム幅をより広くするように切り替える。

【0013】

また、本発明の一態様は、前記ビーム幅及び前記距離に応じて決まるビーム広がり値が閾値よりも小さい場合、前記第2の移動局との間の距離がより遠い位置へ前記第1の移動局を移動させる第1移動ステップをさらに有する。

【0014】

また、本発明の一態様は、上記の移動局制御方法であって、前記閾値は、前記第1移動ステップによる移動の精度に基づく値である。

【0015】

また、本発明の一態様は、上記の移動局制御方法であって、前記第1の移動局又は前記第2の移動局の近傍に存在する障害物を検知する障害物検知ステップと、前記障害物が検知された場合、前記ビーム幅をより狭くするように切り替える第2切り替えステップと、をさらに有する。

【0016】

また、本発明の一態様は、上記の移動局制御方法であって、前記第1の移動局又は前記第2の移動局の近傍に存在する障害物を検知する障害物検知ステップと、前記障害物が検知された場合、前記第2の移動局との間の距離がより近い位置へ前記第1の移動局を移動させる第2移動ステップと、をさらに有する。

【0017】

また、本発明の一態様は、上記の移動局制御方法であって、前記電磁波が前記障害物によって反射することによって生じる反射波の強度が最大となるように、ビーム幅を切り替える第3切り替えステップをさらに有する。

【0018】

また、本発明の一態様は、第2の移動局と通信を行う第1の移動局を制御する移動局制御装置であって、前記第1の移動局と前記第2の移動局との間の距離を示す距離情報を取得する距離情報取得部と、前記第1の移動局が前記第2の移動局へ放射する電磁波のビーム幅を前記距離情報に基づく前記距離に応じて切り替える切り替え部と、を備える移動局制御装置である。

【発明の効果】

【0019】

本発明により、追尾機構に対する要求精度を高めることなく、広い通信範囲での通信を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る移動局制御方法の概要を説明するための模式図である。

【図2】本発明の第1の実施形態に係る移動局制御システムの構成の一例を示すブロック図である。

【図3】本発明の第1の実施形態に係る移動局制御方法による処理の流れを示すフローチャートである。

【図4】本発明の第2の実施形態に係る移動局制御方法の概要を説明するための模式図である。

【図5】移動局間の距離と自由空間損失及びビーム幅ごとのビーム広がりとの関係の一例を示す表である。

【図6】アンテナ利得とビーム幅との関係の一例を示す表である。

【図7】本発明の第2の実施形態の変形例に係る移動局制御システムの構成の一例を示すブロック図である。

【図8】本発明の第2の実施形態の変形例に係る移動局制御方法による処理の流れを示すフローチャートである。

【図9】本発明の第3の実施形態に係る移動局制御方法の概要を説明するための模式図である。

【図10】本発明の第3の実施形態の変形例に係る移動局制御方法の概要を説明するための模式図である。

【図11】本発明の第4の実施形態に係る移動局制御方法の概要を説明するための模式図である。

【図12】本発明の第4の実施形態の変形例に係る移動局制御方法による処理の流れ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】

【0021】

以下、本発明による移動局制御方法の実施形態について説明する。

以下に説明する各実施形態では、移動局装置を搭載するドローン対移動局装置を搭載するドローンの間において無線通信を行う場合を一例とした移動局制御方法を説明する。以下、移動局装置を搭載するドローンを、単に「移動局」という。

【0022】

<第1の実施形態>

以下、本発明の第1の実施形態に係る移動局制御方法について、図面を参照しながら説明する。

【0023】

図1は、本発明の第1の実施形態に係る移動局制御方法の概要を説明するための模式図である。

図1において、移動局d1は、指向性アンテナ（図示せず）（以下「アンテナ」という。）を用いて移動局d2との無線通信を行う。そのため、移動局d1は、移動局d2を追尾するための追尾機構を備えている。

【0024】

図1（A）に示すように、移動局d1のアンテナから送信された電磁波のビームは、 $D \sin \phi$ の範囲に照射される。ここで、Dは、移動局d1と移動局d2との間の距離である。また、 ϕ は、アンテナ指向性の半値幅である。

図1（A）に示すように、移動局d1からの距離が近くなるほど、ビームの照射範囲の幅（以下「ビーム広がり」という。）はより狭くなる。そのため、移動局d1から追尾対

10

20

30

40

50

象である物体までの距離が近いほど、追尾機構に対してより高い精度が要求される。

【0025】

なお、例えば、長距離の無線通信に用いられる狭ビームアンテナは、メインビームにエネルギーを集中させる。そのため、ビームの照射範囲から外れた場合には、 -30 dB (decibel; デシベル) $\sim -40\text{ dB}$ 程度の電磁波の減衰が生じる。例えば、距離が 10 m である場合と距離が 50 m である場合とにおける、自由空間の距離減衰差は 13 dB である。よって、 10 m から 50 m へ距離が遠くなる場合よりも、ビームの照射範囲から外れた場合の方が、電磁波はより大きく減衰する。

【0026】

例えば、このような狭ビームアンテナを用いる場合、ビームの照射位置から 10 m 先の位置においては、ビーム広がり 30 cm 程度の幅となる。したがって、追尾対象の移動局 (移動局 d_2) の位置がこの幅の照射範囲に収まっていなければ、移動局 d_1 は移動局 d_2 を追尾することができない。

【0027】

移動局 d_2 が移動局 d_1 により近い位置へ移動し、例えば、移動局 d_1 から移動局 d_2 までの距離が距離 D から距離 D' ($< D$) に変わった場合、上述したように、ビーム広がり ϕ はより狭くなる。これにより、図 1 (B) に示すように、移動局 d_2 が、図 1 (A) に示したビームの照射範囲から外れる場合がある。そのため、第 1 の実施形態に係る移動局 d_1 は、ビームの照射範囲に移動局 d_2 を収めるようにするため、移動局 d_1 から移動局 d_2 までの距離に応じて、ビーム幅を ϕ 度から θ 度へ切り替える。

【0028】

第 1 の実施形態に係る移動局 d_1 は、例えば、ビーム幅が異なる複数のアンテナを備える。そして、移動局 d_1 は、移動局 d_1 から移動局 d_2 までの距離に応じて、用いるアンテナを切り替える。

【0029】

[移動局制御システムの構成]

以下、上述した移動局制御方法により移動局 d_1 を制御する移動局制御システムの構成の一例について説明する。

図 2 は、本発明の第 1 の実施形態に係る移動局制御システムの構成の一例を示すブロック図である。図 2 に示すように、移動局制御システムは、移動局制御装置 10 と、画像処理エンジン 102 と、距離検出部 103 と、追尾機構 104 と、を含んで構成される。

【0030】

また、移動局制御装置 10 は、カメラ 101 と、スイッチ 105 と、ブロードアンテナ 106 と、ナローアンテナ 107 と、を含んで構成される。ブロードアンテナ 106 によって照射されるビームのビーム幅は θ 度であり、ナローアンテナ 107 によって照射されるビームのビーム幅は ϕ ($< \theta$) 度である。

【0031】

なお、カメラ 101 は、移動局制御装置 10 の筐体の中に備えられる代わりに、移動局制御装置 10 に接続する外部の装置として備えられる構成であっても構わない。また、画像処理エンジン 102、距離検出部 103、及び追尾機構 104 は、移動局制御装置 10 に接続する外部の装置として備えられる代わりに、移動局制御装置 10 の筐体の中に備えられる構成であっても構わない。

【0032】

カメラ 101 は、移動局 d_2 の方向を撮像する。カメラ 101 は、撮像された画像を示す画像データを画像処理エンジン 102 へ出力する。

【0033】

画像処理エンジン 102 は、カメラ 101 から入力された画像データを解析し、画像データに基づく画像内における、移動局 d_2 を示す画像領域を特定する。なお、画像処理エンジン 102 は、例えば、移動局 d_2 が撮像された画像を示す画像データ (マスター画像データ) を予め保持しており、マスター画像データとカメラ 101 から入力された画像デ

10

20

30

40

50

ータとを照合することによって、画像内における移動局 d 2 を示す画像領域を特定するようにしてもよい。

画像処理エンジン 102 は、移動局 d 2 を示す画像領域を示す情報を距離検出部 103 へ出力する。

【0034】

また、画像処理エンジン 102 は、移動局 d 2 を示す画像領域が、カメラ 101 から入力される画像データに基づく画像の中央に位置するように、追尾機構 104 を制御する。

追尾機構 104 は、移動局制御装置 10 に取り付けられており、移動局制御装置 10 の向きを制御可能に構成されている。これにより、追尾機構 104 は、移動局制御装置 10 の向きを制御することによって、移動局制御装置 10 が備えるカメラ 101 の撮像方向を制御することができる。

【0035】

例えば、カメラ 101 から入力される画像データに基づく画像において、移動局 d 2 を示す画像領域が中央よりも上側に位置している場合には、画像処理エンジン 102 は、移動局 d 1 が備えるカメラ 101 の撮像方向をより上側へ向けるように、追尾機構 104 を制御する。また、例えば、カメラ 101 から入力される画像データに基づく画像において、移動局 d 2 を示す画像領域が中央よりも左側に位置している場合には、画像処理エンジン 102 は、移動局 d 1 が備えるカメラ 101 の撮像方向をより左側へ向けるように、追尾機構 104 を制御する。これにより、移動局 d 1 の移動局制御システムによる、移動局 d 2 の追尾が行われる。

【0036】

なお、カメラ 101 の撮像方向と、ブロードアンテナ 106 及びナローアンテナ 107 から照射される電磁波のビームの照射方向とは、一致するように構成されているものとする。これにより、カメラ 101 から入力される画像データに基づく画像の中央に写っている位置に向けて、ビームが照射されることになる。

【0037】

距離検出部 103 は、画像処理エンジン 102 から入力された、移動局 d 2 を示す画像領域を示す情報に基づいて、移動局 d 1 から移動局 d 2 までの距離を検出する。例えば、距離検出部 103 は、移動局 d 2 を示す画像領域の大きさと、実際の移動局 d 2 の大きさと、に基づいて距離を検出する。距離検出部 103 は、移動局 d 1 から移動局 d 2 までの距離を示す距離情報をスイッチ 105 へ出力する。

【0038】

スイッチ 105 は、距離検出部 103 から入力された距離情報が示す距離と、予め記憶している所定の距離を示す閾値と、を比較する。

スイッチ 105 は、入力された距離情報が示す距離が閾値よりも短い場合、ビーム幅が θ 度であるブロードアンテナ 106 からビームが照射されるように切り替える。すなわち、スイッチ 105 は、ブロードアンテナ 106 を用いて無線通信が行われるように切り替える。

【0039】

また、スイッチ 105 は、入力された距離情報が示す距離が閾値以上の長さである場合、ビーム幅が ϕ ($< \theta$) 度であるナローアンテナ 107 からビームが照射されるように切り替える。すなわち、スイッチ 105 は、ナローアンテナ 107 を用いて無線通信が行われるように切り替える。

【0040】

なお、図 2 に例示した移動局制御装置 10 は、ビーム幅が異なる 2 種類のアンテナを備えている構成であるものとしたが、これに限られるものではない。例えば、移動局制御装置 10 は、ビーム幅が異なる 3 種類以上のアンテナを備え、移動局 d 1 から移動局 d 2 までの距離に応じて、これら 3 種類以上のアンテナを適宜切り替えて用いる構成であってもよい。

【0041】

なお、移動局制御装置 10 が、ビーム幅が異なる複数のアンテナを備える代わりに、ビーム幅を変化させることができるアンテナを備える構成にしてもよい。この場合、例えば、フェーズドアレイアンテナのアレイ素子の給電を部分的に間引くことによって上記の構成を実現することができる。

なお、この場合、ビーム幅が離散的な値で変化する構成に限られるものでなく、ビーム幅が連続的に変化する構成であってもよい。

【0042】

なお、図 2 に例示した移動局制御システムは、カメラ 101、画像処理エンジン 102、及び距離検出部 103 によって画像を解析することにより、移動局 d1 から移動局 d2 までの距離を検出する構成であるものとしたが、これに限られるものではない。例えば、移動局制御システムは、GNSS 又はレーザー測位計等を用いて、移動局 d1 から移動局 d2 までの距離を検出する構成であってもよい。もちろん、上記の画像処理、GNSS 及びレーザー測位計等の距離計測手段のうち、複数の手段を組み合わせる移動局 d1 から移動局 d2 までの距離を検出する構成にしてもよい。

【0043】

[移動局制御方法による処理の流れ]

以下、上述した移動局制御方法による処理の流れの一例について説明する。

図 3 は、本発明の第 1 の実施形態に係る移動局制御方法による処理の流れを示すフローチャートである。

【0044】

距離検出部 103 は、画像処理エンジン 102 から出力された、移動局 d2 を示す画像領域を示す情報の入力を受け付ける。距離検出部 103 は、入力された移動局 d2 を示す画像領域を示す情報に基づいて、移動局 d1 から移動局 d2 までの距離を検出する（ステップ S11）。距離検出部 103 は、移動局 d1 から移動局 d2 までの距離を示す距離情報をスイッチ 105 へ出力する。

【0045】

スイッチ 105 は、距離検出部 103 から入力された距離情報が示す距離と、予め記憶している所定の距離を示す閾値と、を比較する。

【0046】

スイッチ 105 は、入力された距離情報が示す距離が閾値よりも短い場合（ステップ S12・Yes）、ブロードアンテナ 106 を利用するように切り替える（ステップ S13）。また、スイッチ 105 は、入力された距離情報が示す距離が閾値以上の長さである場合（ステップ S12・No）、ナローアンテナ 107 を利用するように切り替える（ステップ S14）。

以上で図 3 に示すフローチャートの処理が終了する。

【0047】

なお、閾値には、例えば、 $D \sin \theta < X$ を満たす D の値（すなわち、 $D < X / \sin \theta$ の値）が設定される。ここで、 D は、移動局間の距離（単位：m）である。また、 θ はアンテナ指向性半値幅（単位：度）である。また、 X は、移動局の位置精度（単位：m）である。なお、上記の半値幅は、半値全幅であり、 $2 D \sin \theta / 2$ $D \sin \theta$ で近似している。厳密に $2 D \sin \theta / 2$ を用いて計算してもよい。

【0048】

なお、移動局の位置精度 X (m) は、例えば GNSS 等の位置検出手段の空間分解能と、移動局の移動機構の精度とに依存する。一般的な GNSS の場合、数 m 単位でのずれが生じることがある。また、移動機構の精度は、移動局が空中に留まろうとする場合、例えば風等の影響によって数 10 cm 程度の誤差が生じることがある。また、移動局が地上にある場合であっても、ステアリングの影響等によって車輪の軸方向に対して、数 10 cm 程度の誤差が生じることがある。

【0049】

<第 2 の実施形態>

10

20

30

40

50

以下、本発明の第2の実施形態について、図面を参照しながら説明する。

【0050】

図4は、本発明の第2の実施形態に係る移動局制御方法の概要を説明するための模式図である。

図4において、移動局d1は、上述した第1の実施形態と同様に、アンテナを用いて移動局d2との無線通信を行う。そのため、移動局d1は、移動局d2を追尾するための追尾機構を備えている。

【0051】

図4に示すように、移動局d1のアンテナから送信された電磁波のビームは、 $D \sin \phi$ の範囲に照射される。ここで、Dは、移動局d1と移動局d2との間の距離である。また、 ϕ は、アンテナ指向性の半値幅である。

図4に示すように、移動局d1からの距離が近い位置ほど、移動局d1から照射されるビーム広がりはいずれも狭い。そのため、移動局d1からの距離が近いと、追尾対象である移動局d2がビームの照射範囲から外れ易くなる。すなわち、移動局d1が移動局d2を追尾できなくなる可能性が高くなる。

【0052】

そのため、第2の実施形態に係る移動局d1は、自己の移動局d1と移動局d2との間の距離が所定の距離よりも近い場合、ビームの照射範囲に移動局d2を収めるようにするため、移動局d2から遠ざかるように移動を行う。例えば、図4に示すように、移動局d1は、移動局d2からの距離がDである位置から、移動局d2からの距離が $D'' (> D)$ である位置へ、移動を行う。

これにより、移動局d2の位置における、移動局d1から照射されたビーム広がりがいずれも広がる。これにより、第2の実施形態に係る移動局制御方法は、移動局d1が移動局d2を追尾できなくなる可能性を低減させることができる。

【0053】

<第2の実施形態の変形例>

以下、本発明の第2の実施形態の変形例について、図面を参照しながら説明する。

【0054】

上述した本発明の第2の実施形態に係る移動局制御方法は、第1の実施形態に係る移動局制御方法（すなわち、ビーム幅の異なる複数のアンテナを切り替えて用いる構成）を組み合わせてすることによって、自由空間損失及びアンテナ利得を考慮して電力マージンの最適化を行う構成にすることもできる。

【0055】

図5は、移動局間の距離と、自由空間損失及びビーム幅ごとのビーム広がりとの関係の一例を示す表である。図5に示すように、例えば、移動局d1からの距離が「6.0m」の位置における自由空間損失は「-83.6dB」である。また、図5に示すように、例えば、移動局d1からの距離が「6.0m」の位置におけるビーム広がり、ビーム幅が「2.9度」のアンテナが用いられた場合には、「0.048m」（すなわち、4.8cm）である。

【0056】

図6は、アンテナ利得とビーム幅との関係の一例を示す表である。図6に示すように、例えば、ビーム幅が「2.9度」のアンテナが用いられた場合には、アンテナ利得は「36.0dBi」である。

【0057】

例えば、3cm（すなわち、0.03m）の精度を持つ移動機構を備える移動局を用いる場合を考える。

例えば、移動局d1から移動局d2までの距離が6.0m離れている場合には、ビーム幅が2.9度以上のアンテナを用いる必要がある。これは、図5の表が示す値から、距離が6.0mである場合において、ビーム幅が1.5度のビームを照射するアンテナを用いると、ビーム広がり、0.025m（2.5cm）になり、移動局の移動機構の精度であ

10

20

30

40

50

る 3 cm よりも幅が狭くなってしまう。

【0058】

距離が 6.0 m である場合において、ビーム幅が 2.9 度以上のアンテナを用いた場合におけるレベルダイヤは、図 5 及び図 6 の表が示す値から、 -83.6 dB (自由空間損失) $+ 36.0 \text{ dB}$ i (アンテナ利得) $= -47.6 \text{ dB}$ m となる。

【0059】

ここで、例えば、ダイナミックレンジの下限が -45 dB m であり、かつ、送信電力を変更することができない場合、上記レベルダイヤの値である -47.6 dB m は、ダイナミックレンジの下限である -45 dB m を下回る。このことから、この場合には、ビーム幅が 1.5 度のビームを照射するアンテナを用いなければ通信が成立しない。ビーム幅が 1.5 度のビームを照射するアンテナを用いた場合、図 5 及び図 6 の表が示す値から、レベルダイヤは、 -83.6 dB (自由空間損失) $+ 42.0 \text{ dB}$ i (アンテナ利得) $= -41.6 \text{ dB}$ m となり、ダイナミックレンジの下限である -45 dB m を下回らないからである。

【0060】

しかしながら、移動局 d 1 から移動局 d 2 までの距離が 6.0 m 離れている場合に、ビーム幅が 1.5 度のビームを照射するアンテナを用いると、上述したように、ビーム広がり が 0.025 m (すなわち、2.5 cm) になる。よって、移動局の移動機構の精度である 3 cm よりも幅が狭くなってしまう。したがって、移動局 d 1 は、移動局 d 2 から遠ざかるように移動をする必要がある。

【0061】

そこで、移動局 d 1 の移動局制御装置 10 は、例えば、移動局 d 2 からの距離が 8.0 m の位置へ移動するように自己の移動局 d 1 を制御する。図 5 及び図 6 の表が示す値から、移動局 d 1 から移動局 d 2 までの距離が 8 m 離れている場合に、ビーム幅が 1.5 度のビームを照射するアンテナを用いた場合、レベルダイヤは、 -86.1 dB (自由空間損失) $+ 42.0 \text{ dB}$ i (アンテナ利得) $= -44.1 \text{ dB}$ m となる。よって、ダイナミックレンジの下限である -45 dB m を下回らない。

【0062】

また、図 5 に示す値から、移動局 d 1 からの距離が 8.0 m の位置におけるビーム広がり は、ビーム幅が 1.5 度のビームを照射するアンテナが用いられた場合、0.033 m (すなわち、3.3 cm) である。よって、この場合、移動局の移動機構の精度である 3 cm よりも幅が狭くはならない。

【0063】

以上のことから、移動局制御装置 10 は、図 5 及び図 6 の表が示す値に基づいて、ビーム幅が 1.5 度のビームを照射するアンテナに切り替えて、かつ、移動局 d 2 からの距離が 8.0 m の位置へ移動するように自己の移動局 d 1 を制御する、という決定を行うことができる。このように、移動局制御装置 10 は、自由空間損失及びアンテナ利得を考慮して電力マージンの最適化を図るように、ビーム幅の制御及び移動局 d 1 と移動局 d 2 との間の距離の制御を行うことができる。

【0064】

[移動局制御システムの構成]

以下、上述した移動局制御方法により移動局 d 1 を制御する移動局制御システムの構成の一例について説明する。

図 7 は、本発明の第 2 の実施形態の変形例に係る移動局制御システムの構成の一例を示すブロック図である。図 7 に示すように、移動局制御システムは、移動局制御装置 10 と、画像処理エンジン 102 と、距離検出部 103 と、追尾機構 104 と、を含んで構成される。

【0065】

また、移動局制御装置 10 は、カメラ 101 と、スイッチ 105 と、ブロードアンテナ 106 と、ナローアンテナ 107 と、移動制御部 108 と、を含んで構成される。

【0066】

なお、図7に示すように、第2の実施形態の変形例に係る移動局制御システムの構成が、図2を参照しながら説明した第1の実施形態に係る移動局制御装置10の構成とは異なる点は、移動制御部108が備えられている点である。

なお、以下、第1の実施形態に係る移動局制御システムと共通する構成については説明を省略する。

【0067】

距離検出部103は、上述した移動局制御方法によって、用いるアンテナと、移動局d1と移動局d2との間の最適な距離とを決定する。

そして、距離検出部103は、用いるアンテナを示す情報をスイッチ105へ出力する。スイッチ105は、距離検出部103入力された情報に基づいて、用いるアンテナを切り替える。

また、距離検出部103は、移動局d1と移動局d2との間の最適な距離を示す情報を、移動制御部108へ出力する。移動制御部108は、距離検出部103に入力された情報に基づいて、自己の移動局d1を移動させる。

【0068】

[移動局制御方法による処理の流れ]

以下、上述した移動局制御方法による処理の流れの一例について説明する。

図8は、本発明の第2の実施形態の変形例に係る移動局制御方法による処理の流れを示すフローチャートである。

【0069】

距離検出部103は、画像処理エンジン102から出力された移動局d2を示す画像領域を示す情報の入力を受け付ける。距離検出部103は、入力された移動局d2を示す画像領域を示す情報に基づいて、移動局d1から移動局d2までの距離を検出する（ステップS21）。

【0070】

距離検出部103は、検出した距離と、図5及び図6の表が示す値と、に基づいて、電力マージンが所定の閾値よりも下回っているか否かを判定する（ステップS22）。ここで、所定の閾値とは、例えば上述したダイナミックレンジの下限である。

【0071】

電力マージンが所定の閾値よりも下回っていない場合（ステップS22・No）、移動局d1は通信を続行する（ステップS24）。以上で図8に示すフローチャートの処理が終了する。

【0072】

電力マージンが所定の閾値よりも下回っている場合（ステップS22・Yes）、距離検出部103は、移動局d1から移動局d2までの距離が、所定の閾値よりも近いかなんかを判定する（ステップS23）。

【0073】

なお、閾値には、例えば、 $D \sin \theta < X$ を満たすDの値（すなわち、 $D < X / \sin \theta$ の値）が設定される。ここで、Dは、移動局間の距離（単位：m）である。また、 θ はアンテナ指向性半値幅（単位：度）である。また、Xは、移動局の位置精度（単位：m）である。

【0074】

移動局d1から移動局d2までの距離が、所定の閾値よりも近くはない場合（ステップS23・No）、移動局d1は通信を続行する（ステップS24）。以上で図8に示すフローチャートの処理が終了する。

【0075】

移動局d1から移動局d2までの距離が、所定の閾値よりも近い場合（ステップS23・Yes）、移動局d1は、移動局d1から移動局d2までの距離が所定の閾値よりも近くはない位置へ移動する（ステップS25）。そして、再びステップS22の処理に

戻る。

【0076】

<第3の実施形態>

以下、本発明の第3の実施形態について、図面を参照しながら説明する。

図9は、本発明の第3の実施形態に係る移動局制御方法の概要を説明するための模式図である。

【0077】

移動局の近くに、障害物、遮蔽物又は反射物等（以下「障害物等」という。）が存在する場合、障害物等が、移動局間で行われる無線通信に悪影響を及ぼす場合がある。そこで、移動局制御装置10は、自己の無線局d1又は通信相手である無線局d2から所定の距離の範囲に障害物等が存在する場合に、第1の実施形態と同様に、ビーム幅が異なる他のアンテナに切り替える。

なお、第3の実施形態に係る移動局制御装置10は、自己の移動局制御装置10が備えるアンテナのビーム幅の値及びサイドビーム幅の値を保持している。

【0078】

図9に示すように、例えば、移動局d2の近傍にはビルが存在する。ビルの一部は、ビーム幅が θ 度であるビームの照射範囲内にある。よって、これらのビルによって電磁波が反射したり、遮られたりすると、移動局d1及び移動局d2との間で行われる無線通信に悪影響が生じる。

【0079】

第3の実施形態に係る移動局d1の移動局制御装置10は、移動局d2から所定の距離の範囲内に障害物等が存在すること検知すると、ビーム幅が θ 度のビームを照射するアンテナから、ビーム幅が ϕ ($<\theta$) 度のビームを照射するアンテナに切り替える。これにより、図9に示すように、移動局d1から照射されるビームのビーム広がり狭くなり、ビームの照射範囲にはビルが存在しなくなる。これにより、移動局d1及び移動局d2との間で安定した無線通信を行うことが可能になる。

【0080】

なお、ここでいう所定の距離の範囲とは、ビーム幅から計算されるビーム広がりに基づく範囲とする代わりに、フレネル半径を基準としてもよい。

なお、通信相手の移動局側に障害物等がある場合には、通信相手の移動局に対して、所定の距離の範囲内に障害物等が存在することを通知することが好ましい。

【0081】

なお、障害物等の検知の方法としては、移動局制御装置10が、障害物等の位置を示すデータを予め保持しておき、該データに基づいて障害物等を検知するようにしてもよい。あるいは、移動局制御装置10が、カメラやセンサ等によって障害物等を検知するようにしてもよい。あるいは、移動局制御装置10が、実際の通信の劣化状況等から障害物等を検知するようにしてもよい。

【0082】

[移動局制御方法による処理の流れ]

本発明の第3の実施形態に係る移動局制御方法による処理の流れは、図3のフローチャートを参照しながら説明した第1の実施形態に係る移動局制御方法による処理の流れとほぼ同様である。第3の実施形態に係る移動局制御方法が、第1の実施形態に係る移動局制御方法とは異なる点は、図3のフローチャートのステップS12に用いる所定の閾値が、以下のように設定される点である。

【0083】

閾値には、例えば、 $D \sin \theta < d$ を満たすDの値（すなわち、 $D < d / \sin \theta$ の値）が設定される。ここで、Dは、移動局間の距離（単位：m）である。また、 θ はアンテナ指向性半値幅（単位：度）である。また、dは、移動局d2と障害物等との間の距離（単位：m）である。

このように、第3の実施形態に係る移動局制御方法では、ビーム広がり、移動局d2

10

20

30

40

50

と障害物等との間の距離未満となるようにアンテナが切り替えられる。

【0084】

＜第3の実施形態の変形例＞

以下、本発明の第3の実施形態の変形例について、図面を参照しながら説明する。

図10は、本発明の第3の実施形態の変形例に係る移動局制御方法の概要を説明するための模式図である。

【0085】

上述したように、移動局の近くに、障害物等が存在する場合、障害物等が、移動局間で行われる無線通信に悪影響を及ぼす場合がある。そこで、第3の実施形態の変形例に係る移動局制御装置10は、自己の無線局d1又は通信相手である無線局d2から所定の距離の範囲に障害物等が存在する場合、無線局d2により近づく方向へ自己の無線局d1を移動させる。

【0086】

これにより、図10に示すように、ビルが存在する位置において、移動局d1から照射されるビームのビーム広がりが狭くなるため、ビームの照射範囲にはビルが存在しなくなる。これにより、移動局d1及び移動局d2との間で安定した無線通信を行うことが可能になる。

【0087】

＜第4の実施形態＞

以下、本発明の第4の実施形態について、図面を参照しながら説明する。

図11は、本発明の第4の実施形態に係る移動局制御方法の概要を説明するための模式図である。

【0088】

上述した第3の実施形態に係る移動局制御方法又は上述した第3の実施形態の変形例に係る移動局制御方法を実施した場合であっても、ビームの照射範囲内に障害物等が存在しないようにすることが難しい場合がある。例えば、移動局の近傍に、ビル等が林立しているような場合等である。

【0089】

このような場合、第4の実施形態に係る移動局d1の移動局制御装置10は、移動局d2と障害物等との位置関係を検出し、障害物等に対して敢えてビームを照射する。例えば、図11に示すように、移動局制御装置10は、ビーム幅が ϕ 度のビームを照射するアンテナから、ビーム幅が θ 度のビームを照射するアンテナへ切り替える。これにより、移動局制御装置10は、意図的に、障害物等がビームの照射範囲に含まれるようにする。

【0090】

そして、移動局d1の移動局制御装置10は、障害物等に対して照射したビームの反射波が移動局d2へ到達する位置を探索するように動作する。

【0091】

なお、この場合、通信相手である移動局d2が障害物等に対してビームを照射して、移動局d1が該ビームを受信することができる位置へ移動することによって、移動局d1の移動先の位置を微調整するようにしてもよい。

なお、移動局d1の移動局制御装置10は、移動局d2から、受信レベル及びスループット等の情報を取得するようにしてもよい。

【0092】

[移動局制御方法による処理の流れ]

以下、上述した移動局制御方法による処理の流れの一例について説明する。

図12は、本発明の第4の実施形態の変形例に係る移動局制御方法による処理の流れを示すフローチャートである。

【0093】

移動局d1の移動局制御装置10は、通信相手である移動局d2の近傍にある障害物等を検知する（ステップS41）。

【0094】

移動局制御装置10は、移動局d2から放射された電磁波を受信すると、自己の移動局d1を任意の位置へ移動させる（ステップS42）。

【0095】

移動局制御装置10は、移動後の位置における通信品質の値と、前回の位置における通信品質の値（前回値）とを比較する。なお、ここでいう通信品質とは、例えば、RSSI（Received Signal Strength Indication；受信信号強度）、スループット、BER（Bit Error Rate；ビット誤り率）、又はPER（Packet Error Rate；パケット誤り率）等である。

【0096】

通信品質が前回値より高い場合（ステップS43・No）、移動局制御装置10は、所望の通信品質以上であるか否かを判定する（ステップS44）。

通信品質が前回値より高くない場合（ステップS43・Yes）、移動局制御装置10は、自己の移動局d1の移動位置を変更した上で（ステップS45）、所望の通信品質以上であるか否かを判定する（ステップS44）。

【0097】

所望の通信品質以上ではない場合（ステップS44・No）、ステップS42の処理へ戻る。

所望の通信品質以上ではある場合（ステップS44・Yes）、図12のフローチャートが示す処理が終了する。

【0098】

以上、本発明の各実施形態について説明した。

以上説明したように、本発明の第1の実施形態に係る移動局制御方法は、移動局d2（第2の移動局）と通信を行う移動局d1（第1の移動局）を制御するための移動局制御方法である。該移動局制御方法は、移動局d1と移動局d2との間の距離を検出する。そして、該移動局制御方法は、移動局d1が移動局d2へ放射する電磁波のビーム幅を、検出した距離に応じて切り替える。

【0099】

また、以上説明したように、本発明の第1の実施形態に係る移動局制御方法は、移動局d1と移動局d2との間の距離が近いほど、移動局d1が移動局d2へ放射する電磁波のビーム幅をより広くするように切り替える。

【0100】

また、以上説明したように、本発明の第2の実施形態の変形例に係る移動局制御方法は、ビーム幅及び移動局d1と移動局d2との間の距離に応じて決まるビーム広がり値が閾値よりも小さい場合、移動局d2との間の距離がより遠い位置へ自己の移動局d1を移動させる。

【0101】

また、以上説明したように、本発明の第2の実施形態の変形例において、該閾値は、移動局の移動の精度に基づく値である。

【0102】

また、以上説明したように、本発明の第3の実施形態に係る移動局制御方法は、移動局d1又は移動局d2の近傍に存在する障害物等を検知する。そして、該移動局制御方法は、障害物等が検知された場合、ビーム幅をより狭くするように切り替える。

【0103】

また、以上説明したように、本発明の第3の実施形態の変形例に係る移動局制御方法は、移動局d1又は移動局d2の近傍に存在する障害物等を検知する。そして、該移動局制御方法は、障害物等が検出された場合には、移動局d2との間の距離がより近い位置へ移動局d1を移動させる。

【0104】

また、以上説明したように、本発明の第4の実施形態の変形例に係る移動局制御方法は

10

20

30

40

50

、電磁波が障害物等によって反射することによって生じる反射波の強度が最大となるように、ビーム幅を切り替える。

【0105】

以上の構成により、本発明の各実施形態に係る移動局制御方法によれば、追尾機構に対する要求精度を高めることなく、広い通信範囲での通信を行うことができる。

【0106】

以上、図面を参照して本発明の実施の形態を説明してきたが、上記実施の形態は本発明の例示に過ぎず、本発明が上記実施の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、その他の変更を行ってもよい。

10

【0107】

上述した実施形態における移動局制御システムをコンピュータで実現するようにしてもよい。その場合、この機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することによって実現してもよい。なお、ここでいう「コンピュータシステム」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録媒体」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、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことをいう。さらに「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」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、その場合のサーバやクライアントとなるコンピュータシステム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も含んでもよい。また上記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであってもよく、さらに前述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるものであってもよく、FPGA (Field Programmable Gate Array) 等のプログラマブルロジックデバイスを用いて実現されるものであってもよい。

20

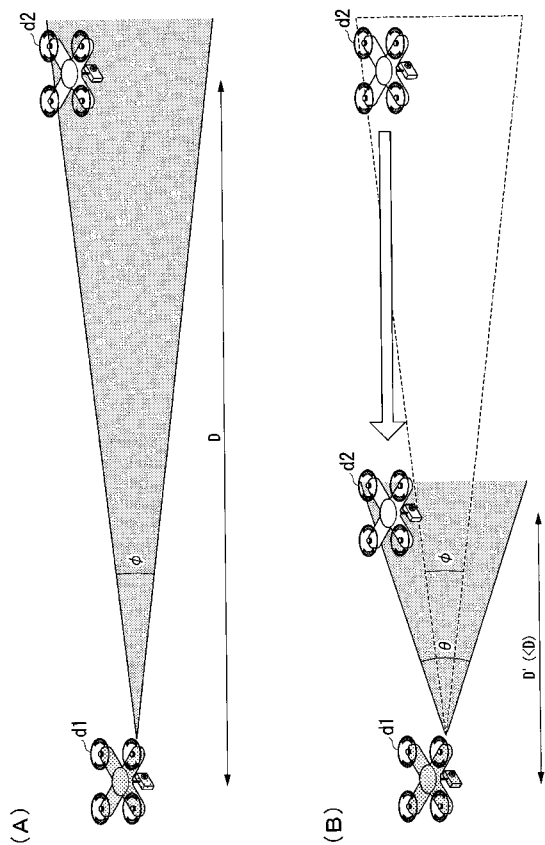
【符号の説明】

【0108】

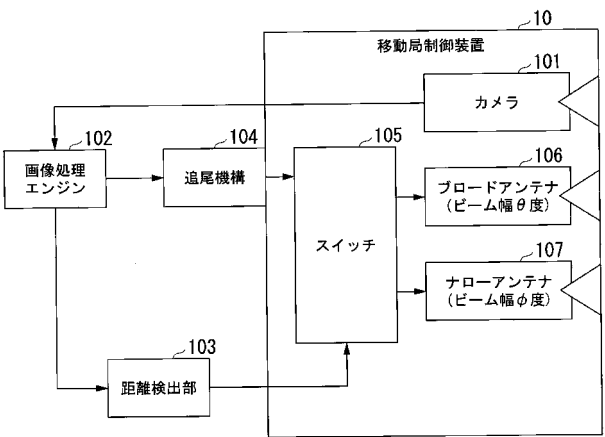
10…移動局制御装置、101…カメラ、102…画像処理エンジン、103…距離検出部、104…追尾機構、105…スイッチ、106…ブロードアンテナ、107…ナローアンテナ、108…移動制御部

30

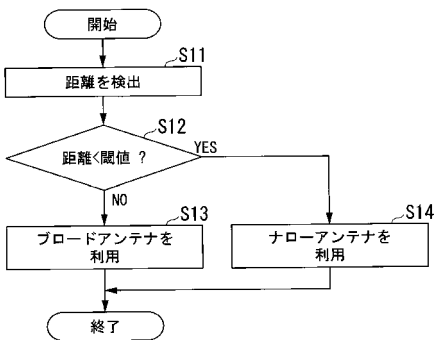
【図 1】



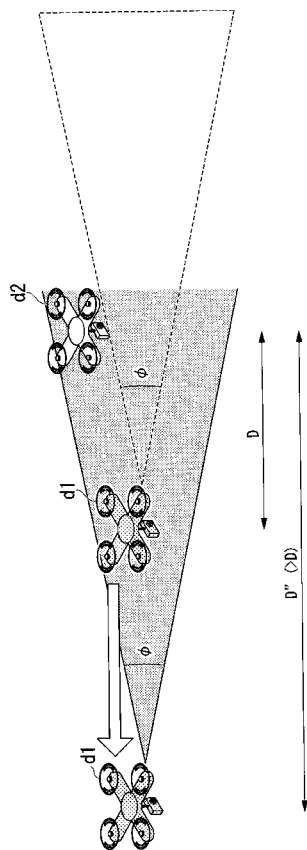
【図 2】



【図 3】



【図 4】



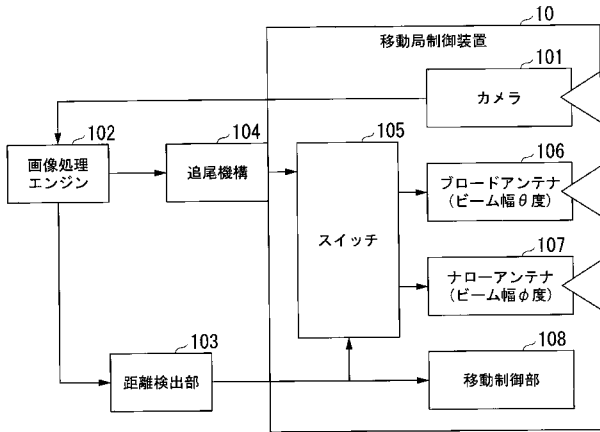
【図 5】

距離[m]	自由空間損失 [dB]	ビーム幅[度]ごとのビーム広がり[m]			
		11.7	5.9	2.9	1.5
1.0	-68.0	0.032	0.016	0.008	0.004
2.0	-74.0	0.065	0.033	0.016	0.008
3.0	-77.5	0.097	0.049	0.024	0.012
4.0	-80.0	0.130	0.066	0.032	0.017
5.0	-82.0	0.162	0.082	0.040	0.021
6.0	-83.6	0.195	0.098	0.048	0.025
7.0	-84.9	0.227	0.115	0.056	0.029
8.0	-86.1	0.260	0.131	0.064	0.033

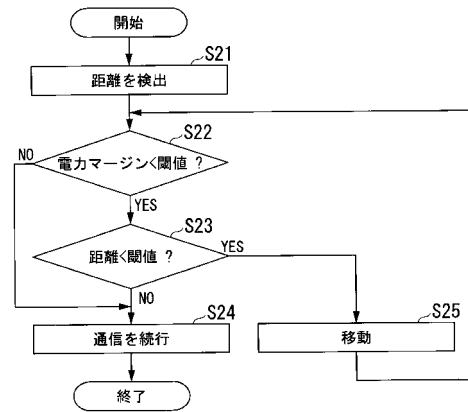
【図 6】

アンテナ利得[dBi]	ビーム幅[度]
23.9	11.7
29.9	5.9
36.0	2.9
42.0	1.5

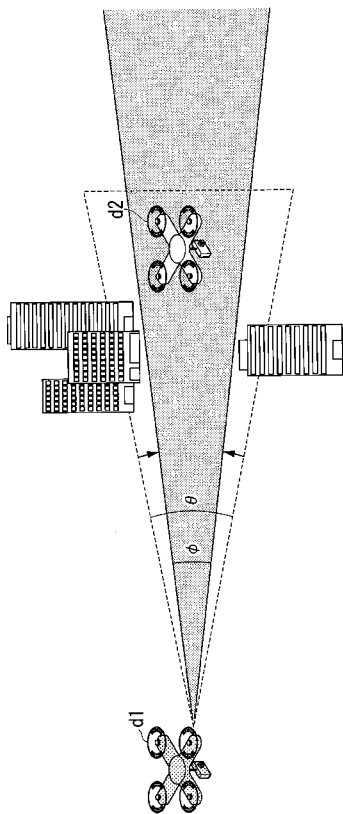
【図 7】



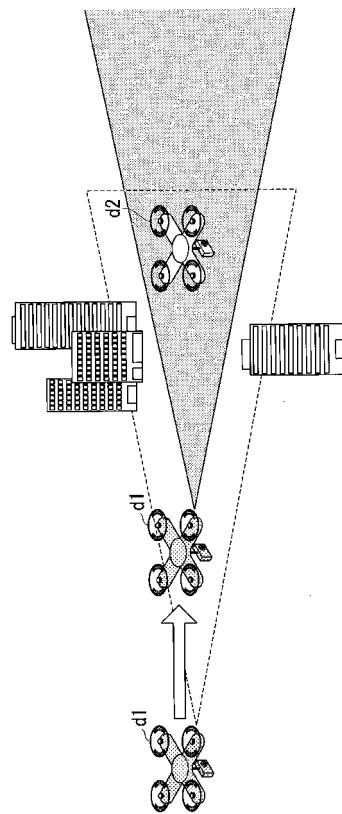
【図 8】



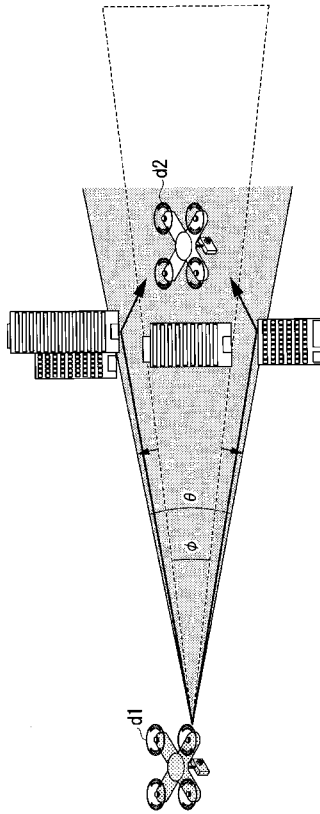
【図 9】



【図 10】



【図 1 1】



【図 1 2】

