

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5907535号
(P5907535)

(45) 発行日 平成28年4月26日 (2016. 4. 26)

(24) 登録日 平成28年4月1日 (2016. 4. 1)

(51) Int. Cl.		F I	
HO 1 Q	3/08 (2006. 01)	HO 1 Q	3/08
HO 4 B	7/155 (2006. 01)	HO 4 B	7/155
B 6 4 G	3/00 (2006. 01)	B 6 4 G	3/00
B 6 3 B	39/14 (2006. 01)	B 6 3 B	39/14
B 6 3 B	49/00 (2006. 01)	B 6 3 B	49/00

請求項の数 2 (全 6 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2013-31897 (P2013-31897)
 (22) 出願日 平成25年2月21日 (2013. 2. 21)
 (65) 公開番号 特開2014-165511 (P2014-165511A)
 (43) 公開日 平成26年9月8日 (2014. 9. 8)
 審査請求日 平成27年1月13日 (2015. 1. 13)

(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
 (73) 特許権者 504193837
 国立大学法人室蘭工業大学
 北海道室蘭市水元町27番1号
 (74) 代理人 100072718
 弁理士 古谷 史旺
 (74) 代理人 100116001
 弁理士 森 俊秀
 (72) 発明者 鈴木 義規
 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
 本電信電話株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 衛星追尾アンテナシステムおよび衛星追尾アンテナ制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

船舶上に設置されるジンバルプラットフォームと、該ジンバルプラットフォーム上に搭載される衛星追尾アンテナとを備えた衛星追尾アンテナシステムにおいて、

前記ジンバルプラットフォームおよび前記衛星追尾アンテナのそれぞれに、慣性計測装置が有するドリフトを補正する機能を備えたハイブリッド航法装置を設置し、

前記各ハイブリッド航法装置から慣性座標系に対する姿勢角および姿勢角速度を取得し、該姿勢角および姿勢角速度からアンテナ指向方向誤差とジンバル角速度とを求め、前記衛星追尾アンテナにフィードバックしてアンテナ指向方向を予測制御する制御手段を備え、

前記制御手段は、前記各ハイブリッド航法装置で得られる姿勢角速度を座標変換行列を用いて同一の座標系表示にした上でその差分をとり、得られた相対角速度をジンバル軸の構成に対応した新たな座標変換行列を用いて変換することでジンバル角速度を求める構成である

ことを特徴とする衛星追尾アンテナシステム。

【請求項2】

船舶上に設置されるジンバルプラットフォームと、該ジンバルプラットフォーム上に搭載される衛星追尾アンテナとを備え、該衛星追尾アンテナのアンテナ指向方向を制御する衛星追尾アンテナ制御方法において、

前記ジンバルプラットフォームおよび前記衛星追尾アンテナのそれぞれに、慣性計測装

置が有するドリフトを補正する機能を備えたハイブリッド航法装置を設置し、

前記各ハイブリッド航法装置から慣性座標系に対する姿勢角および姿勢角速度を取得し、該姿勢角および姿勢角速度からアンテナ指向方向誤差とジンバル角速度とを求め、前記衛星追尾アンテナにフィードバックしてアンテナ指向方向を予測制御し、

前記ジンバル角速度は、前記各ハイブリッド航法装置で得られる姿勢角速度を座標変換行列を用いて同一の座標系表示にした上でその差分をとり、得られた相対角速度をジンバル軸の構成に対応した新たな座標変換行列を用いて変換することで求める

ことを特徴とする衛星追尾アンテナ制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、例えば船舶に搭載され、静止通信衛星の方向に衛星追尾アンテナ（例えばアンテナ反射鏡面）の指向方向を自動制御する衛星追尾アンテナシステムおよび衛星追尾アンテナ制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

地上移動通信網では電波が届かない外洋を航行する船舶においては、通常、衛星通信システムを用いて通信が確保されている。この通信を確保するためには、波浪等による船舶の動揺に対しても、常にアンテナ反射鏡面を一定の指向方向精度で静止通信衛星に向ける衛星追尾アンテナが船舶に搭載される。

20

【0003】

この衛星追尾アンテナでは、非特許文献1に記載されるように、2軸～4軸のジンバル機構とそれに取り付けたエンコーダーによりジンバル角度をフィードバックし、船舶の動揺にかかわらず、アンテナ反射鏡面の主ビーム方向を静止通信衛星に常に向ける制御系を構成している。現状のKu帯の通信衛星を使用した船舶向けの衛星通信サービスは、船上の衛星追尾アンテナに固定局と同様の追尾精度（指向方向0.2度、XPD>27dB）が求められるため、大型の船舶のみを対象としているのが現実である。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0004】

30

【非特許文献1】宮憲一監修、「衛星通信技術」、4版、第9章、電子通信学会編、昭和58年3月25日

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

小型船舶向けの衛星追尾アンテナを実現する場合、同じ波浪下において発生する動揺は、大型船より大きな揺れで、かつ、揺れの周期が早くなる。そのため、所望の指向方向精度を達成するには、ジンバル角度のみならずジンバル角速度をフィードバックする予測制御が極めて有効な手法となる。

【0006】

40

このジンバル角速度を得るには、エンコーダーによるジンバル角度を微分した出力を利用する手法がある。あるいは、レートジャイロを用いて、直接ジンバル角速度を測定する手法がある。しかし、前者の場合はノイズが大きくなり、後者の場合はレートジャイロ単独では角速度出力が時間とともにドリフトし、高周波（小型船舶向けの周期の早い動揺）対応の制御系用センサとしては使えないことがあった。

【0007】

本発明は、小型船舶で想定される動揺下でも予測制御に必要なアンテナ指向方向誤差とジンバル角速度を高精度に取得し、小型船舶用の衛星追尾制御に適用することができる衛星追尾アンテナシステムおよび衛星追尾アンテナ制御方法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】

50

【0008】

第1の発明は、船舶上に設置されるジンバルプラットフォームと、該ジンバルプラットフォーム上に搭載される衛星追尾アンテナとを備えた衛星追尾アンテナシステムにおいて、ジンバルプラットフォームおよび衛星追尾アンテナのそれぞれに、慣性計測装置が有するドリフトを補正する機能を備えたハイブリッド航法装置を設置し、各ハイブリッド航法装置から慣性座標系に対する姿勢角および姿勢角速度を取得し、該姿勢角および姿勢角速度からアンテナ指向方向誤差とジンバル角速度とを求め、衛星追尾アンテナにフィードバックしてアンテナ指向方向を予測制御する制御手段を備え、制御手段は、各ハイブリッド航法装置で得られる姿勢角速度を座標変換行列を用いて同一の座標系表示にした上でその差分をとり、得られた相対角速度をジンバル軸の構成に対応した新たな座標変換行列を用いて変換することでジンバル角速度を求める構成である。

10

【0009】

第2の発明は、船舶上に設置されるジンバルプラットフォームと、該ジンバルプラットフォーム上に搭載される衛星追尾アンテナとを備え、該衛星追尾アンテナのアンテナ指向方向を制御する衛星追尾アンテナ制御方法において、ジンバルプラットフォームおよび衛星追尾アンテナのそれぞれに、慣性計測装置が有するドリフトを補正する機能を備えたハイブリッド航法装置を設置し、各ハイブリッド航法装置から慣性座標系に対する姿勢角および姿勢角速度を取得し、該姿勢角および姿勢角速度からアンテナ指向方向誤差とジンバル角速度とを求め、衛星追尾アンテナにフィードバックしてアンテナ指向方向を予測制御し、ジンバル角速度は、各ハイブリッド航法装置で得られる姿勢角速度を座標変換行列を用いて同一の座標系表示にした上でその差分をとり、得られた相対角速度をジンバル軸の構成に対応した新たな座標変換行列を用いて変換することで求める。

20

【発明の効果】

【0010】

本発明は、船舶に設置されるプラットフォームとプラットフォーム上に搭載される衛星追尾アンテナのそれぞれにハイブリッド航法装置を設置し、小さなノイズでかつドリフトを補償しながら、予測制御に必要なアンテナ指向方向誤差とジンバル角速度を高精度に取得することができる。これにより、小型船舶で想定される高速/大振幅の動揺環境下においても、衛星追尾アンテナの制御系に適用することができる。

【図面の簡単な説明】

30

【0011】

【図1】本発明の衛星追尾アンテナシステムの実施例構成を示す図である。

【図2】本発明の衛星追尾アンテナシステムを簡略化した構成を示す図である。

【図3】本発明の衛星追尾アンテナシステムの制御系構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本発明の衛星追尾アンテナシステムでは、中型および大型の船舶に比して大きな動揺を受ける小型船舶において発生する高振幅、高周波の外乱トルク環境でも、所定のアンテナ指向方向精度を達成するために必要となるジンバル角速度出力を、小さなノイズでかつドリフトを抑制して取得するためにハイブリッド航法装置を利用する。

40

【0013】

このハイブリッド航法装置は、一般的には、航空機の航法に使用されており、慣性計測装置(IMU)、GPSおよび拡張カルマンフィルタから構成される。慣性座標系において、ノイズが小さく、ドリフト補償し、高周波の姿勢角と姿勢角速度の検出が可能という特長を有する。

【0014】

しかしながら、単体のハイブリッド航法装置では、アンテナ指向方向の誤差角度は観測可能であるが、ジンバル角速度を得ることができない。ジンバル角速度を得るためには、船舶全体の角速度ではなく、衛星追尾アンテナと船舶との相対角速度が必要になるためである。したがって、単体のハイブリッド航法装置では、船舶の衛星追尾アンテナの制御に

50

は使用できない。

【 0 0 1 5 】

そのため本発明では、図 1 に示すように、船舶に設置される複数駆動軸を有するジンバルプラットフォームと、ジンバルプラットフォーム上に搭載される衛星追尾アンテナのそれぞれに、ハイブリッド航法装置 B , A を装着する。これにより、本発明では、制御に必要な衛星追尾アンテナと船舶との相対角速度を直接、観測することが可能となる。

【 0 0 1 6 】

本ハイブリッド航法装置は、IMU に内蔵されているレートジャイロにより、高い周波数までの船舶の動揺運動を計測にするとともに、GPS を組み合わせることにより、レートジャイロが有するドリフトを補正する。これにより、算出される姿勢角誤差の増大を抑えて一定値以内に誤差を収めることができる。さらに、本ハイブリッド航法装置は、GPS 用受信アンテナを除いて、動く対象物の任意の位置に装着可能である。

10

【 0 0 1 7 】

衛星追尾アンテナに搭載したハイブリッド航法装置 A を用いて、衛星追尾アンテナに設定したアンテナ座標系 ($O_A - X_A Y_A Z_A$) の慣性座標系 ($O_I - X_I Y_I Z_I$) に対する姿勢角 θ_A および姿勢角速度 ω_A を取得する。一方、船舶のジンバルプラットフォームに搭載したハイブリッド航法装置 B を用いて、船舶に設定した船舶座標系 ($O_S - X_S Y_S Z_S$) の慣性座標系に対する姿勢角 θ_B および姿勢角速度 ω_B を取得する。姿勢角速度 ω_A , ω_B については、すでにドリフトを補正した後の出力である。また、姿勢角 θ_A , θ_B は、オイラー角であり、3つの角度を成分とするベクトル (3×1) であり、姿勢角速度 ω_A , ω_B もそれぞれの座標系の軸回りの角速度を成分とするベクトル (3×1) である。このように2つのオイラー角 θ_A , θ_B と、2つの角速度ベクトル ω_A , ω_B が得られる。

20

【 0 0 1 8 】

以下、説明を簡単にするために、図 2 に示すように船舶は X 軸回りに動揺し、アンテナ指向方向はエレベーションのみに変動、すなわち同一平面内の回転運動のみと想定する。

【 0 0 1 9 】

船舶が動揺しないで静止し、その上に搭載している衛星追尾アンテナの主ビーム方向が所定の衛星方向に向いている状態を基準にすると、船舶動揺時には、船舶のジンバルプラットフォームに搭載したハイブリッド航法装置 B で得られる姿勢角 θ_B は、水平静止状態からの船体姿勢誤差角となり、衛星追尾アンテナに搭載したハイブリッド航法装置 A で得られる姿勢角 θ_A は、アンテナ主ビーム方向の衛星方向からのずれ (アンテナ指向方向誤差) を算出することとなり、これらの差分が制御すべきジンバル角度 θ_G となる。

30

【 0 0 2 0 】

図 3 は、本発明における制御系の構成例を示す。

図 3 において、ハイブリッド航法装置 A , B で得られる姿勢角速度 ω_A , ω_B は、座標変換行列を用いて同一の座標系表示にした上で、その差分をとることにより、相対角速度を得る。この相対角速度をジンバル軸の構成に対応した新たな座標変換行列を用いて、ジンバル軸回りの角速度 (ジンバル角速度) ω_G が得られる。そして、ハイブリッド航法装置 A で得られる姿勢角 θ_A とジンバル角速度 ω_G をフィードバック制御信号として予測制御系を構成することにより、大きい振幅と早い動揺に対応することが可能となる。ここでは、設定角度 θ_{AD} からハイブリッド航法装置 A で得られる姿勢角 θ_A を減算し、さらにジンバル角速度 ω_G を加算して衛星追尾アンテナ 10 の角度を調整するサーボモータ 11 の制御信号とする。K および K_D は重み係数である。

40

【 符号の説明 】

【 0 0 2 1 】

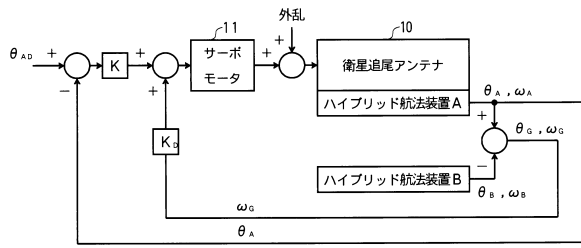
1 0 衛星追尾アンテナ

1 1 サーボモータ

A , B ハイブリッド航法装置

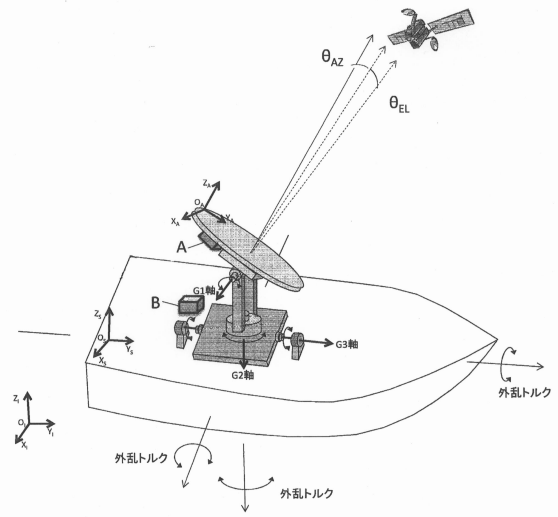
【図3】

本発明の衛星追尾アンテナシステムの制御系構成



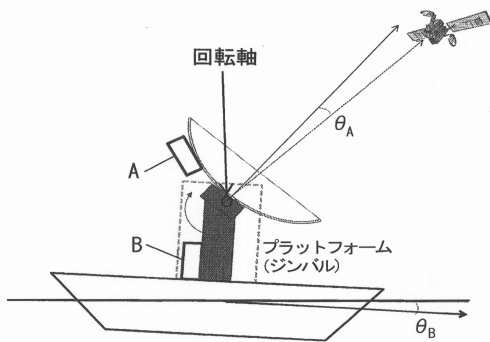
【図1】

本発明の衛星追尾アンテナシステムの実施例構成



【図2】

本発明の衛星追尾アンテナシステムを簡略化した構成



フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I		
G 0 1 C	19/00	(2013.01)	G 0 1 C	19/00	Z
H 0 1 Q	1/34	(2006.01)	H 0 1 Q	1/34	
H 0 1 Q	1/12	(2006.01)	H 0 1 Q	1/12	E
			H 0 1 Q	1/12	B

- (72)発明者 須崎 皓平
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
- (72)発明者 杉山 隆利
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
- (72)発明者 上羽 正純
北海道室蘭市水元町27番1号 国立大学法人室蘭工業大学内

審査官 岩井 一央

- (56)参考文献 米国特許第06433736(US, B1)
特開2002-062345(JP, A)
特表2005-517310(JP, A)
特開2005-181149(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 1 Q 1 / 0 0 - 1 / 5 2
H 0 1 Q 3 / 0 0 - 3 / 4 6
H 0 1 Q 2 1 / 0 0 - 2 5 / 0 4
B 6 3 B 1 / 0 0 - 6 9 / 0 0
B 6 3 J 1 / 0 0 - 9 9 / 0 0
G 0 1 C 1 9 / 0 0 - 1 9 / 7 2
H 0 4 B 7 / 1 4 - 7 / 2 2