

(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2009-198232
(P2009-198232A)

(43) 公開日 平成21年9月3日(2009.9.3)

(51) Int.Cl.
G01S 13/74 (2006.01)

F I
G O I S 13/74

テーマコード (参考)
5 J O 7 0

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2008-38314 (P2008-38314)
(22) 出願日 平成20年2月20日 (2008.2.20)

(71) 出願人 301022471
独立行政法人情報通信研究機構
東京都小金井市貫井北町4-2-1
(74) 代理人 100082669
弁理士 福田 賢三
(74) 代理人 100095337
弁理士 福田 伸一
(74) 代理人 100061642
弁理士 福田 武通
(74) 代理人 100095061
弁理士 加藤 恭介
(72) 発明者 川瀬 成一郎
東京都小金井市貫井北町4-2-1 独立
行政法人情報通信研究機構内

最終頁に続く

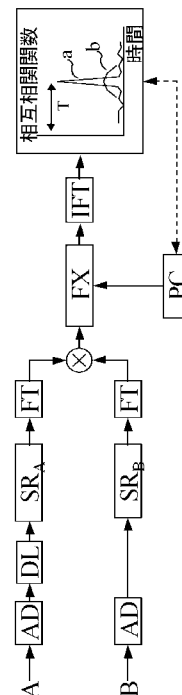
(54) 【発明の名称】 受動式測距装置

(57) 【要約】

【課題】地球局から静止軌道上の通信衛星に至る測距精度を得ること、通信リソースの消費を抑えることが互いに背反して、両立が不可能である、という従来の技術での問題を解決し、通信リソースの消費なしに高精度測距を行なう。

【解決手段】通信信号を地球局から衛星に向けて送信し、その通信信号は衛星で中継された後に同じ地球局にて受信する。送信された通信信号の中間周波信号と、受信された通信信号の中間周波信号とをそれぞれサンプリングし、それぞれのデータ間に相互相関処理を施して相関関数を得、相関関数から送信信号と受信信号間の遅延時間を測る。さらに、相互相関処理では、上記データに位相回転操作を行なって相互相関関数のピークレベルを改善した後遅延時間を測る。地上の基地局と中継局間でもよい。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

基地局から、該基地局に該基地局からの電波を返送できる中継局までの距離を電波を用いて測定する測距装置であって、

(1) 通信信号を基地局から中継局に向けて送信する送信手段と、該通信信号は中継局で中継された後に上記基地局で受信する受信手段と、

(2) 基地局で送信した上記通信信号の中間周波信号と、基地局で受信した通信信号の中間周波信号との相互相関関数を求める相関器と、

(3) 上記相互相関関数から、上記通信信号が基地局から中継局を經由して再び基地局に至るまでに要する遅延時間を測る演算器と、を備え、

10

上記遅延時間の測定においては、上記相互相関関数の示すピークが上記遅延時間の測定に十分な鋭さを示す様に、上記通信信号の中間周波信号あるいは上記受信した通信信号の中間周波信号通信信号を移相した後の上記相互相関関数を用いて遅延時間を測ることを特徴とする受動式測距装置。

【請求項 2】

基地局から、該基地局に該基地局からの電波を返送できる中継局までの距離を電波を用いて測定する測距装置であって、

(1) 通信信号を基地局から中継局に向けて送信し、該通信信号は中継局で中継された後に上記基地局で受信し、

(2) 基地局で送信した上記通信信号の中間周波信号と、基地局で受信した通信信号の中間周波信号との相互相関関数を求め、

(3) 上記相互相関関数から、上記通信信号が基地局から中継局を經由して再び基地局に至るまでに要する遅延時間を測る、という特徴を備え、

20

さらに、上記遅延時間の測定においては、上記相互相関関数の示すピークが上記遅延時間の測定に十分な鋭さを示す様に、上記通信信号の中間周波信号あるいは上記受信した通信信号の中間周波信号通信信号を移相した後の上記相互相関関数を用いて遅延時間を測ることを特徴とする受動式測距装置。

【請求項 3】

上記の基地局は地上局であり、上記中継局は地球の静止軌道にある通信衛星であることを特徴とする請求項 1 あるいは 2 のどちらかに記載の受動式測距装置。

30

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

この発明は、地球局から通信衛星までの距離を正確に測る受動式測距装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

地球の静止軌道にある通信衛星は、国際間の取り決めに従って、軌道上における固有の位置を割り当てられることになっている。その固有位置から一定の範囲内にあるように、実際の衛星の位置は保たなければならない。ところが、衛星には、月や太陽の引力等が作用することによって、軌道上の位置が時間とともに徐々にずれていくことが避けられない。このため通信衛星に対しては、定期的に軌道を計測し、軌道のずれを修正して元に戻すことが行なわれている。軌道を計測するためには、地球局から衛星に至る距離を測ることが基本となる。従って衛星の距離を測ること、すなわち測距は、通信衛星を軌道上で運用するために必須の技術である。

40

【0003】

静止軌道の上には現在、世界の各国の通信衛星が数多く運用していて、軌道が混雑している。通信衛星の近隣に別の通信衛星があって、衛星どうしが近づきすぎることを懸念する場合がみられるようになった。このような場合、測距の精度を向上することによって、軌道管制の精度を上げることは大きな意味を持つ。

50

【 0 0 0 4 】

通信衛星の測距のためには従来、次のような技術が用いられてきた。地球局において測距用の信号、例えばパルス信号、を発生し、それを衛星に向けて送信する。その測距信号は衛星で中継された後、同じ地球局にて受信される。地球局では、測距信号を送信してから受信するまでに要した時間、すなわち遅延時間を測る。遅延時間が分かれば、その2分の1に光速度を乗じることで、衛星に至る距離を直ちに算出できる。ただし遅延時間のうちの一部は、地球局の内部および衛星の内部で生じた遅延であるから、内部遅延はあらかじめ測っておいて差し引くものとする。この場合には、測距とは、遅延時間を測ることと言いかえてよい。

【 0 0 0 5 】

従来の測距技術には、次のような問題があった。測距信号を衛星で中継させるためには、衛星の中継器が有する周波数帯域の一部を占有しなければならない。パルス信号を用いる場合、測距の精度を高くしようとすると、測距信号の帯域幅を広げる必要があるから、その分、占有する帯域も増大してしまう。通信衛星の中継器が有する帯域は本来、ユーザに提供する通信サービスのためのリソースであるが、測距はその通信リソースの一部を消費することになる。通信リソースの消費を抑えようとすると、測距信号の帯域幅を狭くしなければならず、すると測距の精度が低くなる。このように従来の技術は、測距精度を得ることと、通信リソースの消費を抑えることが互いに背反して、両立が不可能であるという問題をともなっていた。

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

本発明は、測距精度を得ることと、通信リソースの消費を抑えることが互いに背反して、両立が不可能であるという従来の技術での問題を解決し、通信リソースの消費なしに高精度測距を行なう。

【 発明の効果 】

【 0 0 0 7 】

本発明による測距装置を用いることで、地球局の通常を送信信号とそれが中継され受信された受信信号とを、測距装置に入力するだけで、衛星の距離を測ることができる。つまり、あえて測距用に信号を発生し、その信号を衛星に中継させる必要がない。従って、通信衛星のリソースである周波数帯域を測距のために占有する必要が一切なくなる。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 8 】

本発明の受動式測距装置は、基地局から、該基地局に該基地局からの電波を返送できる中継局までの距離を電波を用いて測定する測距装置である。この受動式測距装置は、(1)通信信号を基地局から中継局に向けて送信する送信手段と、該通信信号は中継局で中継された後に上記基地局で受信する受信手段と、(2)基地局で送信した上記通信信号の中間周波信号と、基地局で受信した通信信号の中間周波信号との相互相関関数を求める相関器と、(3)上記相互相関関数から、上記通信信号が基地局から中継局を經由して再び基地局に至るまでに要する遅延時間を測る演算器と、を備える。さらに、上記遅延時間の測定においては、上記相互相関関数の示すピークが上記遅延時間の測定に十分な鋭さを示す様に、上記通信信号の中間周波信号あるいは上記受信した通信信号の中間周波信号通信信号を移相した後の上記相互相関関数を用いて遅延時間を測る。

【 0 0 0 9 】

上記受動式測距装置は、次のように動作する。(1)通信信号を基地局から中継局に向けて送信し、該通信信号は中継局で中継された後に上記基地局で受信し、(2)基地局で送信した上記通信信号の中間周波信号と、基地局で受信した通信信号の中間周波信号との相互相関関数を求め、(3)上記相互相関関数から、上記通信信号が基地局から中継局を經由して再び基地局に至るまでに要する遅延時間を測る。また、上記遅延時間の測定においては、上記相互相関関数の示すピークが上記遅延時間の測定に十分な鋭さを示す様に、

上記通信信号の中間周波信号あるいは上記受信した通信信号の中間周波信号通信信号を移相した後の上記相互相関関数を用いて遅延時間を測ることを特徴としている。

【 0 0 1 0 】

上記の基地局は地上局であり、上記中継局は地球の静止軌道にある通信衛星であってもよい。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 1 】

以下に、この発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。以下の説明においては、同じ機能あるいは類似の機能をもった装置に、特別な理由がない場合には、同じ符号を用いるものとする。

【 実施例 1 】

【 0 0 1 2 】

はじめに、衛星通信が行われる基本概念を図 1 によって説明する。図 1 では、第 1 ユーザから第 2 ユーザに向けて通信信号が伝送される場面を表す。第 1 ユーザが発した通信信号は、第 1 地球局にて変調器 MOD により中間周波信号 IF に変換されてから、送信系 TX により上りリンクに変換されて衛星 S に送信される。衛星は上りリンクを受けて、周波数変換および増幅を施した後、下りリンクとして地球方向へ送信する。それを地球局 2 の受信系 RX が受けて中間周波に変換し、復調器 DEM により通信信号に変換したものを、第 2 ユーザに渡す。このようにして第 1 ユーザから第 2 ユーザへ通信信号が伝送される。

【 0 0 1 3 】

さて、通信衛星が正常に動作しているか監視するために、第 1 地球局では、衛星からの下りリンクを受けているとする。具体的には、受信系 RX で中間周波 IF に変換し、それを監視測定に用いる。このような回線の監視は、衛星管制局や、まとまった容量の通信を扱う地球局において一般的に行われるものである。第 1 地球局において、送信系 TX に入力される中間周波信号を信号 A、また、受信系 RX が出力する中間周波信号を信号 B とする。信号 A と信号 B は、同一の中心周波数を持つとしてよい。信号 A および B の時系列をそれぞれ、波形 A および波形 B として観察すると、波形 A をある時間だけ遅延させたものが波形 B に相当し、その遅延 T は、信号が地球局と衛星の間を往復するに要した時間に等しい。ここで、信号 A と信号 B に相互相関処理 XC を施して、相互相関関数を作ると、その関数は、時間軸上のある点でピークを示し、そのピークの位置 T が遅延時間を表す。このようにして、通信信号が地球局と衛星の間を往復するときの遅延時間を測ることができる。ただし遅延時間のうちの一部は、地球局の内部および衛星の内部で生じた遅延であるから、内部遅延はあらかじめ測っておいて差し引くものとする。以上が本発明による測距装置の基本原理をなす。

【 0 0 1 4 】

上記信号 A と B は、すでに存在している通信信号を分岐して参照するものであるから、測距のために能動的に信号を発生して送信する必要がない。つまり測距は受動的に行われる。図 1 では模式的に第 1 ユーザと記したが、ここで対象としている地球局において、通信ユーザは多数あるのが普通であり、従って中間周波信号 IF は常に存在して、その帯域幅は広いと考えてよい。上記信号 A と B の帯域幅が広ければ、この帯域幅に比例して相互相関関数のピークが急峻になり、測距の精度を高くとることができる。しかも上記信号 A と B は常に存在するので、測距も常に実行できる。

【 0 0 1 5 】

しかし、上記の基本原理にもとづいて、実際に遅延時間を測るためには、以下に示す様に、解決を要する問題がある。通信信号が往復するにあたり、信号は各所で変換をうける。まず送信系 TX において中間周波から上りリンクへ、衛星 S の中継器において上りリンクから下りリンクへ、そして受信系 RX において下りリンクから中間周波に変換される。これらの変換はどれも、周波数変換をとまなう。周波数変換をおこなうと、通信信号の位相に変化が生じる。その変化は、局部発振信号がその時点で示している位相の値が、通信信号の位相に加算または減算されるように起きる。通信信号が往復を終えた段階で、通信

10

20

30

40

50

信号の位相に生じた変化量は、各所で生じた位相の加算または減算を合計したものに等しい。この合計の位相変化量を θ とおく。この θ の値は一定であることが望ましいが、現実には変わること避けられない。特に衛星内の局部発振器は、地球局内の局部発振器とは別個のものであって、その位相を地球局から制御するということが普通おこなわない。衛星内の局部発振器にわずかな周波数の偏差があれば、その位相は時間とともに変化していくことになる。よって位相変化量 θ は時間とともに変わり、その値は未知であるとしなければならない。信号 A、B に相互相関処理 X C を施して遅延時間を測る際には、この位相変化量 θ の影響を考慮する必要がある。

【実施例 2】

【0016】

図 2 は、本発明による測距装置の、実際の構成例を表すブロック図である。入力端 A と入力端 B から図 1 における信号 A、B をそれぞれ入力する。信号 A、B は、それぞれ A D 変換され、サンプリングされたデータがシフトレジスタ $S R_A$ 、 $S R_B$ にそれぞれ格納される。ただし信号 A は、遅延回路 D L を経由していて、その遅延量は、大略、地球局と衛星の間の往復遅延時間に等しく設定しておく。すると、レジスタ $S R_A$ 、 $S R_B$ に格納された波形は、共通した部分をもつことになる。もしこの遅延回路が無いか、あっても遅延量が小さいか大きすぎたなら、レジスタ $S R_A$ 、 $S R_B$ には全く異なる波形が格納されることになるので、以下に述べる相関処理が成り立たない。地球局から通信衛星への概略の距離はあらかじめ分かっており、その距離の変化は 1 日を周期とした緩やかなものであるから、遅延回路に設定すべき遅延量は実際上、困難なく定めることができる。

【0017】

レジスタ $S R_A$ 、 $S R_B$ に格納した波形に対しては、それぞれフーリエ変換 F T を施す。二つのフーリエ変換結果から相互乗積をとり、それをデータ F X とする。ただし乗積をとる際、信号 A の変換結果は複素共役に変えておく。相互乗積データ F X に逆フーリエ変換 I F T を施すと、信号 A と信号 B の相互相関関数が得られる。この相互相関関数が示すピーク a が、どの位置に現れるかを割り出せば、遅延時間 T を検出することができる。ここで注意として、検出した T はレジスタ $S R_A$ 、 $S R_B$ に格納した波形の間の遅延を表すから、これに、遅延回路 D L に設定してあった遅延量を足したものが、測距を与える実際の遅延時間となる。

【0018】

さて、図 2 の相互相関関数に描いたピーク a は、前に指摘した位相変化量 θ の値が、理想的に零であった場合を表している。現実には θ が零でない値をもつが、その影響はデータ F X に現れる。F X は多数の要素をもつデータの組で、その各要素は複素量になり、その偏角は、信号 A を基準とした信号 B の位相に対応しているが、これら各要素の偏角に対して一斉に θ が加算されていることになる。これにともなって、逆フーリエ変換から得る相互相関関数のピークは、図 2 の相互相関関数の b のように、レベルが低下して急峻さを失う。これは、遅延時間 T を検出する精度、つまり測距の精度が低下することを意味する。この精度低下を回避するために、次のような手段を講じる。

【0019】

データ F X の各要素の偏角に対して一斉に、ある補正量 ϕ を加算する。その補正量は小さい値を任意に選んで試行的に加算するものである。これに応じて、相互相関関数のピーク b は、レベルが上がるか、または下がるかのどちらかである。よってレベルが上がるように補正量 ϕ を探し求めていけば、相互相関関数のピークが最大になるような補正量 ϕ を見出すことができる。すなわち、位相変化量 θ を相関処理のなかで検出し、これによって、 θ が相関処理に及ぼそうとした影響を、相関処理のなかで等価的に補償することができる。この操作を、図 2 では位相制御 P C として表した。

【0020】

さて、以上に述べた相関処理ならびに位相変化量の補償は、一組の F X データに対するものであった。F X データとして多数の組を収集して用いれば、次のような効果が得られる。通信信号はいつでも存在しているから、シフトレジスタには引き続いた信号サンプル

10

20

30

40

50

を次々と格納できるので、データF Xも次々と得ていくことができる。こうして得る多数のデータF Xを積算していく。ただし一組のデータF Xを得るたびに、上記の手順によって補正量を見出して補正を加えるものとする。データF Xには通信回線で生じた雑音の成分が含まれているが、多数のデータを積算することで、雑音成分が平滑化されて抑圧される。この結果、相関関数のピークレベルがさらに増大して、遅延時間Tの検出精度が向上する。この精度向上は、位相変化量の影響を補償することによってはじめて成り立つものである。一組のデータF Xごとに見出した補正量は、時間とともに変わり、それはその時間変化を追従することにほかならない。その時間変化があまりに速ければ、追従に困難を生じるが、実際の通信衛星の中継器に関してはその変わり方は緩やかであり、補正量を見出す手順は現実的に実行が可能である。

10

【0021】

ただし、この実施例の場合も、遅延時間のうちの一部は、地球局の内部および衛星の内部で生じた遅延であるから、内部遅延はあらかじめ測っておいて差し引くものとする。

【0022】

以上をまとめると、本発明は、まず地球局と衛星の間を往復している通信信号の存在に着目し、その往復の遅延時間を相関処理によって測ることを考え、その相関処理を現実の条件下で精度を失わずに行い得るように、位相変化量の影響を等価的に補償する手段を講じることによってなされたものである。

【0023】

通信衛星は本来的に、容量の大きい通信信号を中継するものであるから、図中の信号A、Bは帯域幅が広く、このことは、精度の高い測距を可能にする。しかもデータの積算に基づいて更に精度を改善することができる。結果として、従来の技術にともなっていた、測距精度を得ることと、通信リソースの消費を抑えることが互いに背反する、という問題が完全に解消する。

20

【産業上の利用可能性】

【0024】

本発明の測距装置を、もっぱら通信衛星を対象として説明した。これは、静止軌道を混雑させている衛星の大多数は通信衛星であることから、本発明は、静止軌道の混雑による問題を緩和するにあたり意義が大きいためである。

【0025】

また、本発明の測距装置は、上記の地球局と衛星とを、地上の基地局と地上の中継局とにそれぞれ置き換えても適用できることは明らかである。ここで、中継局としては、例えば、無線LANのリピータや携帯電話なども用いることが出来る。

30

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】本発明の実施形態を示す衛星通信の基本概念、および発明の基本原理を表すブロック図である。

【図2】本発明による測距装置の実際の構成例を表すブロック図である。

【符号の説明】

【0027】

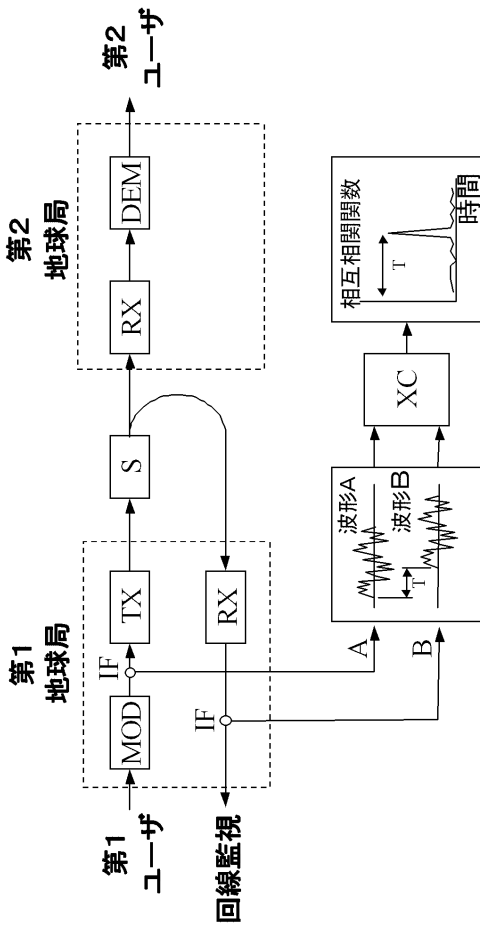
A 送信系への入力中間周波信号
 a 相互相関関数の理想的なピーク
 A D A D変換
 B 受信系からの出力中間周波信号
 b 相互相関関数のピークレベルの低下
 D E M 復調器
 D L 遅延回路
 F T フーリエ変換
 F X 相互乗積データ
 I F 中間周波信号

40

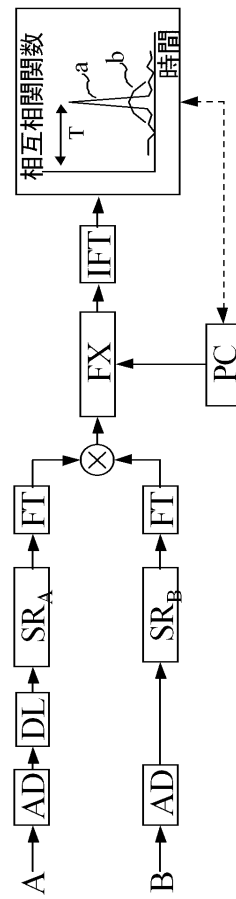
50

- I F T 逆フーリエ変換
- M O D 変調器
- P C 位相制御
- R X 受信系
- S 通信衛星
- S R_A、S R_B シフトレジスタ
- T 遅延時間
- T X 送信系
- X C 相互相関処理

【 図 1 】



【 図 2 】



フロントページの続き

(72)発明者 久保岡 俊宏

東京都小金井市貫井北町4 - 2 - 1 独立行政法人情報通信研究機構内

Fターム(参考) 5J070 AC02 AD05 AF01 AF08 AH04 AK22 BC03 BC13