

(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2019-74436

(P2019-74436A)

(43) 公開日 令和1年5月16日(2019.5.16)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
<b>GO 1 S 19/35 (2010.01)</b>	GO 1 S 19/35	5 J 0 6 2
<b>GO 1 S 19/24 (2010.01)</b>	GO 1 S 19/24	
<b>GO 1 S 19/32 (2010.01)</b>	GO 1 S 19/32	

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2017-201355 (P2017-201355)  
 (22) 出願日 平成29年10月17日(2017.10.17)

(71) 出願人 000004330  
 日本無線株式会社  
 東京都三鷹市牟礼六丁目2 1 番 1 1 号  
 (74) 代理人 100126561  
 弁理士 原嶋 成時郎  
 (72) 発明者 小田 真嗣  
 東京都三鷹市牟礼六丁目2 1 番 1 1 号 日  
 本無線株式会社内  
 Fターム(参考) 5J062 CC01 DD03 DD15 DD24 EE01  
 EE02

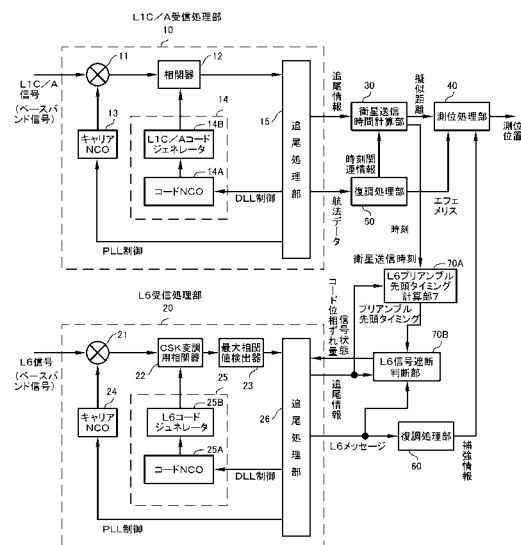
(54) 【発明の名称】 衛星信号受信装置

(57) 【要約】

【課題】 準天頂衛星からのL6信号の遮断を正確に判断することを可能にし、L6信号の補強情報を確実に取得することを可能にする衛星信号受信装置を提供する。

【解決手段】 衛星からの衛星信号を受信してL1C/A信号の追尾を行うL1C/A受信処理部10と、衛星信号を受信してCSK変調されているL6信号の追尾を行うL6受信処理部20と、L1C/A受信処理部10が受信したL1C/A信号の衛星送信時刻から、L6信号のプリアンブルが現れる先頭タイミングを算出するL6プリアンブル先頭タイミング計算部70Aと、算出したタイミングでL6信号から取得したL6メッセージのプリアンブル部のデータと既知のプリアンブル・パターンとを照合し、照合結果を基にL6信号の状態を判断してL6受信処理部20に通知するL6信号遮断判断部70Bとを備え、L6受信処理部20は通知を基にL6信号のL6メッセージの取得制御と追尾制御とを行う。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

衛星からの衛星信号を受信して測距信号の追尾を行う測距信号受信処理部と、衛星からの衛星信号を受信してCSK変調されているL6信号の追尾を行うL6受信処理部とを備える衛星信号受信装置であって、

前記測距信号受信処理部が受信した測距信号の衛星送信時刻から、L6信号のプリアンブルが現れる先頭タイミングを算出するL6プリアンブル先頭タイミング計算部を備え、算出したプリアンブル先頭タイミングで前記L6受信処理部のL6信号から取得したL6メッセージのプリアンブル部のデータと既知のプリアンブル・パターンとを照合し、照合結果を基にL6信号の状態を判断するL6信号遮断判断部を備え、

10

前記L6信号遮断判断部は、L6信号の遮断判断の結果を基に、前記L6受信処理部に対しL6メッセージの取得または停止を指示する、ことを特徴とする衛星信号受信装置。

## 【請求項 2】

前記L6信号遮断判断部は、照合結果が不一致であると、前記プリアンブル部のデータのコード位相ずれを確認し、コード位相ずれが発生している場合はコード位相ずれ量を前記L6受信処理部に通知し、

前記L6受信処理部は、前記コード位相ずれ量を受け取ると、このコード位相ずれ量を基にL6信号のDLL制御を補正する、ことを特徴とする請求項1に記載の衛星信号受信装置。

20

## 【請求項 3】

前記L6プリアンブル先頭タイミング計算部は、測距信号の衛星送信時刻を基にプリアンブル先頭タイミングを計算した後、次回からは前回計算したプリアンブル先頭タイミングを、L6信号の追尾情報を基に更新していく、ことを特徴とする請求項1または2に記載の衛星信号受信装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

この発明は、準天頂衛星が放送する衛星信号を受信する衛星信号受信装置に関する。

## 【背景技術】

30

## 【0002】

日本の準天頂衛星システム(QZSS: Quasi-Zenith Satellite System)の衛星である「みちびき(準天頂衛星)」は、衛星測位関連の各種サービスを提供するためにL1帯(1575.42MHz)、L2帯(1227.60MHz)、L5帯(1176.45MHz)、L6帯(1278.75MHz)の各種周波数帯で信号を放送する。L1帯のC/Aコード(Coarse/Acquisition code)で拡散されたL1C/A信号は米国のGPS(Global Positioning System)と互換性がある信号で衛星測位サービスを提供し、L6帯のL6信号はセンチメートル級測位補強サービスを提供する。

## 【0003】

40

第1の衛星信号受信装置は、準天頂衛星のL1C/A信号とL6信号を一般的な方法(例えば、非特許文献1参照)で受信する。この第1の衛星信号受信装置の一例を図4に示す。第1の衛星信号受信装置は、L1C/A受信処理部10と、L6受信処理部20と、衛星送信時間計算部30と、測位処理部40と、復調処理部50、60とを備えている。また、L1C/A受信処理部10は、乗算器11と、相関器12と、キャリアNCO(Numerically Controlled Oscillator)13と、コード生成部14と、追尾処理部15とを備え、コード生成部14は、コードNCO14Aと、L1C/Aコードジェネレータ14Bとを備えている。さらに、L6受信処理部20は、乗算器21と、CSK(Code Shift Keying)変調用相関器22と、最大相関値検出器23と、キャリアNCO24と、コード生成部25と、追尾処理部26と

50

を備え、コード生成部 25 は、コード NCO 25 A と、L6 コードジェネレータ 25 B とを備えている。

【0004】

第1の衛星信号受信装置は、衛星からのL1C/A信号(ベースバンド信号)をL1C/A受信処理部10に入力する。L1C/A受信処理部10は、L1C/A信号のキャリア(搬送波)をロックするためのPLL(Phase Lock Loop)とL1C/A信号のコードをロックするためのDLL(Delay Lock Loop)とを備えることによってL1C/A信号を追尾する。PLLは乗算器11と、追尾処理部15と、キャリアNCO13とで構成される。DLLは相関器12と、追尾処理部15と、コード生成部14とで構成される。

10

【0005】

キャリアNCO13は、数値制御発振器であり、追尾処理部15のPLL制御量に応じて、キャリア追尾用の周波数信号を乗算器11に出力する。乗算器11は、入力されたL1C/A信号と、キャリアNCO13から出力された周波数信号とを乗算し、乗算信号を相関器12に出力する。

【0006】

コード生成部14のコードNCO14Aは、キャリアNCO13と同様に数値制御発振器であり、追尾処理部15のDLL制御量に応じてコード追尾用の周波数信号を発生する。L1C/Aコードジェネレータ14Bは、コードNCO14Aの周波数信号に基づき、逆拡散用のL1C/Aコードを生成し、このL1C/Aコードを相関器12に出力する。

20

【0007】

相関器12は、乗算器11から出力された乗算信号と、コード生成部14で生成されたL1C/Aコードとを乗算して積算することにより相関信号を生成する。そして、相関器12は生成した相関信号を追尾処理部15に出力する。

【0008】

追尾処理部15は、相関器12から出力された相関信号を基にして、キャリアとコードについての信号ロックの外れ量(誤差量)を検出し、キャリアを追尾するためのPLL制御量と、コードを追尾するためのDLL制御量とを算出する。また、追尾処理部15は、相関器12から出力された相関信号から航法データを抽出し、追尾周波数や追尾時刻情報やS/N(信号対雑音比)などの衛星信号を追尾することで得られる追尾情報を収集する。そして、追尾処理部15は、算出したPLL制御量とDLL制御量とをキャリアNCO13またはコード生成部14に出力し、L1C/A信号の追尾情報を衛星送信時間計算部30に出力し、航法データを復調処理部50に出力する。

30

【0009】

復調処理部50は、L1C/A受信処理部10の追尾処理部15から出力された航法データを復調し、測位計算に必要な軌道情報(エフェメリスデータ:衛星の精密な位置を計算するための衛星軌道要素情報)および時刻関連情報を抽出する。復調処理部50は、復調した時刻関連情報を衛星送信時間計算部30に出力し、エフェメリスデータを測位処理部40に出力する。

【0010】

衛星送信時間計算部30は、L1C/A受信処理部10の追尾処理部15からの追尾情報と、復調処理部50からの時刻関連情報とを利用して、L1C/A信号を受信したタイミングにおける衛星信号の送信時刻(衛星送信時刻)を計算する。次に、衛星送信時間計算部30は、第1の衛星信号受信装置の受信機時刻と衛星送信時刻とから、第1の衛星信号受信装置と衛星との間の距離(擬似距離)を計算する。そして、衛星送信時間計算部30は計算した擬似距離を測位処理部40に出力する。擬似距離には衛星関連の誤差(軌道誤差、衛星時計誤差)や、電波が伝搬する間に加わる誤差(電離層遅延誤差、対流圏遅延誤差)や、マルチパスの影響による誤差(マルチパス誤差)が重畳している。準天頂衛星のL6信号を受信することによって、擬似距離に重畳するマルチパス誤差以外の各種の誤差を補正するための補強情報を取得することができる。なお、擬似距離にはDLL制御に

40

50

よって得られるコードによる擬似距離と、PLL制御によって得られるキャリアによる擬似距離とがあり、キャリアによる擬似距離は搬送波位相とも呼ばれている。

【0011】

第1の衛星信号受信装置は、準天頂衛星からのL6信号(ベースバンド信号)をL6受信処理部20に入力する。準天頂衛星のL6信号は、前記のマルチパス誤差以外の各種誤差についての補正情報(補強情報)を放送し、センチメートル級測位補強サービスを提供するために、単位時間辺りの情報伝達量を増やすことが可能なCSK(Code Shift Keying)変調方式が採用された。こうしたL6信号を処理するL6受信処理部20は、L1C/A受信処理部10と同様に、L6信号のメッセージを得るために、PLLとDLLとによってL6信号を追尾する。キャリアNCO24は、数値制御発振器であり、追尾処理部26のPLL制御量に応じて、キャリア追尾用の周波数信号を乗算器21に出力する。乗算器21は、入力されたL6信号と、キャリアNCO24から入力された周波数信号とを乗算し、乗算信号をCSK変調用相関器22に出力する。

10

【0012】

コード生成部25のコードNCO25Aは、キャリアNCO24と同様に数値制御発振器であり、追尾処理部26のDLL制御量に応じてコード追尾用の周波数信号を発生する。L6コードジェネレータ25Bは、コードNCO25Aの周波数信号に基づき、逆拡散用のL6コードを生成し、このL6コードをCSK変調用相関器22に出力する。

【0013】

CSK変調用相関器22は、乗算器21から出力された乗算信号と、コード生成部25で生成されたL6コードとを乗算して積算することにより相関信号を生成する。そして、CSK変調用相関器22は生成した相関信号を最大相関値検出器23に出力する。

20

【0014】

最大相関値検出器23は相関信号における相関値の最大ピークを検出する。最大相関値検出器23は次のような必要性で設けられている。L6信号はL6メッセージをCSK変調方式で放送するため、PRNコード(Pseudo Random Noise code)がL6メッセージの1バイトデータの値に応じて0~255の区間内(所定区間内)で変化し、連動して相関値の最大ピークもL6メッセージの1バイトデータ毎に0~255chipの所定区間内で変化するという特徴を持っている。L6信号を追尾するためには、所定区間内の相関値の最大ピークを検出するための最大相関値検出処理を行う必要があるために、最大相関値検出器23が必要となる。最大相関値検出器23は、CSK変調用相関器22からの相関信号における所定区間内での相関値の最大ピークを検出し、検出結果を追尾処理部26に出力する。

30

【0015】

追尾処理部26は、最大相関値検出器23から出力された相関信号を基にして、キャリアとコードについての信号ロックの外れ量(誤差量)を検出し、キャリア追尾用のPLL制御量と、コード追尾用のDLL制御量とを算出する。また、追尾処理部26は、最大相関値検出器23から出力された相関信号からL6メッセージの抽出を行う。そして、追尾処理部26は、PLL制御量とDLL制御量とをキャリアNCO24またはコード生成部25に出力し、L6メッセージを復調処理部60に出力する。

40

【0016】

復調処理部60は、L6受信処理部20の追尾処理部26から出力されたL6メッセージを復調し、擬似距離に重畳する各種の誤差(軌道誤差、衛星時計誤差、電離層遅延誤差、対流圏遅延誤差等)を補正するための補強情報を抽出する。復調処理部60は、抽出した補強情報を測位処理部40に出力する。

【0017】

測位処理部40は、衛星送信時間計算部30から出力された擬似距離と、復調処理部60から出力されたエフェメリスデータと、復調処理部60から出力された補強情報とを用いて測位計算することで高精度な測位を行う。そして、測位処理部40は、測位した結果を測位位置として出力する。

50

## 【 0 0 1 8 】

以上が第1の衛星信号受信装置の概要である。こうした第1の衛星信号受信装置の他にも、L1C/A信号とL6信号とを受信する装置として、例えば図5に示す第2の衛星信号受信装置（例えば、特許文献1参照。）がある。なお、図5では、先に説明した図4の第1の衛星信号受信装置と同一もしくは同一と見なされる構成要素には、それと同じ参照符号を付けて、その説明を省略する。図5の第2の衛星信号受信装置では、L6受信処理部20がL6追尾処理部27AとL1-L6変換器27Bとを備えている。さらに、図5の第2の衛星信号受信装置では、図4の復調処理部60の代わりに復調処理部60Aを備えている。

## 【 0 0 1 9 】

この第2の衛星信号受信装置では、L1-L6変換器27Bは、追尾されているL1C/A信の位相と周波数を入力とする。そしてL1-L6変換器27Bは、L1C/A信の位相と周波数をL6信号の位相と周波数に変換する。L6追尾処理部27AではL6信号を取得する。復調処理部60Aは、L1-L6変換器27Bから出力されるL1C/A信号から変換されたL6信号の周波数と位相とを基に、追尾処理部27Aから出力されるL6信号のL6メッセージを解読し、補強情報を抽出する。そして、復調処理部60Aは補強情報を測位処理部40に出力する。

## 【 0 0 2 0 】

以上のような構成の第1の衛星信号受信装置や第2の衛星信号受信装置により、衛星からのL1C/A信号とL6信号とを利用して、センチメートル級の高精度な測位が行われる。

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

## 【 0 0 2 1 】

【 特許文献1 】 特開2014-25744号公報

## 【 非特許文献 】

## 【 0 0 2 2 】

【 非特許文献1 】 Kaplan, E. and Hegarty, C., Understanding GPS: Principles and Applications, 2nd Edition, Artech House, Boston, 2005.

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 2 3 】

ところで、従来第1の衛星信号受信装置には次の課題がある。先に述べたように、準天頂衛星からのL6信号は単位時間辺りの情報伝達量を増やすためにCSK変調されているので、L6信号を追尾するためには所定区間内の相関値の最大ピークを検出するための最大相関値検出が必要となる。CSK変調されていないL1C/A信号の追尾制御（DLL制御及びPLL制御）をする場合は、最大相関値検出が必要ないため、衛星が非可視になる等によってL1C/A信号が受信できない時はS/N（信号対雑音）はゼロになる。しかしながら、L6信号の追尾制御をする場合は、最大相関値検出が必要であるために、L6信号が受信できない時でもS/N（信号対雑音比）はゼロにならない。

## 【 0 0 2 4 】

つまり、L6信号が遮断した時は、図6に示すように、CSK変調用相関器22から0～255の合計256個の相関値が出力され、所定区間内（N=0～255）の相関値の最大値が雑音量（以下、最大雑音量と記載）として取得され、最大雑音量でS/Nを計算すると、S/Nはゼロにならない。S/Nは次の式を用いて計算される。

$$S/N = (\mu_s - \mu_n) / (\sigma_n \times \sigma_n)$$

ここで、

$\mu_s$  は相関値のパワーの平均

10

20

30

40

50

$\mu_n$  は雑音 (ノイズフロア) のパワーの平均

$\sigma_n$  は雑音の標準偏差 ( $\sigma_n > 0$ )

である。通常、信号遮断時は  $\mu_s = \mu_n$  になるので分子 = 0 となり、 $S/N$  はゼロになる。しかし、L6 信号は所定区間内の最大雑音量の平均が  $\mu_s$  となるため、 $\mu_s > \mu_n$  となり、 $S/N > 0$  となる。

#### 【0025】

このように、L6 信号については信号遮断時において  $S/N$  がゼロにならないので、L6 信号が遮断されているのかどうかを判断することが難しい。信号遮断の判断を誤ると、雑音状態の L6 メッセージを誤って復調することになり、誤復調によって取得された補強情報を測位処理部が使用すると、異常測位が発生する。雑音状態の L6 メッセージの取得を防止し、信号の遮断を判断するためには  $S/N$  と閾値とを比べることになるが、正確に判断するために閾値は十分余裕をもった値に設定する必要がある。しかし、十分余裕をもった閾値で信号の遮断を判断すると、L6 信号の受信感度が劣化するという問題が生じる。

10

#### 【0026】

第2の衛星信号受信装置には次の課題がある。第2の衛星信号受信装置では、L1-L6 変換器 27B が L1C/A 信号の位相と周波数を、L6 信号の位相と周波数に変換し、変換された L6 信号の位相と周波数に基づいて、L6 メッセージの解読が行われる。つまり、第2の衛星信号受信装置では、例えば妨害波で L1C/A 信号の追尾が不安定になった場合、L6 信号の復調処理も影響を受け、L6 メッセージを正確に解読できなくなるため、補強情報を抽出することができない。

20

#### 【0027】

この発明の目的は、前記の課題を解決し、準天頂衛星からの L6 信号の遮断を正確に判断することを可能にし、また、L1C/A 信号の追尾が不安定になった時も L6 信号の補強情報を確実に取得することを可能にする衛星信号受信装置を提供することにある。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0028】

前記の課題を解決するために、請求項1の発明は、衛星からの衛星信号を受信して測距信号の追尾を行う測距信号受信処理部と、衛星からの衛星信号を受信してCSK変調されているL6信号の追尾を行うL6受信処理部とを備える衛星信号受信装置であって、前記測距信号受信処理部が受信した測距信号の衛星送信時刻から、L6信号のプリアンブルが現れる先頭タイミングを算出するL6プリアンブル先頭タイミング計算部を備え、算出したプリアンブル先頭タイミングで前記L6受信処理部のL6信号から取得したL6メッセージのプリアンブル部のデータと既知のプリアンブル・パターンとを照合し、照合結果を基にL6信号の状態を判断するL6信号遮断判断部を備え、前記L6信号遮断判断部は、L6信号の遮断判断の結果を基に、前記L6受信処理部に対しL6メッセージの取得または停止を指示する、ことを特徴とする衛星信号受信装置である。

30

#### 【0029】

請求項1の発明では、L6プリアンブル先頭タイミング計算部は、測距信号受信処理部が受信した測距信号の衛星送信時刻から、L6信号のプリアンブルが現れる先頭タイミングを算出する。その後、L6信号遮断判断部は、算出したプリアンブル先頭タイミングでL6受信処理部のL6信号から取得したL6メッセージのプリアンブル部のデータと既知のプリアンブル・パターンとを照合し、照合結果を基にL6信号の状態を判断し、L6信号が遮断していると判断した場合には、L6受信処理部に通知してL6メッセージの取得を停止する。

40

#### 【0030】

請求項2の発明は、請求項1に記載の衛星信号受信装置において、前記L6信号遮断判断部は、照合結果が不一致であると、前記プリアンブル部のデータのコード位相ずれを確認し、コード位相ずれが発生している場合はコード位相ずれ量を前記L6受信処理部に通知し、前記L6受信処理部は、前記コード位相ずれ量を受け取ると、このコード位相ずれ

50

量を基にL6信号のDLL制御を補正する、ことを特徴とする。

【0031】

請求項3の発明は、請求項1または2に記載の衛星信号受信装置において、前記L6プリアンブル先頭タイミング計算部は、測距信号の衛星送信時刻を基にプリアンブル先頭タイミングを計算した後、次回からは前回計算したプリアンブル先頭タイミングを、L6信号の追尾情報を基に更新していく、ことを特徴とする。

【発明の効果】

【0032】

請求項1の発明によれば、従来技術では衛星信号の遮断を正確に判断できないか、受信感度が劣化するという問題があったが、測距信号の衛星送信時刻からL6信号のプリアンブルが現れる先頭タイミングを算出し、算出したプリアンブル先頭タイミングでL6信号から取得したL6メッセージのプリアンブル部のデータを基にL6信号の状態を判断するので、S/Nに影響されることなくL6信号の遮断を検出することが可能であり、受信感度を劣化させることなく衛星信号の遮断を正確に判断することが可能となる。

10

【0033】

また、請求項1の発明によれば、測距信号の衛星送信時刻からL6信号のプリアンブルが現れる先頭タイミングを算出し、算出したプリアンブル先頭タイミングでL6信号から取得したL6メッセージのプリアンブル部のデータを基にL6信号の状態を判断し、判断結果をL6受信処理部に通知し、前記通知を基にL6メッセージの取得を停止するので、L6メッセージの誤復調を確実に防止することを可能にする。

20

【0034】

請求項2の発明によれば、マルチパスなどの影響によってL6信号のコード位相ずれが発生しても、コード位相ずれ量を検出してDLL制御を補正することで、L6信号を正確に追尾し続けることを可能にする。

【0035】

請求項3の発明によれば、従来技術では妨害波で測距信号の追尾が不安定になった場合、L6信号の復調処理も影響を受けるが、L6信号の追尾に測距信号の追尾情報を直接使わないため、測距信号が妨害波を受けて不安定になっても、L6信号の補強情報を確実に取得することを可能にする。

30

【図面の簡単な説明】

【0036】

【図1】この発明の一実施の形態による衛星信号受信装置の一例を示す構成図である。

【図2】L6プリアンブル先頭タイミング計算部の処理の一例を示すフローチャートである。

【図3】L6信号遮断判断部の処理の一例を示すフローチャートである。

【図4】従来の衛星信号受信装置の一例を示す構成図である。

【図5】従来の衛星信号受信装置の他例を示す構成図である。

【図6】L6信号の信号遮断時の様子を説明する説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0037】

次に、発明の実施の形態について、図面を用いて詳しく説明する。この実施の形態による衛星信号受信装置を図1に示す。この衛星信号受信装置は、L1C/A受信処理部10と、L6受信処理部20と、衛星送信時間計算部30と、測位処理部40と、復調処理部50、60と、L6プリアンブル先頭タイミング計算部70Aと、L6信号遮断判断部70Bとを備えている。なおこの実施の形態では、測距信号はL1C/A信号で説明するが、L1C信号、L2C信号、L5信号などの測距信号に対しても適用可能である。

40

【0038】

また、L1C/A受信処理部10は、乗算器11と、相関器12と、キャリアNCO(Numerically Controlled Oscillator)13と、コード生成部14と、追尾処理部15とを備え、コード生成部14は、コードNCO14Aと

50

、L1C/Aコードジェネレータ14Bとを備えている。

【0039】

さらに、L6受信処理部20は、乗算器21と、CSK変調用相関器22と、最大相関値検出器23と、キャリアNC024と、コード生成部25と、追尾処理部26とを備え、コード生成部25は、コードNC025Aと、L6コードジェネレータ25Bとを備えている。

【0040】

なお、この実施の形態では、先に説明した図4の衛星信号受信装置と同一もしくは同一と見なされる構成要素には、それと同じ参照符号を付けて、その説明を省略する。

【0041】

衛星送信時間計算部30は、先に述べた処理に加えてこの実施の形態では次の処理を行う。衛星送信時間計算部30は、先に述べた処理で衛星送信時刻を抽出すると、この衛星送信時刻をL6プリアンブル先頭タイミング計算部70Aに出力する。

【0042】

L6プリアンブル先頭タイミング計算部70Aは、衛星送信時間計算部30から出力されたL1C/A信号(測距信号)の衛星送信時刻から、L6メッセージ内のプリアンブルが現れる先頭タイミング(プリアンブル先頭タイミング)を計算して、L6信号遮断判断部70Bに出力する。L6メッセージ内のプリアンブルは1秒毎に現れるため、前記プリアンブル先頭タイミングは0秒以上1秒未満の値である。

【0043】

L6信号遮断判断部70Bは、L6プリアンブル先頭タイミング計算部70Aからプリアンブル先頭タイミングを受け取ると、このプリアンブル先頭タイミングで、追尾処理部26からのL6メッセージ内から取得したデータ(プリアンブル部のデータ)と既知のプリアンブルのパターン(真値)とを照合することで、L6信号の遮断を判断する。

【0044】

L6信号遮断判断部70Bは、照合結果と真値とからコード位相ずれの有無を確認し、コード位相ずれが発生している場合はL6受信処理部20にコード位相ずれ量を通知する。これにより、L6受信処理部20においてコード位相ずれ量を基にDLL制御が補正される。

【0045】

具体例として、L6プリアンブル先頭タイミング計算部70Aの処理の一例を図2で示す。L6プリアンブル先頭タイミング計算部70Aは、L6信号のプリアンブル先頭タイミングが計算済みであるかを判断する(ステップS1)。電源投入直後などでプリアンブル先頭タイミングが計算済みではない場合(ステップS1でno)、L6プリアンブル先頭タイミング計算部70Aは、衛星送信時間計算部30の出力によって、L1C/A信号の衛星送信時刻の情報があるかを判断する(ステップS2)。L1C/A信号の衛星送信時刻が出力されていると判断された場合(ステップS2でyes)、この衛星送信時刻を利用して、L6信号のプリアンブル先頭タイミングを計算する(ステップS3)。

【0046】

ステップS3では、次の式を用いて、L1C/A信号の衛星送信時刻TSVからプリアンブル先頭タイミングPrを計算する。

$$Pr = TSV \text{ mod } 1.0 \text{ [秒]}$$

ここで、

TSVは衛星送信時刻〔秒〕

modは剰余算

である。プリアンブル先頭タイミングPrは0.0秒以上1.0秒未満の値になり、プリアンブル先頭タイミングPrが0.0秒の時にL6メッセージにプリアンブル部の先頭データが現れるタイミングとなる。

【0047】

一方、L6プリアンブル先頭タイミング計算部70Aは、ステップS1でプリアンブル

10

20

30

40

50

先頭タイミングが計算済みであると判断した場合（ステップ S 1 で y e s ）、計算済みのプリアンブル先頭タイミングを、L 6 受信処理部 2 0 の追尾処理部 2 6 から出力された L 6 追尾情報（ドップラー周波数  $f_d$ ）で時刻更新（外挿）する（ステップ S 4）。ステップ S 4 では、次の式を用いて、前回計算したプリアンブル先頭タイミング  $P_r(n-1)$  を追尾情報と経過時間とによって外挿することで現時点のプリアンブル先頭タイミング  $P_r(n)$  を計算する。

$$P_r(n) = P_r(n-1) + t \cdot (1 + f_d / f_L)$$

ここで、

$P_r(n)$  は現時点のプリアンブル先頭タイミング〔秒〕

$P_r(n-1)$  は前回のプリアンブル先頭タイミング〔秒〕

$t$  は現時点と前回の経過時間〔秒〕

$f_d$  はドップラー周波数〔H z〕

$f_L$  は搬送波周波数〔H z〕

である。L 6 信号の搬送波周波数  $f_L$  は 1 2 7 8 . 7 5 M H z となる。

【 0 0 4 8 】

以上のステップ S 1 ~ S 4 が L 6 プリアンブル先頭タイミング計算部 7 0 A でのプリアンブル先頭タイミングの計算処理である。プリアンブル先頭タイミングは、電源投入等の初回だけ、L 1 C / A 信号の衛星送信時刻を用いて計算し、次回は、プリアンブル先頭タイミングが既に計算されているので、L 6 信号の追尾情報に応じてプリアンブル先頭タイミングを時間更新（外挿）する。

【 0 0 4 9 】

ステップ S 2 で L 1 C / A 信号の衛星送信時刻の情報がないと判断した場合（ステップ S 2 で n o ）、ステップ S 3 の処理が終了した場合、また、ステップ S 4 でプリアンブル先頭タイミングの外挿が済んだ場合、L 6 プリアンブル先頭タイミング計算部 7 0 A は、例えば処理をステップ S 1 に戻す。

【 0 0 5 0 】

具体例として、L 6 信号遮断判断部 7 0 B の処理の一例を図 3 で示す。L 6 信号遮断判断部 7 0 B は、プリアンブル先頭タイミングが計算されていないかどうかを判断する（ステップ S 5）。ステップ S 5 でプリアンブル先頭タイミングが計算されていないとき（ステップ S 5 で n o ）、L 6 信号遮断判断部 7 0 B は、S / N があらかじめ設定されている閾値より小さいかを判断する（ステップ S 6）。ステップ S 6 では、L 6 信号が信号遮断時も S / N = 0 にならないことを考慮し、余裕を持たせた閾値とする必要がある。例えば、先の図 6 の場合には、ノイズフロア平均から 6 （雑音の標準偏差 1 の 6 倍）の余裕を持たせた閾値としている。

【 0 0 5 1 】

ステップ S 6 で S / N が閾値より小さい場合（ステップ S 6 で y e s ）、L 6 信号遮断判断部 7 0 B は、信号遮断と判断し、信号断の信号状態を L 6 受信処理部 2 0 の追尾処理部 2 6 に通知する（ステップ S 7）。

【 0 0 5 2 】

ステップ S 6 で S / N が閾値より大きい場合（ステップ S 6 で n o ）、また、ステップ S 7 の処理を終了した場合には、L 6 信号遮断判断部 7 0 B は次の制御タイミングのために、例えば処理をステップ S 5 に戻す。

【 0 0 5 3 】

一方、ステップ S 5 でプリアンブル先頭タイミングが計算されていると判断すると（ステップ S 5 で y e s ）、L 6 信号遮断判断部 7 0 B は、現在の制御タイミングはプリアンブル先頭タイミングであるかを判断する（ステップ S 8）。現在の制御タイミングがプリアンブル先頭タイミングでない場合（ステップ S 8 で n o ）、現在の制御タイミングがプリアンブル先頭タイミングになるまで待つために、L 6 信号遮断判断部 7 0 B は次の制御タイミングのために、例えば処理をステップ S 5 に戻す。

【 0 0 5 4 】

10

20

30

40

50

ステップ S 8 で現在の制御タイミングはプリアンブル先頭タイミングであると判断すると (ステップ S 8 で y e s )、L 6 信号遮断判断部 7 0 B は、L 6 受信処理部 2 0 の追尾処理部 2 6 の L 6 メッセージからプリアンブル先頭タイミングで取得したデータ、つまりプリアンブル部のデータ ( 4 バイト ) と真値とを照合する (ステップ S 9 )。真値は衛星信号の仕様書にあらかじめ決められている値で、L 6 信号のプリアンブルの真値は「 0 x 1 A , 0 x C F , 0 x F C , 0 x 1 D 」である。

【 0 0 5 5 】

ステップ S 9 で取得したプリアンブル部のデータと真値とが一致しなければ、L 6 信号遮断判断部 7 0 B は、照合結果が N G ( 不一致 ) であると判断し (ステップ S 1 0 で y e s )、確認したコード位相ずれ量を L 6 受信処理部 2 0 の追尾処理部 2 6 に通知する (ステップ S 1 1 )。ステップ S 1 1 で、L 6 信号遮断判断部 7 0 B は、プリアンブル部のデータのコード位相ずれの有無を確認する。そして、コード位相ずれが発生している場合には、L 6 信号遮断判断部 7 0 B はコード位相ずれ量を追尾処理部 2 6 に通知する。

10

【 0 0 5 6 】

ステップ S 1 1 が終了すると、L 6 信号遮断判断部 7 0 B は、プリアンブル部のデータの照合 N G、つまりステップ S 1 0 での照合結果の不一致が継続して発生しているかを判断する (ステップ S 1 2 )。ステップ S 1 2 でプリアンブル部のデータの照合 N G が継続し、例えば照合 N G が所定回数連続している場合 (ステップ S 1 2 で y e s )、L 6 信号遮断判断部 7 0 B は、信号遮断と判断し、信号断の信号状態を L 6 受信処理部 2 0 の追尾処理部 2 6 に通知する (ステップ S 1 3 )。

20

【 0 0 5 7 】

ステップ S 8 で現在の制御タイミングがプリアンブル先頭タイミングでない場合 (ステップ S 8 で n o )、ステップ S 1 0 でプリアンブル部のデータと真値とが一致する場合 (ステップ S 1 0 で n o )、ステップ S 1 2 でプリアンブル部のデータの照合 N G が継続していない場合 (ステップ S 1 2 で n o )、また、ステップ S 1 3 の処理が終了した場合、L 6 信号遮断判断部 7 0 B は次の制御タイミングのために、例えば処理をステップ S 5 に戻す。

【 0 0 5 8 】

L 6 受信処理部 2 0 の追尾処理部 2 6 は、先に述べたように、P L L と D L L の制御によって L 6 信号を追尾し、取得した相関信号を基にして L 6 メッセージを抽出する。そして、追尾処理部 2 6 は、補強情報やプリアンブル部データ等を含む L 6 メッセージを、復調処理部 6 0 と L 6 信号遮断判断部 7 0 B とに出力する。

30

【 0 0 5 9 】

これらの処理に加えて、追尾処理部 2 6 は、L 6 信号遮断判断部 7 0 B からプリアンブル部データのコード位相ずれ量を受け取ると、コード位相ずれ量に応じた補正を D L L 制御において行う。プリアンブル部データのコード位相ずれとは、取得したプリアンブル部と真値との差のことで、例えば L 6 信号のプリアンブル部の正解 ( 真値 ) は「 0 x 1 A , 0 x C F , 0 x F C , 0 x 1 D 」であるが、コード位相が「 - 1 」ずれている場合は、プリアンブル部の各 1 バイトデータを「 - 1 」とした「 0 x 1 9 , 0 x C E , 0 x F B , 0 x 1 C 」が取得される。コード位相ずれ量として「 - 1 」を検出したときは、コード位相ずれをゼロにするために、コード生成部 2 5 の L 6 コードジェネレータ 2 5 B のコード c h i p に「 + 1 」を加えることで、コード位相ずれを補正する。

40

【 0 0 6 0 】

また、追尾処理部 2 6 は、L 6 信号遮断判断部 7 0 B からコード位相ずれ量の通知を受け取った後、D L L 制御においてコード生成部 2 5 の L 6 コードジェネレータ 2 5 B のコード位相ずれを補正して追尾を継続する。追尾処理部 2 6 は、今回の追尾結果を表す追尾情報をプリアンブル先頭タイミングの外挿用または信号遮断判断用として、L 6 プリアンブル先頭タイミング計算部 7 0 A 又は L 6 信号遮断判断部 7 0 B に出力する。

【 0 0 6 1 】

さらに、追尾処理部 2 6 は、L 6 信号遮断判断部 7 0 B から信号断を示す信号状態の通

50

知を受け取ると、誤復調を防止するためにL6メッセージの取得を停止し、さらに必要であれば雑音信号を誤追尾することを防ぐために追尾制御を停止する。

【0062】

以上がこの実施の形態による衛星信号受信装置の構成である。次に、この衛星信号受信装置の作用について説明する。L1C/A受信処理部10は、衛星からのL1C/A信号に対してDLL制御とPLL制御とを行って信号を追尾し、衛星送信時間計算部30に追尾情報を出し、復調処理部50に航法データを出し、復調処理部50は、L1C/A受信処理部10から出力された航法データを復調し、復調で得た時刻関連情報を衛星送信時間計算部30に出力し、同じく復調で得たエフェメリスデータを測位処理部40に出力する。

10

【0063】

衛星送信時間計算部30は、L1C/A受信処理部10から出力された追尾情報と、復調処理部50から出力された時刻関連情報とを利用して、L1C/A信号を受信したタイミングにおける衛星送信時刻を計算し、この衛星送信時刻をL6プリアンプル先頭タイミング計算部70Aに出力する。次に、衛星送信時間計算部30は、衛星送信時刻を基にして、衛星と衛星信号受信装置との間の擬似距離を計算して測位処理部40に出力する。測位処理部40は、衛星送信時間計算部30から出力された擬似距離と、復調処理部50から出力されたエフェメリスデータと、復調処理部60から出力された補強情報とを利用して計算することで高精度な測位を行い、測位結果である測位位置を出力する。

20

【0064】

一方、L6受信処理部20は、準天頂衛星からのL6信号に対してDLL制御とPLL制御とを行って信号を追尾し、L6プリアンプル先頭タイミング計算部70AまたはL6信号遮断判断部70Bに追尾情報を出し、復調処理部60にL6メッセージを出力する。復調処理部60は、L6受信処理部20から出力されたL6メッセージを復調し、擬似距離に重畳する各種の誤差を補正するための補強情報を抽出して測位処理部40に出力する。

【0065】

L6プリアンプル先頭タイミング計算部70Aは、衛星送信時間計算部30から出力されたL1C/A信号の衛星送信時刻から、L6信号のプリアンプル先頭タイミングを計算する。その後、L6プリアンプル先頭タイミング計算部70Aは、電源投入時等の初回だけL1C/A信号の衛星送信時刻を基にプリアンプル先頭タイミングを計算し、次回からは初回で計算したプリアンプル先頭タイミングを追尾処理部26から出力された追尾情報に基づいて更新していく。L6信号遮断判断部70Bは、こうして得たプリアンプル先頭タイミングを基に追尾処理部26から出力されたL6メッセージ内のプリアンプル部のデータを取得し、取得したプリアンプル部のデータと真値とを照合する。そして、照合結果がNGの状態が継続している場合、L6信号遮断判断部70BはL6信号が遮断されたと判断する。これにより、L6受信処理部20は、誤復調を防止するためにL6メッセージの取得を停止し、さらに必要であれば雑音信号を誤追尾することを防ぐために追尾制御を停止する。

30

【0066】

また、L6信号遮断判断部70Bは、プリアンプル部のデータの照合結果からコード位相ずれの有無を確認し、コード位相ずれが発生していると、コード位相ずれ量をL6受信処理部20に通知する。L6受信処理部20は、L6信号遮断判断部70Bからコード位相ずれ量の通知を受け取ると、DLL制御においてL6コードジェネレータ25Bのコード位相ずれを補正して追尾を継続する。

40

【0067】

以上説明したように、この実施の形態によれば、次の(あ)~(う)の効果を達成することができる。

【0068】

(あ)従来技術では信号遮断が正確に判断できないか、余裕を持ったS/N用閾値で信号

50

遮断を判断する必要があるために受信感度が劣化するという問題があった。これに対して、この実施の形態によれば、プリアンブル部データを照合し、照合NGの状態が継続したときはL6信号遮断と判断することにより、S/Nに影響されることなくL6信号の遮断を判断することが可能であり、しかも余裕を持ったS/N用閾値で信号遮断を判断する必要がないため受信感度も劣化しない。

【0069】

(い)従来技術では妨害波でL1C/A信号の追尾が不安定になった場合、L6信号の復調処理も影響を受け、補強情報を取得することができない。これに対して、この実施の形態によれば、L6信号の追尾制御および復調処理にL1C/A信号の追尾情報を直接使用しないため、L1C/A信号の追尾が不安定になった時もL6信号の補強情報の取得を確実に継続することが可能である。

10

【0070】

(う)さらに、この実施の形態によれば、マルチパス誤差の重畳やS/Nが低下することなどによる不安定追尾の影響によってL6信号のコード位相ずれが発生した場合でも、コード位相ずれ量を検出して補正することで、正確に追尾し続けることができるという従来技術にはないメリットを備える。

【0071】

本発明の実施形態ではL1C/A信号受信処理部を使用した具体例を示したが、L1C/A信号と同じ衛星測位サービスを提供する他の信号(L1C信号、L2C信号、L5信号など)をL1C/A信号の代わりに使用することができる。また、将来に準天頂衛星システムと類似する信号構成の衛星システムが構築された場合にも、本発明を適用することができる。

20

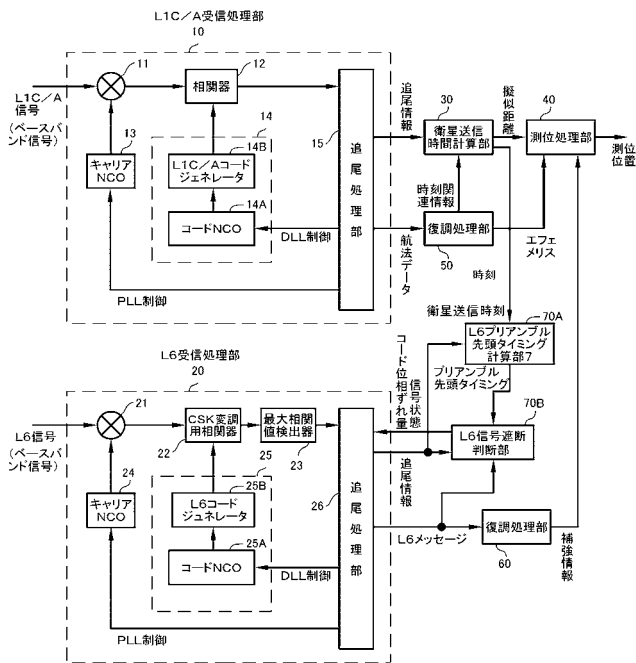
【符号の説明】

【0072】

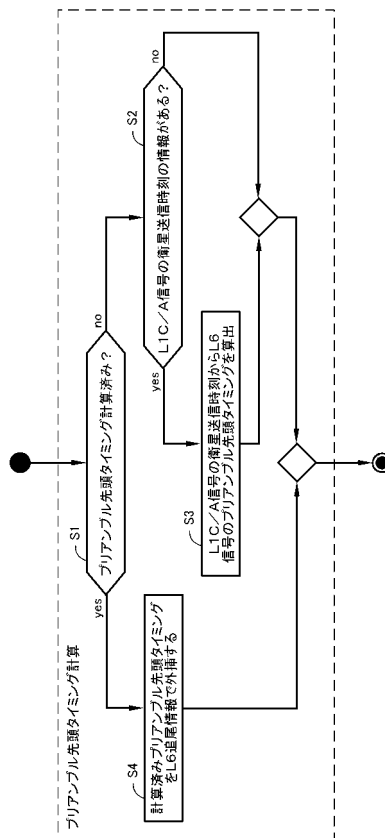
- 10 L1C/A受信処理部(測距信号受信処理部)
- 20 L6受信処理部
- 30 衛星送信時間計算部
- 40 測位処理部
- 50、60 復調処理部
  - 70A L6プリアンブル先頭タイミング計算部
  - 70B L6信号遮断判断部

30

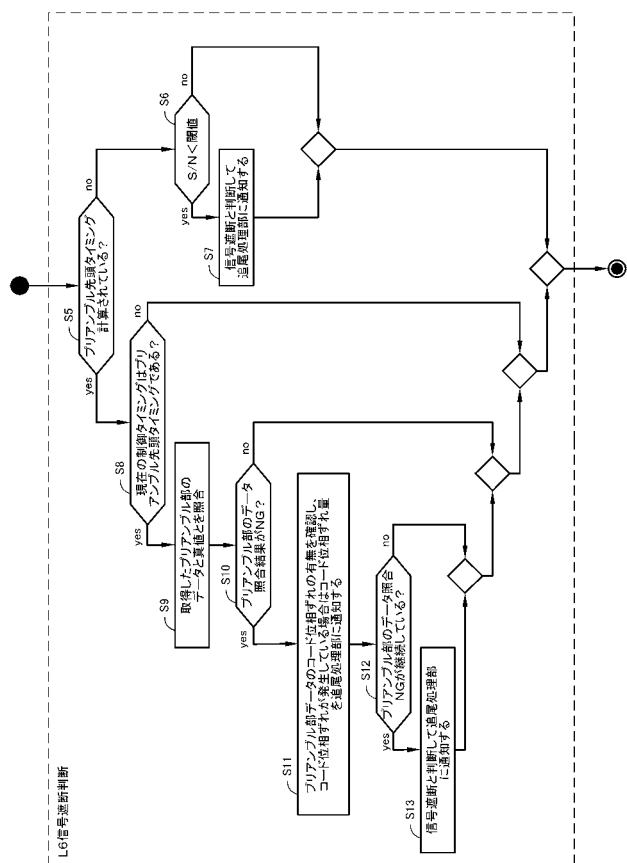
【図1】



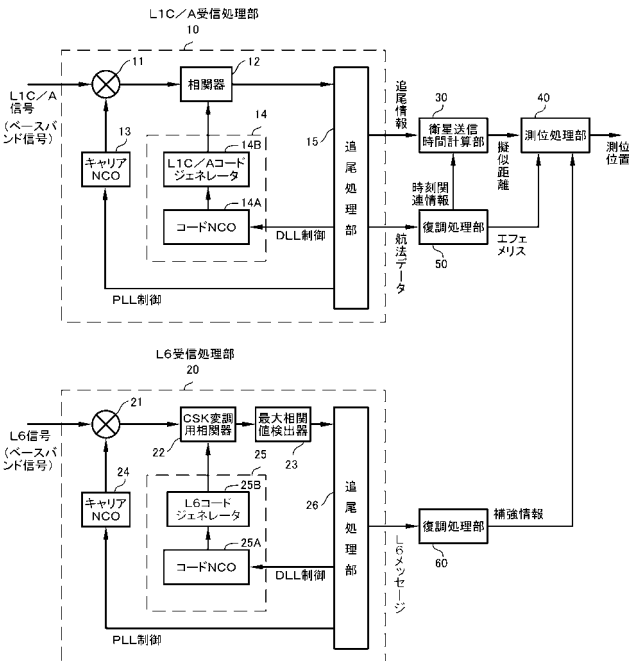
【図2】



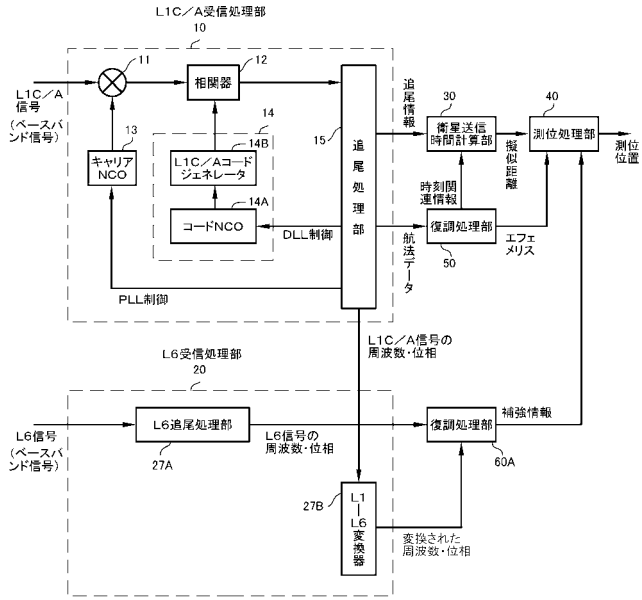
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

