

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7340867号  
(P7340867)

(45)発行日 令和5年9月8日(2023.9.8)

(24)登録日 令和5年8月31日(2023.8.31)

(51)国際特許分類 F I  
G 0 1 S 19/21 (2010.01) G 0 1 S 19/21  
G 0 1 S 19/44 (2010.01) G 0 1 S 19/44

請求項の数 18 (全29頁)

(21)出願番号	特願2020-567651(P2020-567651)	(73)特許権者	501141253 マゼランシステムズジャパン株式会社 兵庫県尼崎市道意町7丁目1番3号
(86)(22)出願日	平成31年2月20日(2019.2.20)	(74)代理人	100114775 弁理士 高岡 亮一
(65)公表番号	特表2021-515246(P2021-515246 A)	(74)代理人	100121511 弁理士 小田 直
(43)公表日	令和3年6月17日(2021.6.17)	(74)代理人	100202751 弁理士 岩堀 明代
(86)国際出願番号	PCT/IB2019/051347	(74)代理人	100208580 弁理士 三好 玲奈
(87)国際公開番号	WO2019/162839	(74)代理人	100191086 弁理士 高橋 香元
(87)国際公開日	令和1年8月29日(2019.8.29)	(72)発明者	近藤 徹 兵庫県尼崎市道意町7丁目1番3号 尼 最終頁に続く
審査請求日	令和4年2月14日(2022.2.14)		
(31)優先権主張番号	62/635,292		
(32)優先日	平成30年2月26日(2018.2.26)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		

(54)【発明の名称】 R T K測位におけるスプーフィング検出

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

リアルタイムキネマティック(RTK)測位においてスプーフィングを検出することが可能なGNSS受信機であって、

各々が前記GNSS受信機から見える複数のGNSS衛星に対応する複数のGNSS信号を受信するように構成されている、第1アンテナ位置に配置された第1アンテナ及び基準アンテナ位置に配置された基準アンテナと、

信号処理装置と、を含み、

前記信号処理装置が、

前記GNSS衛星のうちの1つを基準衛星として設定するステップと、

前記第1アンテナで受信した複数のGNSS信号の第1の搬送波位相

10

【数1】

$$L_1^k$$

と、前記基準アンテナで受信した複数のGNSS信号の基準搬送波位相

【数2】

$$L_0^k$$

とを取得するように測定処理を実行するステップと、  
前記複数のGNSS信号について、前記第1の搬送波位相

【数3】

$$L_1^k$$

と前記基準搬送波位相

【数4】

$$L_0^k$$

10

との間の第1の一重差

【数5】

$$L_{10}^k$$

を取得するステップと、  
前記基準GNSS信号の前記第1の一重差

【数6】

$$L_{10}^0$$

20

と、残りの複数のGNSS信号の第1の一重差

【数7】

$$L_{10}^k$$

との間の第2の一重差である二重差

【数8】

$$L_{10}^{k0}$$

30

を算出するステップと、  
利用可能な位置情報に基づいて、前記基準アンテナから前記複数のGNSS衛星の各々への視線方向の単位方向ベクトル $e_k$ を取得し、ここで前記基準衛星の単位方向ベクトルを基準単位ベクトル $e_0$ とする、ステップと、  
前記第2の一重差

【数9】

$$L_{10}^{k0}$$

40

を、前記単位方向ベクトル $e_k$ と前記基準単位ベクトル $e_0$ の間の差分ベクトル $e_{k0}$ と、前記第1アンテナ及び前記基準アンテナの間の基線ベクトルとの関数として、整数バイアス

【数10】

$$N_{10}^{k0}$$

と共に予測する、ステップと、  
前記測定処理から得られる計算された二重差

50

## 【数 1 1】

$$L_{10}^{k0}$$

と、二重差

## 【数 1 2】

$$L_{10}^{k0}$$

を予測するために用いられる関係式とに基づいて、前記整数バイアス

10

## 【数 1 3】

$$N_{10}^{k0}$$

に対するアンビギュイティ決定と共に、RTK測位解を計算するステップと、

前記アンビギュイティ決定によって、前記基線ベクトル がゼロである解が得られた場合に、スプーフィングが発生したと判定するステップと、

を実行するように構成されている、

GNSS受信機。

## 【請求項 2】

20

前記二重差

## 【数 1 4】

$$L_{10}^{k0}$$

を予測するために用いられる関係式は、 を搬送波の波長として、

## 【数 1 5】

$$L_{10}^{k0} = -e_{k0}^T \Delta + \lambda N_{10}^{k0}$$

30

と表される、請求項 1 に記載の GNSS 受信機。

## 【請求項 3】

前記整数バイアス

## 【数 1 6】

$$N_{10}^{k0}$$

が、 を搬送波の波長として、

## 【数 1 7】

$$L_{10}^{k0} = \lambda N_{10}^{k0}$$

40

と表される、請求項 1 に記載の GNSS 受信機。

## 【請求項 4】

前記信号処理装置が、更に、スプーフィングが発生したことを通知するように構成されている、請求項 1 に記載の GNSS 受信機。

## 【請求項 5】

前記 GNSS 信号の数が 5 以上である、請求項 1 に記載の GNSS 受信機。

## 【請求項 6】

第 1 アンテナ位置にある第 1 アンテナと、基準アンテナ位置にある基準アンテナとを有

50

するGNSS受信機のリアルタイムキネマティック(RTK)測位におけるスプーフィング検出方法であって、

前記第1アンテナおよび前記基準アンテナで複数のGNSS信号を受信するステップであって、前記複数のGNSS信号は、前記GNSS受信機から見える複数のGNSS衛星に対応している、ステップと、

前記GNSS衛星のうちの1つを基準衛星に設定するステップと、

実測により、前記第1アンテナで受信された前記複数のGNSS信号に対して第1の搬送波位相

【数18】

$$L_1^k$$

10

を取得し、前記基準アンテナで受信された前記複数のGNSS信号に対して基準搬送波位相

【数19】

$$L_0^k$$

を取得する、測定ステップと、

前記複数のGNSS信号に対して、前記第1の搬送波位相

【数20】

$$L_1^k$$

20

と前記基準搬送波位相

【数21】

$$L_0^k$$

との間の第1の一重差

【数22】

$$L_{10}^k$$

30

を求めるステップと、

前記基準GNSS信号の前記第1の一重差

【数23】

$$L_{10}^0$$

と、残りの複数のGNSS信号の第1の一重差

【数24】

$$L_{10}^k$$

40

との間の第2の一重差である二重差

【数25】

$$L_{10}^{k0}$$

を計算するステップと、

50

利用可能な位置情報に基づいて、前記基準アンテナから前記複数のGNSS衛星の各々への視線方向の単位方向ベクトル  $e_k$  を求め、ここで前記基準衛星の単位方向ベクトルを基準単位ベクトル  $e_0$  とする、ステップと、

前記二重差

【数 2 6】

$$L_{10}^{k0}$$

を、前記単位方向ベクトル  $e_k$  及び前記基準単位ベクトル  $e_0$  の間の差分ベクトル  $e_{k0}$  と、前記第 1 アンテナ及び前記基準アンテナの間の基準線ベクトル との関数として、整数バイアス

10

【数 2 7】

$$N_{10}^{k0}$$

と共に予測するステップと、

前記測定ステップから得られる計算された二重差

【数 2 8】

$$L_{10}^{k0}$$

20

と二重差

【数 2 9】

$$L_{10}^{k0}$$

を予測するために用いられる関係式とに基づいて、前記整数バイアス

【数 3 0】

$$N_{10}^{k0}$$

30

に対するアンビギュイティ決定と共にRTK測位解を計算するステップと、

前記アンビギュイティ決定により前記基準ベクトル が 0 の解が得られた場合に、スプーフィングが発生したと判定するステップと、

を含む、スプーフィング検出方法。

【請求項 7】

前記二重差

【数 3 1】

$$L_{10}^{k0}$$

40

を予測するために用いられる関係式は、 を搬送波の波長として、

【数 3 2】

$$L_{10}^{k0} = -e_{k0}^T \Delta + \lambda N_{10}^{k0}$$

と表される、請求項 6 に記載のスプーフィング検出方法。

【請求項 8】

前記整数バイアス

【数 3 3】

50

$$N_{10}^{k0}$$

が、 を搬送波の波長として、

【数 3 4】

$$L_{10}^{k0} = \lambda N_{10}^{k0}$$

と表される、請求項 6 に記載のスプーフィング検出方法。

【請求項 9】

更に、スプーフィングが発生したことを通知するステップを含む、請求項 6 に記載のスプーフィング検出方法。

【請求項 10】

前記 G N S S 信号の数が 5 以上である、請求項 6 に記載のスプーフィング検出方法。

【請求項 11】

アルタイムキネマティック ( R T K ) 測位においてスプーフィングを検出することが可能な G N S S 受信機であって、

各々が前記 G N S S 受信機から見える複数の G N S S 衛星に対応する複数の G N S S 信号を受信するように構成された、第 1 アンテナ位置に配置された第 1 アンテナ及び基準アンテナ位置に配置された基準アンテナと、

前記第 1 アンテナ及び前記基準アンテナで受信された前記 G N S S 信号のダウンコンバージョン、フィルタリング、増幅、及びデジタル化を行うように構成されたフロントエンドと、

前記フロントエンドから受信した前記 G N S S 信号を捕捉して追跡し、測定値とナビゲーションデータを生成するように構成された信号処理ブロックであって、前記測定値が、前記第 1 アンテナで受信した前記 G N S S 信号の第 1 搬送波位相

【数 3 5】

$$L_1^k$$

と、前記基準アンテナで受信した前記 G N S S 信号の基準搬送波位相

【数 3 6】

$$L_0^k$$

とを含む、信号処理ブロックと、

測定二重差算出部、二重差予測部、R T K 測位部、及びスプーフィング検出部を備えたアプリケーション処理ブロックと、

を含み、

前記測定二重差算出部は、前記複数の G N S S 信号について、前記フロントエンドから受信した前記第 1 の搬送波位相

【数 3 7】

$$L_1^k$$

と前記基準搬送波位相

【数 3 8】

$$L_0^k$$

10

20

30

40

50

との間の第 1 の一重差

【数 3 9】

$$L_{10}^k$$

を計算し、それによって前記基準 G N S S 信号の前記第 1 の一重差

【数 4 0】

$$L_{10}^0$$

10

と残りの複数の G N S S 信号の各第 1 の一重差

【数 4 1】

$$L_{10}^k$$

との間の第 2 の一重差である二重差

【数 4 2】

$$L_{10}^{k0}$$

20

を計算するように構成され、

前記二重差予測部は、利用可能な位置情報に基づいて、前記基準アンテナから前記複数の G N S S 衛星の各々への視線方向の単位方向ベクトル  $e_k$  を算出し、ここで前記基準衛星の単位方向ベクトルを基準単位ベクトル  $e_0$  とし、

前記二重差

【数 4 3】

$$L_{10}^{k0}$$

を、前記単位方向ベクトル  $e_k$  と前記基準単位ベクトル  $e_0$  との間の差分ベクトル  $e_{k0}$  と、前記第 1 アンテナ及び前記基準アンテナの間の基線ベクトル との関数として、整数バイアス

30

【数 4 4】

$$N_{10}^{k0}$$

と共に予測するように構成されており、

前記 R T K 測位部は、前記測定によって得られる計算された二重差

【数 4 5】

$$L_{10}^{k0}$$

40

と二重差

【数 4 6】

$$L_{10}^{k0}$$

を予測するために用いられる関係式とに基づいて、前記整数バイアス

【数 4 7】

50

$$N_{10}^{k0}$$

に対するアンビギュイティ決定と共に R T K 測位解を算出するように構成されており、  
前記スプーフィング判定部は、前記アンビギュイティ決定により前記基準線ベクトルが 0 である解が得られた場合に、スプーフィングが発生したと判定するように構成されている、

G N S S 受信機。

【請求項 1 2】

前記スプーフィング検出部は、更に、スプーフィングが発生したと判定された場合に警告信号を発行するように構成された、請求項 1 1 に記載の G N S S 受信機。

10

【請求項 1 3】

前記警告信号を送信する信号送信部をさらに備えた、請求項 1 2 に記載の G N S S 受信機。

【請求項 1 4】

前記二重差

【数 4 8】

$$L_{10}^{k0}$$

20

を予測するために用いられる関係式は、 を搬送波の波長として、

【数 4 9】

$$L_{10}^{k0} = -e_{k0}^T \Delta + \lambda N_{10}^{k0}$$

と表される、請求項 1 1 に記載の G N S S 受信機。

【請求項 1 5】

スプーフィングされた G N S S 信号の前記整数バイアス

【数 5 0】

$$N_{10}^{k0}$$

30

は、 を搬送波の波長として、

【数 5 1】

$$L_{10}^{k0} = \lambda N_{10}^{k0}$$

と表される、請求項 1 1 に記載の G N S S 受信機。

【請求項 1 6】

前記第 1 アンテナ及び前記基準アンテナの間の距離が数デシメートルから数メートルの範囲内にある、請求項 1 に記載の G N S S 受信機。

40

【請求項 1 7】

前記第 1 アンテナ及び前記基準アンテナの間の距離が数デシメートルから数メートルの範囲内にある、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 1 8】

前記第 1 アンテナ及び前記基準アンテナの間の距離が数デシメートルから数メートルの範囲である、請求項 1 1 に記載の G N S S 受信機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

50

## 優先権の主張

本出願は、2018年2月26日に出願された米国仮出願第62/635292号の優先権を主張し、その内容は参照により本明細書に組み込まれる。

【0002】

## 発明の背景

### 1. 発明の分野

本発明は、GNSS受信機およびGNSS信号処理に関する。より具体的には、本発明は、GNSS受信機でのリアルタイムキネティック(RTK)測位におけるスプーフィングの検出に関する。

【背景技術】

【0003】

### 2. 関連技術の説明

今日利用可能なグローバルナビゲーション衛星システム(GNSS)には、米国の全地球測位システム(GPS)、ロシアの全地球航法衛星システム(GLONASS)、欧州連合のガリレオ、中国の地域的な北斗衛星測位システム(BDS、旧コンパス)、および日本の準天頂衛星システム(QZSS)が含まれる。

【0004】

GNSSスプーフィング信号は、信号が偽物であるとは疑っていないGNSS受信機に対して本物のように見えるようGNSS仕様に十分に近く構造化された干渉信号の一種である。意図的なスプーファーは、標的となるGNSS受信機から読み出されるPVT(位置、速度、時間)を意図的に操作しようとする。GNSSスプーフィングによる攻撃として、例えば、正常なGNSS信号に似せて構成された不正確なGNSS信号をブロードキャストしたり、別の場所や別の時間に捕捉された本物のGNSS信号を再ブロードキャスト(ミーコニング)することにより、GNSS受信機を欺こうとする。これらのスプーフィングされた信号は、GNSS受信機によって推定された位置が、GNSS受信機の実際の位置とは異なる、スプーフィング攻撃者が定めた位置になるように、或いは、実際の位置であっても、スプーフィング攻撃者によって定められた別の時間として推定されるように改変されている場合がある。GNSSスプーフィング攻撃の一般的な形態の一つとしてキャリアオフ攻撃と呼ばれるものがあるが、これは、まず、標的となるGNSS受信機が観測している真正GNSS信号に同期した信号をブロードキャストすることから始まる。その後、偽造GNSS信号の電力(パワー)を徐々に増加させて、真正GNSS信号から引き離す。

【0005】

既製のソフトウェアによって定義できる無線ハードウェア、GNSS信号シミュレータや記録再生装置などが廉価に入手できるようになり、有能なコンピュータ・プログラムによるリアルな民用GNSS信号の生成が可能になるにつれて、スプーフィングはより一般的な関心事になってきている。交通機関、位置情報サービス、通信、金融、電力分配、自律走行車、農業・建設機械、ドローン、ロボット、その他のアプリケーションにおける民用GNSSへの経済的・実用的な依存度が高まるにつれ、GNSSスプーフィングの影響がより深刻になってきている。従って、GNSS受信機におけるスプーフィングの効果的な検出方法を見出すことが緊急な課題の一つとなっている。

【発明の概要】

【0006】

## 発明の簡単な説明

本発明の実施形態により、リアルタイムキネティック(RTK)測位においてスプーフィングを検出することが可能なGNSS受信機が提供される。GNSS受信機は、第1のアンテナ位置に配置された第1のアンテナ、基準アンテナ位置に配置された基準アンテナ、及び信号処理装置(プロセッサ)を含み、各アンテナは、GNSS受信機から見える複数のGNSS衛星に対応する複数のGNSS信号を受信するように構成されている。前記信号処理装置は、(a)前記GNSS衛星のうちの1つを基準衛星として設定するステッ

10

20

30

40

50

プと、( b ) 前記第 1 のアンテナで受信した複数の G N S S 信号の第 1 の搬送波位相  
【数 1】

$$L_1^k$$

と、前記基準アンテナで受信した複数の G N S S 信号の基準搬送波位相  
【数 2】

$$L_0^k$$

10

とを取得するように測定処理を実行するステップと、( c ) 前記複数の G N S S 信号につ  
いて、前記第 1 の搬送波位相

【数 3】

$$L_1^k$$

と前記基準搬送波位相

【数 4】

$$L_0^k$$

20

との間の第 1 の一重差 ( s i n g l e d i f f e r e n c e )

【数 5】

$$L_{10}^k$$

を取得するステップと、( d ) 前記基準 G N S S 信号の前記第 1 の一重差

【数 6】

$$L_{10}^0$$

30

と、残りの複数の G N S S 信号の第 1 の一重差

【数 7】

$$L_{10}^k$$

との間の第 2 の一重差である二重差

【数 8】

$$L_{10}^{k0}$$

40

を算出するステップと、( e ) 利用可能な位置情報に基づいて、前記基準アンテナから前  
記複数の G N S S 衛星の各々への視線方向の単位方向ベクトル  $e_k$  を取得するステップと  
、ここで前記基準衛星の単位方向ベクトルを基準単位ベクトル  $e_0$  とし、( f ) 前記第  
1 の一重差

【数 9】

$$L_{10}^k$$

を、前記単位方向ベクトル  $e_k$  と、前記第 1 のアンテナと前記基準アンテナの間の基線ベ

50

クトル との関数として、第 1 の整数バイアス

【数 1 0】

$$N_{10}^k$$

と共に予測し、それにより、前記二重差

【数 1 1】

$$L_{10}^{k0}$$

10

を、前記単位方向ベクトル  $e_k$  及び前記基準単位ベクトル  $e_0$  の間の差分ベクトル  $e_{k0}$  と、前記基線ベクトル との関数として、第 2 の整数バイアス

【数 1 2】

$$N_{10}^{k0}$$

と共に予測する、ステップと、(g) 前記測定処理から得られる計算された二重差

【数 1 3】

$$L_{10}^{k0}$$

20

と予測された二重差

【数 1 4】

$$L_{10}^{k0}$$

とに基づいて、前記第 2 の整数バイアス

【数 1 5】

$$N_{10}^{k0}$$

30

に対するアンビギュイティ決定と共に、RTK 測位解を計算するステップと、(h) アンビギュイティ決定によって、前記基線ベクトル がゼロである解が得られた場合に、スプーフィングが発生したと判定するステップと、を実行するように構成されている。

【0007】

本発明の一実施形態によれば、前記信号処理装置は、更に、スプーフィングが発生したことを通知するように構成されてもよい。

【0008】

本発明の別の側面によれば、複数の GNSS 衛星から複数の GNSS 信号を受信するように構成された GNSS 受信機のリアルタイムキネティック (RTK) 測位におけるスプーフィングを検出する方法と、この方法を実行することが可能な GNSS 受信機が提供される。前記 GNSS 受信機は、第 1 のアンテナ位置にある第 1 のアンテナと、基準アンテナ位置にある基準アンテナとを有する。前記方法は、(a) 前記第 1 のアンテナおよび前記基準アンテナで複数の GNSS 信号を受信するステップであって、前記複数の GNSS 信号が前記 GNSS 受信機から見える前記複数の GNSS 衛星に対応している、ステップと、(b) 前記 GNSS 衛星のうちの 1 つを基準衛星に設定するステップと、(c) 実測により、前記第 1 のアンテナで受信された前記複数の GNSS 信号に対して第 1 の搬送波位相

40

【数 1 6】

50

$$L_1^k$$

を取得し、前記基準アンテナで受信された前記複数のGNSS信号に対して基準搬送波位相【数17】

$$L_0^k$$

を取得する、ステップと、(d)前記複数のGNSS信号に対して、前記第1の搬送波位相【数18】

10

$$L_1^k$$

と前記基準搬送波位相【数19】

$$L_0^k$$

との間の第1の一重差【数20】

20

$$L_{10}^k$$

を求めるステップと、(e)前記基準GNSS信号の前記第1の一重差【数21】

$$L_{10}^0$$

と、残りの複数のGNSS信号の第1の一重差【数22】

30

$$L_{10}^k$$

との間の第2の一重差である二重差【数23】

$$L_{10}^{k0}$$

を計算するステップと、(f)利用可能な位置情報に基づいて、前記基準アンテナから前記複数のGNSS衛星の各々への視線方向の単位方向ベクトル $e_k$ を求めるステップと、ここで前記基準衛星の単位方向ベクトルを基準単位ベクトル $e_0$ とし、(g)前記第1の一重差

40

【数24】

$$L_{10}^k$$

を、前記単位方向ベクトル $e_k$ と、前記第1のアンテナと前記基準アンテナの間の基線ベクトルとの関数として、第1の整数バイアス【数25】

50

$$N_{10}^k$$

と共に予測し、それにより、前記二重差

【数 2 6】

$$L_{10}^{k0}$$

を、前記単位方向ベクトル  $e_k$  と前記基準単位ベクトル  $e_0$  との間の差分ベクトル  $e_{k0}$  と、前記基準線ベクトル との関数として、第 2 の整数バイアス

10

【数 2 7】

$$N_{10}^{k0}$$

と共に予測するステップと、(h) 前記測定ステップから得られる計算された二重差

【数 2 8】

$$L_{10}^{k0}$$

と予測された二重差

20

【数 2 9】

$$L_{10}^{k0}$$

とに基づいて、前記第 2 の整数バイアス

【数 3 0】

$$N_{10}^{k0}$$

に対するアンビギュイティ決定と共に R T K 測位解を計算するステップと、(i) 前記アンビギュイティ決定により前記基線ベクトル が 0 の解が得られた場合に、スプーフィングが発生したと判定するステップと、を含むスプーフィングの検出方法である。

30

【0 0 0 9】

前記予測された二重差

【数 3 1】

$$L_{10}^{k0}$$

は、 を搬送波の波長として、次のように表されてもよい。

【数 3 2】

40

$$L_{10}^{k0} = -e_{k0}^T \Delta + \lambda N_{10}^{k0}$$

【0 0 1 0】

前記第 2 の整数バイアス

【数 3 3】

$$N_{10}^{k0}$$

は、 を搬送波の波長として、次のように表されてもよい。

50

## 【数 3 4】

$$L_{10}^{k0} = \lambda N_{10}^{k0}。$$

## 【0 0 1 1】

本発明の一実施形態によれば、スプーフィングが発生したという通知が発行されてもよい。また、GNSS信号の数は5以上であってもよい。

## 【0 0 1 2】

本発明の一実施形態によれば、前記方法は、更にスプーフィングが発生したことを通知することをさらに含んでもよい。

## 【0 0 1 3】

本発明の別の側面によれば、リアルタイムキネティック(RTK)測位においてスプーフィングを検出することが可能なGNSS受信機が提供される。前記GNSS受信機は、第1のアンテナ位置に配置された第1のアンテナ、基準アンテナ位置に配置された基準アンテナ、フロントエンド、信号処理ブロック、およびアプリケーション処理ブロックを含み、各アンテナはGNSS受信機から見える複数のGNSS衛星に対応する複数のGNSS信号を受信するように構成されている。前記フロントエンドは、前記第1アンテナおよび前記基準アンテナで受信した前記GNSS信号のダウンコンバージョン、フィルタリング、増幅、デジタル化を行うように構成されている。前記信号処理ブロックは、前記フロントエンドから受信した前記GNSS信号を捕捉して追跡し、測定値とナビゲーションデータを生成するように構成されており、前記測定値には、前記第1アンテナで受信した前記GNSS信号の第1搬送波位相

## 【数 3 5】

$$L_1^k$$

と、前記基準アンテナで受信した前記GNSS信号の基準搬送波位相

## 【数 3 6】

$$L_0^k$$

とが含まれている。

## 【0 0 1 4】

前記アプリケーション処理ブロックは、(a)測定二重差算出部であって、(ii)前記複数のGNSS信号について、前記フロントエンドから受信した前記第1の搬送波位相

## 【数 3 7】

$$L_1^k$$

と前記基準搬送波位相

## 【数 3 8】

$$L_0^k$$

との間の第1の一重差

## 【数 3 9】

$$L_{10}^k$$

を計算し、それによって(ii)前記基準GNSS信号の前記第1の一重差

【数 4 0】

$$L_{10}^0$$

と残りの複数の G N S S 信号の各第 1 の一重差

【数 4 1】

$$L_{10}^k$$

との間の第 2 の一重差である二重差

【数 4 2】

$$L_{10}^{k0}$$

10

を計算する、測定二重差計算部と、( b ) 二重差予測部であって、( i ) 利用可能な位置情報に基づいて、前記基準アンテナから前記複数の G N S S 衛星の各々への視線方向の単位方向ベクトル  $e_k$  を算出し、ここで前記基準衛星の単位方向ベクトルを基準単位ベクトル  $e_0$  とし、( i i ) 前記第 1 の一重差

【数 4 3】

$$L_{10}^k$$

20

を、前記単位方向ベクトル  $e_k$  と、前記第 1 のアンテナと前記基準アンテナの間の基線ベクトル との関数として、第 1 の整数バイアス

【数 4 4】

$$N_{10}^k$$

と共に予測し、それにより、( i i i ) 前記二重差

【数 4 5】

$$L_{10}^{k0}$$

30

を、前記単位方向ベクトル  $e_k$  と前記基準単位ベクトル  $e_0$  との間の差分ベクトル  $e_{k0}$  と、前記基準線ベクトル との関数として、第 2 の整数バイアス

【数 4 6】

$$N_{10}^{k0}$$

と共に予測するように構成された二重差予測部と、( c ) R T K 測位部であって、前記測定によって得られる計算された二重差

【数 4 7】

$$L_{10}^{k0}$$

40

と予測された二重差

【数 4 8】

$$L_{10}^{k0}$$

50

とに基づいて、第 2 の整数バイアス

【数 4 9】

$$N_{10}^{k0}$$

に対するアンビギュイティ決定と共に R T K 測位解を算出するように構成された R T K 測位部と、(d) 前記アンビギュイティ決定により前記基準線ベクトル が 0 の解が得られた場合に、スプーフィングが発生したと判定するように構成されたスプーフィング判定部と、を備える。

【0 0 1 5】

前記スプーフィング検出部は、更に、スプーフィングが発生したと判定された場合に警告信号を発行するように構成されていてもよい。前記 G N S S 受信機は、前記警告信号を送信する信号送信部をさらに含んでもよい。

【0 0 1 6】

前記予測された二重差

【数 5 0】

$$L_{10}^{k0}$$

は、 を搬送波の波長として、次のように表されてもよい。

【数 5 1】

$$L_{10}^{k0} = -e_{k0}^T \Delta + \lambda N_{10}^{k0}.$$

【0 0 1 7】

スプーフィングされた G N S S 信号の前記第 2 の整数バイアス

【数 5 2】

$$N_{10}^{k0}$$

は、 を搬送波の波長として、次のように表されてもよい。

【数 5 3】

$$L_{10}^{k0} = \lambda N_{10}^{k0}.$$

【0 0 1 8】

前記 G N S S 信号の数は 5 以上であってもよい。

【0 0 1 9】

本発明は、限定的にではなく例示として添付の図面に示されており、類似の要素は類似の参照数字によって示されている。

【図面の簡単な説明】

【0 0 2 0】

【図 1】図 1 は、本発明の実施形態が適用されるシステムを模式的に示す図である。

【図 2】図 2 は、本発明の一実施形態による G N S S 受信機を模式的に示すブロック図である。

【図 3】図 3 A および 3 B は、本発明の一実施形態による R T K 測位に使用されるベクトルを説明する図である。

【図 4】図 4 は、本発明の一実施形態によるアプリケーション処理ブロックの一例を模式的に示すブロック図である。

【図 5】図 5 は、本発明の一実施形態によるスプーフィング検出方法の処理ステップを示

10

20

30

40

50

すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0021】

本発明の実施形態の詳細な説明

本発明は、添付図面に示されているように、本発明のいくつかの好ましい実施形態を参照することにより詳細に説明される。以下の説明では、本発明が十分に理解されるように多数の具体的な詳細が記載されている。しかし、これらの特定の詳細の一部または全部がなくても本発明が実施され得ることは当業者には明らかであろう。また、本発明を不必要に不明瞭にしないために、周知のプロセスステップおよび/または構造の詳細な記載が省略されている場合もある。

10

【0022】

図1は、本発明の実施形態が適用され得るシステムを模式的に示す。GNSS受信機10は、複数のGNSS衛星30(30-k)から複数のGNSS信号20(20-k)を受信する。各衛星の位置は、例えば、ブロードキャストされるエフェメリス情報などのアシスト情報を用いて計算したり、あるいは正確な軌道から計算することにより、既知であると想定されている。このようなアシスト情報は、GNSS受信機10のメモリに記憶されていてもよいし、インターネットや無線通信などの接続リンクを介して取得してもよい。

【0023】

GNSS受信機10は、第1のアンテナ位置 $x_1$ に位置する第1のアンテナ12と、基準アンテナ位置 $x_0$ に位置する基準アンテナ14とを備える。第1のアンテナ12及び基準アンテナ14は、GNSS衛星30の個数(m)に対応する複数(m)のGNSS信号20を受信するように構成されており、ここで、mは5以上の整数である。例えば、このような複数(m)のGNSS信号は、GNSS受信装置10(第1アンテナ12及び基準アンテナ14)から見えるGNSS衛星から来るGNSS信号の一部又は全部である。また、少なくとも5個のGNSS衛星が捕捉され、追跡されていることが想定されている。kを整数とし、m個のGNSS信号のうち、k番目のGNSS信号20-kがk番目のGNSS衛星30-kに対応している。m個のGNSS衛星30のうち、例えば視野内で最高度にあるGNSS衛星30の1つを基準衛星(0番目のGNSS衛星)とし、対応するGNSS信号を基準信号(k=0)とする。

20

【0024】

尚、GNSS衛星は、2つ以上の周波数帯域を使用して送信してもよい、すなわち、2つ以上のGNSS信号を送信してもよいことに留意すべきである。このような場合、GNSS受信機10は、1つのGNSS衛星からの複数のGNSS信号を受信してもよく、これらの信号は、別々のGNSS信号として捕捉され、追跡され、処理される。

30

【0025】

図1に示すように、GNSS受信機10は、ドローンや移動車両などのローバー40上に配置されていてもよい。このように、第1のアンテナ12と基準アンテナ14との間の距離は、数センチメートルから数メートルの範囲であってもよい。本発明を実施するGNSS受信機10は、信号処理装置(プロセッサ)として構成されていてもよいし、CPU、メモリ(RAM、ROM)等を含むコンピュータとして構成されていてもよい。また、後述するGNSS受信機10の機能や処理ブロックは、それぞれの機能を実現するソフトウェア/コンピュータプログラムによって実現されてもよく、その一部または全部がハードウェアによって実現されてもよい。

40

【0026】

図2は、第1アンテナ12及び基準アンテナ14を有するGNSS受信機10の例を模式的に示す。図2に示すように、GNSS受信機10は、フロントエンド40、信号処理ブロック42、およびアプリケーション処理ブロック44を含む。フロントエンド40は、第1アンテナ12及び基準アンテナ14によって受信された受信GNSS信号をダウンコンバート、フィルタリング、増幅、およびデジタル化する。信号処理ブロック42は、GNSS信号を捕捉して追跡し、測定値やナビゲーションデータ、その他の付加的な信号

50

情報を生成する。例えば、信号処理ブロック 4 2 は、ベースバンド処理を実行し、コード擬似距離や搬送波位相の測定値などの観測値やナビゲーションデータを提供する。また、ドップラー周波数、キャリア対ノイズ比、またはロックインジケータなどの付加的情報を提供してもよい。アプリケーション処理ブロック 4 4 は、測定値（観測値）とナビゲーションデータを用いて様々な計算を実行し、位置・速度・タイミング（PVT）情報などの情報を生成する。また、GNSS受信機 1 0 は、信号送信機 4 6 とメモリ（図示せず）とを含んでいてもよい。

【0027】

図 1 に示すように、スプーフィング攻撃者は、スプーファアンテナ 5 2 を有するスプーファ装置などのスプーファ 5 0 を設置し、そこから偽装された（偽の）GNSS 信号 6 0（60 - k）をブロードキャストしてもよい。ここで、GNSS 信号 6 0 - k は、k を整数として、k 番目の真正な GNSS 信号に対応する k 番目の偽装 GNSS 信号を表している。スプーファ 4 0「correction: 5 0」には、スプーフィングの標的である GNSS 受信機 1 0 から見える可能性のある GNSS 衛星 3 0 が既知であると想定される。典型的には、スプーファ 5 0 は、そのような偽装 GNSS 信号 6 0 - k をまず小さな出力で送信し始め、その後、次第に出力を増加することにより、はるかに強い偽装 GNSS 信号 6 0 - k によって GNSS 衛星 2 0 - k からの真正 GNSS 信号 3 0 - k を乗っ取ってしまう。従って、一度スプーフィングが発生した場合、GNSS 受信機 1 0 によって受信され追跡されている GNSS 信号の全てが偽装 GNSS 信号 6 0 - k であると想定される。また、スプーファ 5 0 は、単一の送信アンテナ（スプーファアンテナ）5 2 を使用している

10

20

【0028】

本発明の一実施形態による GNSS 受信機 1 0 を使用することにより、そのようなスプーフィングをリアルタイムキネティック（RTK）測位において検出することができる。スプーファ 5 0 により、GNSS 受信機 1 0 から見える m 個の GNSS 衛星 3 0 - k の一部または全部に対応する偽装 GNSS 信号 6 0 - k が送信されるかもしれない。従って、このようなスプーフィング攻撃の危険性の下では、GNSS 受信機 1 0 によって受信され追跡される GNSS 信号が正当な GNSS 信号 3 0 - k である場合も有れば、そうでない場合もある。本発明の一実施形態によれば、GNSS 受信機 1 0 は、以下に説明するように、RTK 測位によってスプーフィング検出を実行する。

30

【0029】

スプーフィングが発生していない場合、搬送波の位相（距離）に関連する RTK 測位のための基本的な方程式は以下のように定義される。

【数 5 4】

$$L_0^k = |x^k - x_0| + C(\tau_0 - \tau^k) + \lambda N_0^k$$

$$L_1^k = |x^k - x_1| + C(\tau_1 - \tau^k) + \lambda N_1^k$$

ここで、k は k 番目の GNSS 衛星の衛星番号であり、変数やパラメータが k 番目の GNSS 衛星のものであることを示している。L は搬送波位相の観測値、 $x^k$  は k 番目の GNSS 衛星の位置、 $x_0$  と  $x_1$  は基準アンテナ位置  $x_0$  と第 1 アンテナ位置  $x_1$  におけるクロックバイアス、 $N_0^k$  は k 番目の GNSS 衛星のクロックバイアス、

40

【数 5 5】

$$N_0^k$$

及び

【数 5 6】

50

$N_0^k$ 

は、各々 k 番目の G N S S 衛星の基準アンテナ位置  $x_0$  及び第 1 アンテナ位置  $x_1$  における整数値バイアス（搬送波位相のアンビギュイティ）、 $c$  は光速、そして  $\lambda$  は搬送波の波長である。

【 0 0 3 0 】

第 1 のアンテナ位置  $x_1$  と基準アンテナ位置  $x_0$  との間の基準線ベクトル  $\Delta$  が  $x_1 = x_0 + \Delta$  を満たすとすると、図 2 及び図 3 A に示すように、第 1 のアンテナ位置  $x_1$  と基準アンテナ位置  $x_0$  との間の搬送波位相の観測値  $L$  の一重差は、次式で表される。

10

【数 5 7】

$$\begin{aligned} L_{10}^k &= |x^k - x_1| - |x^k - x_0| + c\tau_{10} + \lambda N_{10}^k \\ &= |x^k - x_0 - \Delta| - |x^k - x_0| + c\tau_{10} + \lambda N_{10}^k \\ &\cong -\frac{(x^k - x_0)^T}{|x^k - x_0|} \Delta + c\tau_{10} + \lambda N_{10}^k \\ &= -e_k^T \Delta + c\tau_{10} + \lambda N_{10}^k \end{aligned}$$

20

ここで

【数 5 8】

$$\frac{(x^k - x_0)^T}{|x^k - x_0|}$$

は、図 3 A に示すように、基準アンテナ 1 4 から k 番目の衛星までの視線方向の単位方向ベクトルであり、 $e_k$  に設定されている。

【 0 0 3 1 】

従って、上述したように、利用可能な各 G N S S 衛星の位置情報を用いて、第 1 の一重差

【数 5 9】

30

 $L_{10}^k$ 

を、基準アンテナ 1 4 から k 番目の衛星 3 0 - k までの視線方向の単位方向ベクトル  $e_k$  と、第 1 のアンテナ位置  $x_1$  と基準アンテナ位置  $x_0$  との間の基線ベクトル  $\Delta$  との関数として、第 1 の整数バイアス

【数 6 0】

 $N_{10}^k$ 

40

と共に予測する。

【 0 0 3 2 】

基準衛星の衛星番号 k を 0 とし、衛星間で一重差

【数 6 1】

 $L_{10}^k$ 

の一重差をとる（すなわち、アンテナ位置間での差分を、さらに衛星位置間で差分する搬送波位相  $L$  の二重差）を取ることにより、以下の式（ 1 ）が得られる。

【数 6 2】

50

$$L_{10}^{k0} = -e_{k0}^T \Delta + \lambda N_{10}^{k0} \quad (1)$$

【 0 0 3 3 】

すなわち、二重差

【数 6 3】

$$L_{10}^{k0}$$

が、k 番目の G N S S 信号について予測された第 1 の一重差

10

【数 6 4】

$$L_{10}^k$$

及び基準 G N S S 信号について予測された一重差

【数 6 5】

$$L_{10}^0$$

に基づいて、k 番目の G N S S 衛星の単位ベクトル  $e_k$  と基準衛星の単位ベクトル  $e_0$  との間の差分ベクトル  $e_{k0}$  と、基準線ベクトル との関数として、第 2 の整数バイアス

20

【数 6 6】

$$N_{10}^{k0}$$

と共に予測される。単位方向ベクトル  $e_k$  と基準単位ベクトル  $e_0$  との間の差分ベクトル  $e_{k0}$  は、図 3 B に示されている。この関係式 ( 1 ) を用いて、R K T 測位が行われる。

【 0 0 3 4 】

一方、k 番目の G N S S 衛星に対応する偽物または偽装 G N S S 信号 6 0 - k がスプーファ位置  $x_s$  にあるスプーファアンテナ 5 2 から送信された場合、スプーファ信号 6 0 - k に対する搬送波位相の R T K 測位式は以下ようになる。

30

【数 6 7】

$$L_0^k = |x_s - x_0| + C(\tau_0 - T^k) + \lambda N_0^k$$

$$L_1^k = |x_s - x_1| + C(\tau_1 - T^k) + \lambda N_1^k$$

ここで、 $T^k$  は、G N S S 受信機 1 0 に誤った位置を計算させるために、スプーファ 5 0 によって意図的に印加されたクロックバイアスである。

【 0 0 3 5 】

アンテナ位置間及び偽装された衛星位置間 ( すなわち、全ての G N S S 信号  $k = 0, 1, 2, \dots, m$  に対して同じスプーファアンテナ位置  $x_s$  ) の搬送波位相 L の二重差を取ることににより、以下の式が得られる。

40

【数 6 8】

$$L_{10}^{k0} = \lambda N_{10}^{k0} \quad (2)$$

【 0 0 3 6 】

すなわち、G N S S 信号に対応する G N S S 衛星から来ていると仮定し、アプリケーションプロセッサ内の R T K エンジンが ( 1 ) 式を用いて基線ベクトル及び搬送波位相アンビギュイティの推定又は予測値 \* 及び

50

【数 6 9】

$$*N_{10}^{k0}$$

( \* は推定値であることを示す ) を算出する場合、 R T K エンジン は、 次の式を解くことになる。

【数 7 0】

$$L_{10}^{k0} = \lambda N_{10}^{k0} = -e_{k0}^T * \Delta + \lambda * N_{10}^{k0}$$

10

【 0 0 3 7】

アンビギュイティ決定 ( A R ) が成功した場合、推定された搬送波位相アンビギュイティと観測値とが一致しなければならない。すなわち、

【数 7 1】

$$*N_{10}^{k0} = N_{10}^{k0}$$

$$\Delta = 0$$

となる。

【 0 0 3 8】

すなわち、基線ベクトル 0 となるアンビギュイティのフィックス解が見い出された場合、スプーフィングが発生しているとみなすことができる。従って、この方法により、単一の送信アンテナを用いたスプーフィングや、単一のアンテナを用いたミーコニングを検出することができる。

20

【 0 0 3 9】

本発明の一実施形態によれば、スプーフィング検出は、 G N S S 受信機 1 0 のアプリケーション処理ブロック ( プロセッサ ) 4 4 によって実行されてもよい。図 4 は、本発明の一実施形態に従ったアプリケーション処理ブロック 4 4 の一例を模式的に示す。アプリケーション処理ブロック 4 4 は、二重差計算部 6 2、二重差予測部 6 4、R T K エンジン 6 6、及びスプーフィング検出部 6 8 を含む。なお、二重差計算部 6 2、二重差予測部 6 4、及びスプーフィング検出部 6 8 の一部または全部が、R T K エンジン 6 6 の一部として実装されていてもよいことに留意すべきである。

30

【 0 0 4 0】

二重差算出部 6 2 は、 k 番目の G N S S 信号の第 1 の一重差

【数 7 2】

$$L_{10}^k$$

と基準信号の第 1 の一重差

【数 7 3】

$$L_{10}^0$$

40

との間の二重差

【数 7 4】

$$L_{10}^{k0}$$

を求める。ここで、第 1 の一重差

【数 7 5】

50

$$L_{10}^k$$

は、GNSS信号20-kの、(第1のアンテナで受信された)第1の搬送波位相  
【数76】

$$L_1^k$$

と、(基準アンテナで受信された)基準搬送波位相  
【数77】

10

$$L_0^k$$

との差であり、第1の一重差  
【数78】

$$L_{10}^0$$

は、基準信号(すなわち、 $k=0$ )の、(第1のアンテナで受信された)第1の搬送波位相  
【数79】

20

$$L_1^0$$

と、(基準アンテナで受信された)基準搬送波位相  
【数80】

$$L_0^0$$

との差である。このように、二重差算出部60「62」は、信号処理ブロック42から得  
た測定値(第1の搬送波位相

30

【数81】

$$L_1^k$$

と基準搬送波位相

【数82】

$$L_0^k$$

)に基づいて、二重差

40

【数83】

$$L_{10}^{k0}$$

を算出する。

【0041】

一方、二重差算出部62「二重差予測部64」は、まず、第1の一重差

【数84】

$$L_{10}^k$$

50

を、第 1 のアンテナ 1 2 と基準アンテナ 1 4 との間の単位ベクトル  $e_k$  と基線ベクトルとの関数として、第 1 の整数バイアス

【数 8 5】

$$N_{10}^k$$

と共に取得（予測）する。ここで、単位ベクトル  $e_k$  は、基準アンテナ 1 4（基準位置  $x_0$ ）から  $k$  番目の衛星 3 0 -  $k$  までの視線方向の単位ベクトルである。そして更に、二重差算出部 6 2「二重差予測部 6 4」は、二重差

【数 8 6】

$$L_{10}^{k0}$$

を、単位方向ベクトル  $e_k$  と基準単位ベクトル  $e_0$  との差分ベクトル  $e_{k0}$  と、基準線ベクトルとの関数として、第 2 の整数バイアス

【数 8 7】

$$N_{10}^{k0}$$

と共に、予測する。ここで、基準単位ベクトル  $e_0$  は、基準アンテナ 1 4（基準位置  $x_0$ ）から基準衛星 3 0 -  $k$  までの視線方向の単位ベクトルである。

【0 0 4 2】

R T K エンジン 6 6 は、二重差算出部 6 2 から得られた測定二重差

【数 8 8】

$$L_{10}^{k0}$$

と、二重差予測部 6 4 から得られた予測二重差

【数 8 9】

$$L_{10}^{k0}$$

とに基づいて、R T K 測位を実行して、アンビギュイティ決定と共に P V T 解を算出することにより、基線ベクトル と第 1 「\* 2」の整数バイアス

【数 9 0】

$$N_{10}^{k0}$$

とを推定する。スプーフィング検出部 6 8 は、アンビギュイティ決定により基線ベクトル  $= 0$  である解が得られた場合、すなわち基線ベクトル  $= 0$  である場合にアンビギュイティのフィックス解が得られた場合に、スプーフィングが発生したと判定する。スプーフィング発生が検出された場合には、警告信号を生成して送信機 4 6 を介して送信したり、誤った情報が他のアプリケーションで使用されることを避けるために、R T K 測位処理を所定時間停止させてもよい。

【0 0 4 3】

図 5 は、本発明の一実施形態による、第 1 のアンテナ位置にある第 1 のアンテナと基準アンテナ位置にある基準アンテナとを有する G N S S 受信機におけるスプーフィング検出方法のプロセスステップを示す。図 5 に示すように、複数（ $m$  個）の G N S S 衛星に対応する複数（ $m$  個）の G N S S 信号が第 1 アンテナおよび基準アンテナで受信される（1 0 0）。 $m$  個の G N S S 衛星は、G N S S 受信機から見える G N S S 衛星の一部または全部

10

20

30

40

50

である。アンテナ位置から見える可能性のあるGNSS衛星は、エフェメリスデータなどの衛星位置情報を含む利用可能なアシスト情報から知ることができる。スプーフィングの可能性がある場合、受信中のGNSS信号は、実際にGNSS衛星から来ているかもしれないし、そうではないかもしれない、GNSS受信機に分からないようにスプーファアンテナから送信されている可能性もある。このようなスプーフィングが発生した場合、受信しているGNSS信号はすべて偽装GNSS信号であると仮定する。

【0044】

GNSS衛星のうちの1つを基準衛星とし、対応するGNSS信号を基準信号 ( $k = 0$ ) とする (102)。搬送波位相測定処理を用いて、第1アンテナで受信された複数のGNSS信号について第1搬送波位相

10

【数91】

$$L_1^k$$

を求め、基準アンテナで受信された複数のGNSS信号について基準搬送波位相

【数92】

$$L_0^k$$

を求め、各々測定値として取得する (104)。そして、2つのアンテナ間で第1の一重差をとる。すなわち、 $k$  を1から $m$ までの整数とし、 $k$  番目のGNSS衛星に対応するGNSS信号を  $k$  番目のGNSS信号としたときに、この複数のGNSS信号について、第1の搬送波位相

20

【数93】

$$L_1^k$$

と基準搬送波位相

【数94】

$$L_0^k$$

30

との間の第1の一重差

【数95】

$$L_{10}^k$$

を算出する (106)。

【0045】

そして、GNSS衛星間で第2の一重差をとる。すなわち、 $k$  番目のGNSS衛星の第1の一重差

40

【数96】

$$L_{10}^k$$

と基準衛星の第1の一重差

【数97】

$$L_{10}^0$$

50

との間の第 2 の一重差である二重差

【数 9 8】

$$L_{10}^{k0}$$

が算出される ( 1 0 8 )。

【 0 0 4 6】

一方、第 1 の一重差

【数 9 9】

$$L_{10}^k$$

10

は、上述したような利用可能な位置情報を用いることにより、基準アンテナから k 番目の衛星への視線方向の単位ベクトル  $e_k$  と、第 1 のアンテナと基準アンテナとの間の基線ベクトル との関数として、第 1 の整数バイアス

【数 1 0 0】

$$N_{10}^k$$

と共に予測される。従って、二重差

20

【数 1 0 1】

$$L_{10}^{k0}$$

もまた、予測された第 1 の一重差

【数 1 0 2】

$$L_{10}^k$$

と

30

【数 1 0 3】

$$L_{10}^0$$

に基づいて、k 番目の GNSS 衛星の単位ベクトル  $e_k$  と基準衛星の単位ベクトル  $e_0$  の差分ベクトル  $e_{k0}$  と、基線ベクトル との関数として、第 2 の整数バイアス

【数 1 0 4】

$$N_{10}^{k0}$$

40

と共に、予測される ( 1 1 0 )。

【 0 0 4 7】

m 個の GNSS 信号に対する RTK 測位解は、予測二重差

【数 1 0 5】

$$L_{10}^{k0}$$

と、測定工程 ( 1 1 2 ) で得られた算出二重差

【数 1 0 6】

50

$$L_{10}^{k0}$$

とに基づいて、アンビギュイティ決定 (AR) を用いて算出される。アンビギュイティ決定が成功した場合、上述したように、推定された搬送波位相アンビギュイティ

【数 1 0 7】

$$*N_{10}^{k0}$$

と、観測値として得られた搬送波位相アンビギュイティ

【数 1 0 8】

$$N_{10}^{k0}$$

とが一致し、基線ベクトル  $= 0$  での解が得られる。従って、基線ベクトル  $= 0$  でアンビギュイティが決定されたことが判明した場合には、スプーフィングが発生したと判断される (1 1 4)。これらの処理ステップは、上述したアプリケーション処理ブロック 4 4 によって実行されてもよい。なお、スプーフィングが発生したと判定された場合には、処理装置 1 0 から通知を行ってもよいし、測位処理を停止してもよい。例えば、信号送信機 4 6 (図 2 に示す) を用いてこのような通知を行ってもよい。

【0 0 4 8】

本発明の一実施形態によれば、上述の方法は、実行可能なプログラムを格納した、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体として実施されてもよい。このプログラムがマイクロプロセッサに指示することにより、上述の方法が実行される。

【0 0 4 9】

本発明は、いくつかの好ましい実施形態に関して記載されてきたが、本発明の範囲内に入る改変、変更、修正、および様々な代替等価物が存在する。また、本発明の方法および装置を実施するための多くの代替方法が存在することにも留意すべきである。したがって、以下の添付の請求項は、本発明の思想及びその範囲内であるすべての改変、変更、および様々な代替等価物を含むものとして解釈されることが意図される。

10

20

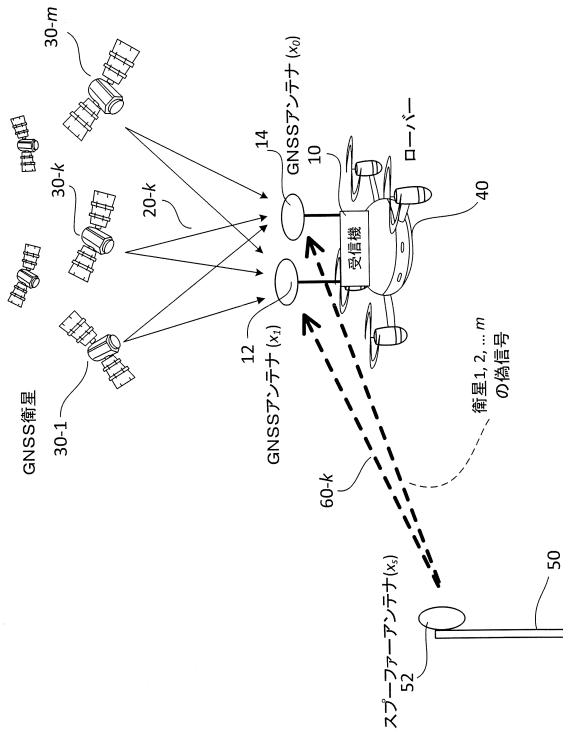
30

40

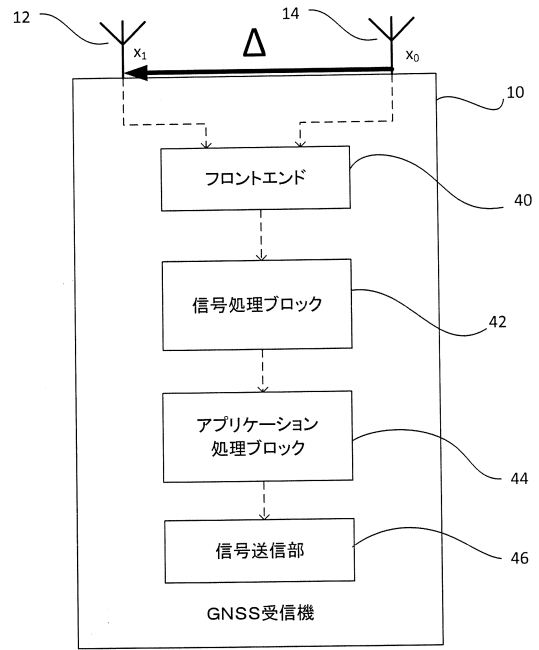
50

【図面】

【図 1】



【図 2】



【図 3】

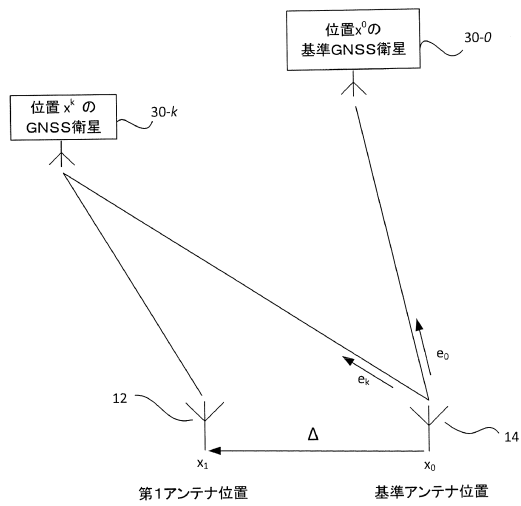
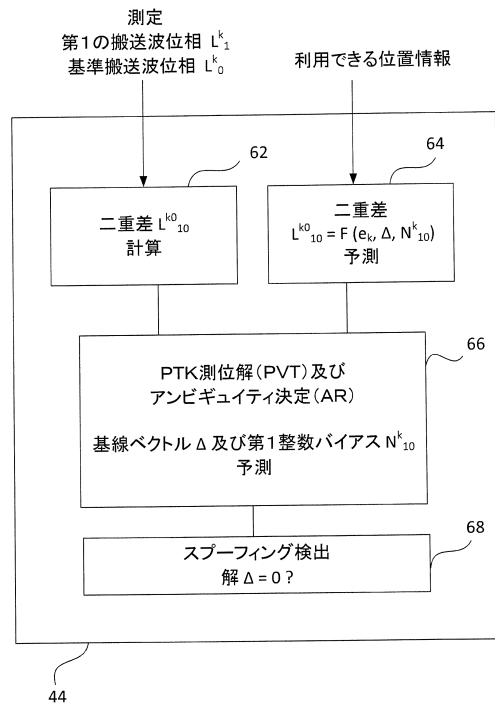


図3A



図3B

【図 4】



10

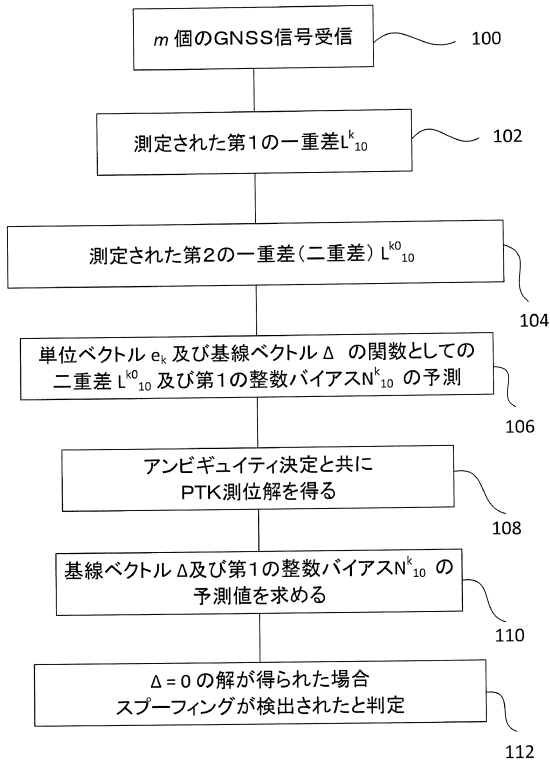
20

30

40

50

【 図 5 】



10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

崎リサーチ・インキュベーションセンター 315号

審査官 山下 雅人

(56)参考文献 米国特許出願公開第2015/0048973 (US, A1)

Ali Jafarnia Jahromi; Ali Broumandan; Geard Lachapelle, Gns signal authenticity verification using carrier phase measurements with multiple receivers, 2016 8th ESA Workshop on Satellite Navigation Technologies and European Workshop on GNSS Signals and Signal Processing (NAVITEC), 米国, IEEE, 2016年12月14日, 1-11, DOI: 10.1109/NAVITEC.2016.7849323

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

G01S19/00 - 19/55