



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년05월16일  
(11) 등록번호 10-1979184  
(24) 등록일자 2019년05월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01S 19/07 (2010.01) G01S 19/29 (2010.01)  
(52) CPC특허분류  
G01S 19/07 (2013.01)  
G01S 19/29 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2019-0029170  
(22) 출원일자 2019년03월14일  
심사청구일자 2019년03월14일  
(30) 우선권주장  
1020180172181 2018년12월28일 대한민국(KR)  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020140026902 A  
KR101667331 B1  
KR101433908 B1  
WO2010077711 A1

(73) 특허권자  
세종대학교산학협력단  
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)  
(72) 발명자  
박병운  
서울특별시 강서구 우장산로 92, 104동 702호(화곡동, 우장산롯데아파트)  
임철순  
경기도 부천시 오정구 고강로56번길 15, 101동 302호(원종동, 보강에버그린빌라)  
(74) 대리인  
김연권

전체 청구항 수 : 총 12 항

심사관 : 변영석

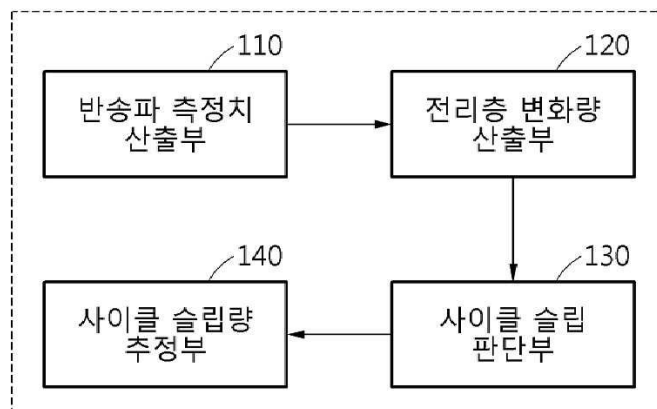
(54) 발명의 명칭 전리층 변화율 추정을 이용한 다중 주파수 위성항법 반송파 측정치의 사이클 슬립 검출장치 및 그 방법

(57) 요약

다중 주파수 위성항법 반송파 측정치의 사이클 슬립 검출장치 및 그 방법에 관한 것으로서, 일실시예에 따른 사이클 슬립 검출장치는 다중 주파수에 대응되는 통합 반송파 측정치를 산출하는 반송파 측정치 산출부와 산출된 통합 반송파 측정치에 반영된 복수의 계수들에 기초하여 복수의 계수 집합을 도출하고, 도출된 복수의 계수 집합 각각을 통해 복수의 전리층 변화량 추정치를 산출하는 전리층 변화량 산출부 및 산출된 복수의 전리층 변화량 추정치 간의 차이값을 산출하고, 산출된 차이값에 기초하여 다중 주파수에서의 사이클 슬립(cycle sleep) 발생 여부를 판단하는 사이클 슬립 판단부를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1

100



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711075702
부처명	과학기술정보통신부
연구관리전문기관	정보통신기획평가원
연구사업명	대학ICT연구센터지원사업
연구과제명	지능형 비행로봇 융합기술 연구
기 여 율	1/1
주관기관	세종대학교 산학협력단
연구기간	2018.06.01 ~ 2021.12.31

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

다중 주파수에 대응되는 통합 반송파 측정치를 산출하는 반송파 측정치 산출부;

상기 산출된 통합 반송파 측정치에 반영된 복수의 계수들에 기초하여 복수의 계수 집합을 도출하고, 상기 도출된 복수의 계수 집합 각각을 통해 복수의 전리층 변화량 추정치를 산출하는 전리층 변화량 산출부 및

상기 산출된 복수의 전리층 변화량 추정치 간의 차이값을 산출하고, 상기 산출된 차이값에 기초하여 상기 다중 주파수에서의 사이클 슬립(cycle sleep) 발생 여부를 판단하는 사이클 슬립 판단부

를 포함하는 사이클 슬립 검출장치.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 반송파 측정치 산출부는

상기 다중 주파수 각각에 대응되는 반송파 측정치를 산출하고, 상기 산출된 각각의 반송파 측정치에 대응되는 상기 복수의 계수들 각각을 상기 산출된 각각의 반송파 측정치에 반영하며, 상기 계수들이 반영된 각각의 반송파 측정치를 합산하여 상기 통합 반송파 측정치를 산출하는

사이클 슬립 검출장치.

#### 청구항 3

제2항에 있어서,

상기 다중 주파수 각각에 대응되는 반송파 측정치는

상기 다중 주파수 각각에서의 전리층 오차값, 반송파 측정치의 잡음값 및 전파파장 중 적어도 하나의 값을 포함하는

사이클 슬립 검출장치.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 전리층 변화량 산출부는

상기 복수의 계수들의 값의 합산 결과가 '0'인 조건을 만족하는 계수들로 구성되는 상기 복수의 계수 집합을 도출하는

사이클 슬립 검출장치.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 사이클 슬립 판단부는

상기 산출된 차이값을 상기 산출된 차이값에 대응되는 임계값과 비교하고, 상기 비교 결과에 기초하여 상기 사이클 슬립 발생 여부를 판단하는

사이클 슬립 검출장치.

#### 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 사이클 슬립 판단부는

상기 산출된 차이값에 대응되는 전리층 변화율 측정치 잡음을 산출하고, 상기 산출된 전리층 변화율 측정치 잡음에 기초하여 상기 산출된 차이값에 대응되는 임계값을 산출하는

사이클 슬립 검출장치.

#### 청구항 7

제1항에 있어서,

상기 산출된 복수의 전리층 변화량 추정치의 시간 차분값을 산출하고, 상기 산출된 시간 차분값에 따른 전리층 변화량 오차값에 기초하여 상기 다중 주파수 각각에서의 사이클 슬립 발생량을 추정하는 사이클 슬립량 추정부를 더 포함하는 사이클 슬립 검출장치.

#### 청구항 8

반송파 측정치 산출부에서, 다중 주파수에 대응되는 통합 반송파 측정치를 산출하는 단계;

전리층 변화량 산출부에서, 상기 산출된 통합 반송파 측정치에 반영된 복수의 계수들에 기초하여 복수의 계수 집합을 도출하고, 상기 도출된 복수의 계수 집합 각각을 통해 복수의 전리층 변화량 추정치를 산출하는 단계 및

사이클 슬립 판단부에서, 상기 산출된 복수의 전리층 변화량 추정치 간의 차이값을 산출하고, 상기 산출된 차이값에 기초하여 상기 다중 주파수에서의 사이클 슬립(cycle sleep) 발생 여부를 판단하는 단계

를 포함하는 사이클 슬립 검출방법.

#### 청구항 9

제8항에 있어서,

상기 통합 반송파 측정치를 산출하는 단계는

상기 다중 주파수 각각에 대응되는 반송파 측정치를 산출하고, 상기 산출된 각각의 반송파 측정치에 대응되는 상기 복수의 계수들 각각을 상기 산출된 각각의 반송파 측정치에 반영하며, 상기 계수들이 반영된 각각의 반송파 측정치를 합산하여 상기 통합 반송파 측정치를 산출하는

사이클 슬립 검출방법.

#### 청구항 10

제8항에 있어서,

상기 복수의 전리층 변화량 추정치를 산출하는 단계는

상기 복수의 계수들의 값의 합산 결과가 '0'인 조건을 만족하는 계수들로 구성되는 상기 복수의 계수 집합을 도출하는

사이클 슬립 검출방법.

#### 청구항 11

제8항에 있어서,

상기 사이클 슬립 발생 여부를 판단하는 단계는

상기 산출된 차이값을 상기 산출된 차이값에 대응되는 임계값과 비교하고, 상기 비교 결과에 기초하여 상기 사이클 슬립 발생 여부를 판단하는

사이클 슬립 검출방법.

#### 청구항 12

제8항에 있어서,

사이클 슬립량 추정부에서, 상기 산출된 복수의 전리층 변화량 추정치의 시간 차분값을 산출하는 단계;

상기 사이클 슬립량 추정부에서, 상기 산출된 시간 차분값에 따른 전리층 변화량 오차값을 산출하는 단계 및

상기 사이클 슬립량 추정부에서, 상기 산출된 변화량 오차값에 기초하여 상기 다중 주파수 각각에서의 사이클 슬립 발생량을 추정하는 단계

를 더 포함하는 사이클 슬립 검출방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

- [0001] 다중 주파수 위성항법 반송파 측정치의 사이클 슬립 검출장치 및 그 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 전리층 변화율 추정을 이용하여 다중 주파수 위성항법 반송파 측정치의 사이클 슬립을 검출 및 보정하는 기술적 사상에 관한 것이다.

### 배경 기술

- [0002] 위성항법 의사거리 측정치( $\rho$ )는 측정치의 잡음이 0.3~1m 수준으로 높으나 측위에 필요한 거리정보로 그대로 사용할 수 있는 반면, 반송파 위상 측정치( $\Phi$ )는 잡음 수준이 0.2m 수준으로 매우 정밀한 반면, 측정치에 포함된 미지정수를 결정해야만 측위를 수행할 수 있다는 단점이 있다.
- [0003] RTK(real time kinematics)나 PPP(precise point position)과 같은 정밀 측위의 경우 미지정수를 결정하거나 플로트(float) 모드에서도 정확도에 지장을 받지 않을 수준으로 수렴시키는 경우 cm급 측위가 가능하다.
- [0004] 그러나 기 결정된 미지정수와 수렴된 플로트항을 이용하여 cm 측위를 계속해서 수행하기 위해서는 사용자가 측위에 사용하는 반송파 측정치의 미지정수가 변하지 않는, 즉 사이클 슬립(cycle slip)이 일어나지 않는다는 전제가 필요하다.
- [0005] 최근에는 이러한 사이클 슬립을 감지하기 위하여 다양한 방법들이 제시되고 있다.
- [0006] 그러나 기존의 방법들은 지오메트릭 텀(geometric term)인  $G(t)$ 가 포함된 다중 주파수 측정치 조합을 사용하므로, 기준국 간의 베이스 라인(baseline) 길이를 이용한 방법을 사용하거나 의사거리 측정치 조합으로부터 미지정수를 추정하는 방법 등을 사용하고 있다. 이 경우 정적 사용자의 경우 적용이 불가능하거나, 다중 경로 오차로 인해 의사거리 측정치의 오차가 큰 경우 사이클 슬립의 검출이 불가능하다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

- [0007] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1433908호, "GNSS 데이터 품질 평가 방법 및 시스템"

### 비특허문헌

- [0008] (비특허문헌 0001) Donguk Kim, et al, "A New Algorithm for High-Integrity Detection and Compensation of Dual-Frequency Cycle Slip under Severe Ionospheric Storm Conditions", Sensors 2018, 18(11), 3654
- (비특허문헌 0002) Gu, X.; Zhu, B. Detection and Correction of Cycle Slip in Triple-Frequency GNSS Positioning. IEEE Access 2017, 5, 12584-12595
- (비특허문헌 0003) Liu, W.; Jin, X.; Wu, M.; Hu, J.; Wu, Y. A New Real-Time Cycle Slip Detection and Repair Method Under High Ionospheric Activity for a Triple-frequency GPS/BDS Receiver. Sensors 2018, 18, 427

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0009] 본 발명은 지오메트릭 텀(geometric term)이 포함되지 않아 수신기의 위치에 대한 정보가 불필요하여 동적 사용자에게도 적용 가능한 사이클 슬립 검출장치 및 그 방법을 제공하고자 한다.
- [0010] 또한, 본 발명은 코드나 반송파의 다중 경로오차가 인가되는 환경에서도 반사 경로가 동일하므로 연속적인 사이클 슬립을 검출할 수 있는 사이클 슬립 검출장치 및 그 방법을 제공하고자 한다.
- [0011] 또한, 본 발명은 서로 다른 조합으로 산출된 복수의 전리층 변화량 추정치에 기초하여 사이클 슬립 여부 및 검출량을 판단함으로써 사이클 슬립 검출 및 보정의 정확도를 향상시킬 수 있는 사이클 슬립 검출장치 및 그 방법을 제공하고자 한다.

### 과제의 해결 수단

- [0012] 일실시예에 따른 사이클 슬립 검출장치는 다중 주파수에 대응되는 통합 반송파 측정치를 산출하는 반송파 측정치 산출부와 산출된 통합 반송파 측정치에 반영된 복수의 계수들에 기초하여 복수의 계수 집합을 도출하고, 도출된 복수의 계수 집합 각각을 통해 복수의 전리층 변화량 추정치를 산출하는 전리층 변화량 산출부 및 산출된 복수의 전리층 변화량 추정치 간의 차이값을 산출하고, 산출된 차이값에 기초하여 다중 주파수에서의 사이클 슬립(cycle sleep) 발생 여부를 판단하는 사이클 슬립 판단부를 포함할 수 있다.
- [0013] 일측에 따르면, 반송파 측정치 산출부는 다중 주파수 각각에 대응되는 반송파 측정치를 산출하고, 산출된 각각의 반송파 측정치에 대응되는 복수의 계수들 각각을 산출된 각각의 반송파 측정치에 반영하며, 계수들이 반영된 각각의 반송파 측정치를 합산하여 통합 반송파 측정치를 산출할 수 있다.
- [0014] 일측에 따르면, 다중 주파수 각각에 대응되는 반송파 측정치는 다중 주파수 각각에서의 전리층 오차값, 반송파 측정치의 잡음값 및 전파파장 중 적어도 하나의 값을 포함할 수 있다.
- [0015] 일측에 따르면, 전리층 변화량 산출부는 복수의 계수들의 값의 합산 결과가 '0'인 조건을 만족하는 계수들로 구성되는 복수의 계수 집합을 도출할 수 있다.
- [0016] 일측에 따르면, 사이클 슬립 판단부는 산출된 차이값을 산출된 차이값에 대응되는 임계값과 비교하고, 비교 결과에 기초하여 사이클 슬립 발생 여부를 판단할 수 있다.
- [0017] 일측에 따르면, 사이클 슬립 판단부는 산출된 차이값에 대응되는 전리층 변화율 측정치 잡음을 산출하고, 산출된 전리층 변화율 측정치 잡음에 기초하여 산출된 차이값에 대응되는 임계값을 산출할 수 있다.
- [0018] 일측에 따르면, 사이클 슬립 검출장치는 산출된 복수의 전리층 변화량 추정치의 시간 차분값을 산출하고, 산출된 시간 차분값에 따른 전리층 변화량 오차값에 기초하여 다중 주파수 각각에서의 사이클 슬립 발생량을 추정하는 사이클 슬립량 추정부를 더 포함할 수 있다.
- [0019] 일실시예에 따른 사이클 슬립 검출방법은 반송파 측정치 산출부에서, 다중 주파수에 대응되는 통합 반송파 측정치를 산출하는 단계와 전리층 변화량 산출부에서, 산출된 통합 반송파 측정치에 반영된 복수의 계수들에 기초하여 복수의 계수 집합을 도출하고, 도출된 복수의 계수 집합 각각을 통해 복수의 전리층 변화량 추정치를 산출하는 단계 및 사이클 슬립 판단부에서, 산출된 복수의 전리층 변화량 추정치 간의 차이값을 산출하고, 산출된 차이값에 기초하여 다중 주파수에서의 사이클 슬립(cycle sleep) 발생 여부를 판단하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0020] 일측에 따르면, 통합 반송파 측정치를 산출하는 단계는 다중 주파수 각각에 대응되는 반송파 측정치를 산출하고, 산출된 각각의 반송파 측정치에 대응되는 복수의 계수들 각각을 산출된 각각의 반송파 측정치에 반영하며, 계수들이 반영된 각각의 반송파 측정치를 합산하여 통합 반송파 측정치를 산출할 수 있다.
- [0021] 일측에 따르면, 복수의 전리층 변화량 추정치를 산출하는 단계는 복수의 계수들의 값의 합산 결과가 '0'인 조건을 만족하는 계수들로 구성되는 복수의 계수 집합을 도출할 수 있다.
- [0022] 일측에 따르면, 사이클 슬립 발생 여부를 판단하는 단계는 산출된 차이값을 산출된 차이값에 대응되는 임계값과 비교하고, 비교 결과에 기초하여 사이클 슬립 발생 여부를 판단할 수 있다.

[0023] 일측에 따르면, 사이클 슬립 검출방법은 사이클 슬립량 추정부에서, 산출된 복수의 전리층 변화량 추정치의 시간 차분값을 산출하는 단계와 사이클 슬립량 추정부에서, 산출된 시간 차분값에 따른 전리층 변화량 오차값을 산출하는 단계 및 사이클 슬립량 추정부에서, 산출된 변화량 오차값에 기초하여 다중 주파수 각각에서의 사이클 슬립 발생량을 추정하는 단계를 더 포함할 수 있다.

### 발명의 효과

[0024] 일실시예에 따르면, 기오메트릭 텀(geometric term)이 포함되지 않아 수신기의 위치에 대한 정보가 불필요하여 동적 사용자도 용이하게 사이클 슬립을 검출할 수 있다.

[0025] 일실시예에 따르면, 코드나 반송파의 다중 경로오차가 인가되는 환경에서도 반사 경로가 동일하므로 연속적인 사이클 슬립을 검출할 수 있다.

[0026] 일실시예에 따르면, 서로 다른 조합으로 산출된 복수의 전리층 변화량 추정치에 기초하여 사이클 슬립 여부 및 검출량을 판단함으로써 사이클 슬립 검출 및 보정의 정확도를 향상시킬 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 일실시예에 따른 사이클 슬립 검출장치를 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 일실시예에 따른 사이클 슬립 검출방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 일실시예에 따른 사이클 슬립 검출방법에서 복수의 전리층 변화량 추정치를 산출하고 사이클 슬립 발생 여부를 판단하는 예시를 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 일실시예에 따른 사이클 슬립 검출방법에서 사이클 슬립 발생량을 추정하는 예시를 설명하기 위한 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 이하, 본 문서의 다양한 실시 예들이 첨부된 도면을 참조하여 기재된다.

[0029] 실시 예 및 이에 사용된 용어들은 본 문서에 기재된 기술을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 해당 실시 예의 다양한 변경, 균등물, 및/또는 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0030] 하기에서 다양한 실시 예들을 설명에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.

[0031] 그리고 후술되는 용어들은 다양한 실시 예들에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0032] 도면의 설명과 관련하여, 유사한 구성요소에 대해서는 유사한 참조 부호가 사용될 수 있다.

[0033] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함할 수 있다.

[0034] 본 문서에서, "A 또는 B" 또는 "A 및/또는 B 중 적어도 하나" 등의 표현은 함께 나열된 항목들의 모든 가능한 조합을 포함할 수 있다.

[0035] "제1," "제2," "첫째," 또는 "둘째," 등의 표현들은 해당 구성요소들을, 순서 또는 중요도에 상관없이 수식할 수 있고, 한 구성요소를 다른 구성요소와 구분하기 위해 사용될 뿐 해당 구성요소들을 한정하지 않는다.

[0036] 어떤(예: 제1) 구성요소가 다른(예: 제2) 구성요소에 "(기능적으로 또는 통신적으로) 연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 어떤 구성요소가 상기 다른 구성요소에 직접적으로 연결되거나, 다른 구성요소(예: 제3 구성요소)를 통하여 연결될 수 있다.

[0037] 본 명세서에서, "~하도록 구성된(또는 설정된)(configured to)"은 상황에 따라, 예를 들면, 하드웨어적 또는 소프트웨어적으로 "~에 적합한," "~하는 능력을 가지는," "~하도록 변경된," "~하도록 만들어진," "~를 할 수 있는," 또는 "~하도록 설계된"과 상호 호환적으로(interchangeably) 사용될 수 있다.

[0038] 어떤 상황에서는, "~하도록 구성된 장치"라는 표현은, 그 장치가 다른 장치 또는 부품들과 함께 "~할 수 있는"

것을 의미할 수 있다.

- [0039] 예를 들면, 문구 "A, B, 및 C를 수행하도록 구성된(또는 설정된) 프로세서"는 해당 동작을 수행하기 위한 전용 프로세서(예: 임베디드 프로세서), 또는 메모리 장치에 저장된 하나 이상의 소프트웨어 프로그램들을 실행함으로써, 해당 동작들을 수행할 수 있는 범용 프로세서(예: CPU 또는 application processor)를 의미할 수 있다.
- [0040] 또한, '또는'이라는 용어는 배타적 논리합 'exclusive or' 이기보다는 포함적인 논리합 'inclusive or' 를 의미한다.
- [0041] 즉, 달리 언급되지 않는 한 또는 문맥으로부터 명확하지 않는 한, 'x가 a 또는 b를 이용한다'라는 표현은 포함적인 자연 순열들(natural inclusive permutations) 중 어느 하나를 의미한다.
- [0043] 상술한 구체적인 실시예들에서, 발명에 포함되는 구성 요소는 제시된 구체적인 실시 예에 따라 단수 또는 복수로 표현되었다.
- [0044] 그러나, 단수 또는 복수의 표현은 설명의 편의를 위해 제시한 상황에 적합하게 선택된 것으로서, 상술한 실시예들이 단수 또는 복수의 구성 요소에 제한되는 것은 아니며, 복수로 표현된 구성 요소라 하더라도 단수로 구성되거나, 단수로 표현된 구성 요소라 하더라도 복수로 구성될 수 있다.
- [0045] 한편 발명의 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였으나, 다양한 실시 예들이 내포하는 기술적 사상의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다.
- [0046] 그러므로 본 발명의 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니되며 후술하는 청구범위뿐만 아니라 이 청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.
- [0048] 도 1은 일실시예에 따른 사이클 슬립 검출장치를 설명하기 위한 도면이다.
- [0049] 도 1을 참조하면, 일실시예에 따른 사이클 슬립 검출장치(100)는 기하메트릭 텀(geometric term)이 포함되지 않아 수신기의 위치에 대한 정보가 불필요하여 동적 사용자에도 적용할 수 있다.
- [0050] 또한, 사이클 슬립 검출장치(100)는 코드나 반송파의 다중 경로오차가 인가되는 환경에서도 반사 경로가 동일하므로 연속적인 사이클 슬립을 검출할 수 있다.
- [0051] 또한, 사이클 슬립 검출장치(100)는 서로 다른 조합으로 산출된 복수의 전리층 변화량 추정치에 기초하여 사이클 슬립 여부 및 검출량을 판단함으로써 사이클 슬립 검출 및 보정의 정확도를 향상시킬 수 있다.
- [0052] 이를 위해, 일실시예에 따른 사이클 슬립 검출장치(100)는 반송파 측정치 산출부(110), 전리층 변화량 산출부(120) 및 사이클 슬립 판단부(130)를 포함할 수 있다.
- [0053] 구체적으로, 일실시예에 따른 반송파 측정치 산출부(110)는 다중 주파수에 대응되는 통합 반송파 측정치  $(\Phi_{ai+bj+ck}(t))$ 를 산출할 수 있다.
- [0054] 예를 들면, 다중 주파수는 적어도 셋 이상의 주파수로 구성될 수 있고, GPS(global positioning system) 시스템인 경우에 다중 주파수는 L1 주파수, L2 주파수 및 L5 주파수일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0055] 이하에서는 다중 주파수를  $i$  주파수,  $j$  주파수 및  $k$  주파수로 구성되는 3중 주파수로 설명하나, 일실시예에 따른 다중 주파수는 이에 한정되지 않고 셋 이상의 주파수로 구성될 수 있다.
- [0056] 일측에 따르면, 반송파 측정치 산출부(110)는 다중 주파수( $i, j, k$ ) 각각에 대응되는 반송파 측정치( $\Phi_i(t), \Phi_j(t), \Phi_k(t)$ )를 산출할 수 있다.
- [0057] 또한, 다중 주파수( $i, j, k$ ) 각각에 대응되는 반송파 측정치( $\Phi_i(t), \Phi_j(t), \Phi_k(t)$ )는 다중 주파수 각각에서의 전리층 오차값, 반송파 측정치의 잡음값 및 전파파장 중 적어도 하나의 값을 포함할 수 있다.
- [0058] 바람직하게는, 다중 주파수( $i, j, k$ ) 각각에 대응되는 반송파 측정치( $\Phi_i(t), \Phi_j(t), \Phi_k(t)$ )는 하기 수학식1을 통해 도출될 수 있다.



[0059] [수학식1]

$$\Phi_i(t) = G(t) - I_i(t) + \epsilon_{\Phi_i}(t) + N_i \lambda_i$$

$$\Phi_j(t) = G(t) - \frac{f_j^2}{f_i^2} I_i(t) + \epsilon_{\Phi_j}(t) + N_j \lambda_j$$

$$\Phi_k(t) = G(t) - \frac{f_k^2}{f_i^2} I_i(t) + \epsilon_{\Phi_k}(t) + N_k \lambda_k$$

[0060]

[0061] 여기서,  $\Phi_i(t)$ ,  $\Phi_j(t)$ ,  $\Phi_k(t)$ 는 다중 주파수( $i, j, k$ ) 각각에 대응되는 반송파 측정치,  $G(t)$ 는 지오메트릭 텀(geometry term),  $f_i$ ,  $f_j$  및  $f_k$ 는 다중 주파수( $i, j, k$ ) 각각에 대응되는 주파수 값,  $I_i(t)$ 는  $i$  주파수에 해당하는 전리층 오차값,  $\epsilon_{\Phi}$ 는 각 주파수별 반송파 측정치의 잡음값,  $N$ 은 각 주파수별 미지정수,  $\lambda$ 는 각 주파수별 전파파장값을 의미한다.

[0062] 여기서, 지오메트릭 텀  $G(t)$ 는 측정치 주파수와 무관하게 동일한 텀을 의미할 수 있다.

[0063] 이하에서 설명하는 수학식2 내지 14에서는 상술한 수학식1에서 설명한 내용과 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

[0064] 일측에 따르면, 반송파 측정치 산출부(110)는 산출된 각각의 반송파 측정치( $\Phi_i(t)$ ,  $\Phi_j(t)$ ,  $\Phi_k(t)$ )에 대응되는 복수의 계수들( $a, b, c$ ) 각각을 산출된 각각의 반송파 측정치( $\Phi_i(t)$ ,  $\Phi_j(t)$ ,  $\Phi_k(t)$ )에 반영하며, 계수들( $a, b, c$ )이 반영된 각각의 반송파 측정치( $a\Phi_i(t)$ ,  $b\Phi_j(t)$ ,  $c\Phi_k(t)$ )를 합산하여 통합 반송파 측정치( $\Phi_{ai+bj+ck}(t)$ )를 산출할 수 있다.

[0065] 여기서, 복수의 계수들( $a, b, c$ )은 다중 주파수( $i, j, k$ )를 선형조합하여 새로운 측정치를 생성할 때 사용되는 계수일 수 있다.

[0066] 즉, 일실시예에 따른 통합 반송파 측정치( $\Phi_{ai+bj+ck}(t)$ )는 하기 수학식2를 통해 도출될 수 있다.

[0067] [수학식2]

$$\Phi_{ai+bj+ck}(t) = a\Phi_i(t) + b\Phi_j(t) + c\Phi_k(t)$$

[0068]

[0069] 일실시예에 따른 전리층 변화량 산출부(120)는 산출된 통합 반송파 측정치( $\Phi_{ai+bj+ck}(t)$ )에 반영된 복수의 계수들( $a, b, c$ )에 기초하여 복수의 계수 집합을 도출하고, 도출된 복수의 계수 집합 각각을 통해 복수의 전리층 변화량 추정치( $\delta\hat{I}(t)_{ai+bj+ck}$ )를 산출할 수 있다.

[0070] 일측에 따르면, 전리층 변화량 산출부(120)는 복수의 계수들( $a, b, c$ )의 값의 합산 결과가 '0'인 조건을 만족하는 계수들로 구성되는 복수의 계수 집합을 도출할 수 있다.

[0071] 예를 들면, 전리층 변화량 산출부(120)는 복수의 계수 집합으로 제1 계수 집합인 ( $a_1, b_1, c_1$ ), 제2 계수 집합인 ( $a_2, b_2, c_2$ ) 및 제3 계수 집합인 ( $a_3, b_3, c_3$ )를 도출할 수 있으며, 도출된 복수의 계수 집합 각각은 ' $a_1 + b_1 + c_1 = 0$ ', ' $a_2 + b_2 + c_2 = 0$ ' 및 ' $a_3 + b_3 + c_3 = 0$ '를 만족할 수 있다.

[0072] 보다 구체적으로, 상술한 수학식2는 복수의 계수들( $a, b, c$ )이 ' $a + b + c = 0$ '의 조건을 만족하면,  $G(t)$  항이 모두 사라지므로, 하기 수학식3을 만족할 수 있다.

[0073] [수학식3]

$$-\frac{\Phi_{ai+bj+ck}(t)}{a+(\frac{f_i}{f_j})^2b+(\frac{f_i}{f_k})^2c}=I-\frac{a\epsilon_{\Phi_i}+b\epsilon_{\Phi_j}+c\epsilon_{\Phi_{ki}}}{a+(\frac{f_i}{f_j})^2b+(\frac{f_i}{f_k})^2c}-\frac{aN_i\lambda_i+bN_j\lambda_j+cN_k\lambda_k}{a+(\frac{f_i}{f_j})^2b+(\frac{f_i}{f_k})^2c}$$

[0074]

[0075] 상술한 수학식3에서 다중 주파수( $i, j, k$ )에 모두 사이클 슬립(cycle sleep)이 존재하지 않는 경우에, 수학식 3을 시간에 대하여 차분( $\delta$ )하면 하기 수학식4를 만족할 수 있다.

[0076] 예를 들면, 시간에 대하여 차분된 값은 현재 시간에서 기설정된 시간 단위만큼 증가 또는 감소된 시간과 현재 시간 사이의 차분 값일 수 있다.

[0077] [수학식4]

$$\delta\frac{aN_i\lambda_i+bN_j\lambda_j+cN_k\lambda_k}{a+(\frac{f_i}{f_j})^2b+(\frac{f_i}{f_k})^2c}=0$$

[0078]

[0079] 따라서, 수학식3은 하기 수학식5와 같이 전리층의 시간차분값과 잡음의 시간 차분으로 구성된 하기 수학식5로 정리될 수 있다.

[0080] [수학식5]

$$-\delta\left(\frac{\Phi_{ai+bj+ck}(t)}{a+(\frac{f_i}{f_j})^2b+(\frac{f_i}{f_k})^2c}\right)=\delta I-\delta\left(\frac{a\epsilon_{\Phi_i}+b\epsilon_{\Phi_j}+c\epsilon_{\Phi_{ki}}}{a+(\frac{f_i}{f_j})^2b+(\frac{f_i}{f_k})^2c}\right)$$

[0081]

[0082] 따라서, 'a + b + c = 0'을 만족하는 복수의 계수 집합 ( $a_1, b_1, c_1$ ), ( $a_2, b_2, c_2$ ) 및 ( $a_3, b_3, c_3$ )에 대하여

$-\delta\left(\frac{\Phi_{ai+bj+ck}(t)}{a+(\frac{f_i}{f_j})^2b+(\frac{f_i}{f_k})^2c}\right)$ 는 모두 동일한 전리층 오차의 시간차분 값( $\delta I$ )에 가우시안 잡음(gaussian noise)이 포함된 항을 가지므로, 전리층 변화량 추정치( $\delta\hat{I}(t)_{ai+bj+ck}$ )는 하기 수학식6을 통해 도출될 수 있다.

[0083] [수학식6]

$$\begin{aligned}\delta\hat{I}(t)_{ai+bj+ck} &= -\delta\left(\frac{\Phi_{ai+bj+ck}(t)}{a+(\frac{f_i}{f_j})^2b+(\frac{f_i}{f_k})^2c}\right) \\ &= -\left(\frac{\Phi_{ai+bj+ck}(t)}{a+(\frac{f_i}{f_j})^2b+(\frac{f_i}{f_k})^2c}-\frac{\Phi_{ai+bj+ck}(t-1)}{a+(\frac{f_i}{f_j})^2b+(\frac{f_i}{f_k})^2c}\right)\end{aligned}$$

[0084]

[0085] 또한, 전리층 변화량 산출부(120)는 전리층 변화량 추정치( $\delta\hat{I}(t)_{ai+bj+ck}$ )를 산출하는 수학식6에서 복수의 계수들 ( $a, b, c$ )에 대응되는 위치에 복수의 계수 집합 ( $a_1, b_1, c_1$ ), ( $a_2, b_2, c_2$ ) 및 ( $a_3, b_3, c_3$ ) 각각의 계수들을 각각 대입하여 복수의 전리층 변화량 추정치를 산출할 수 있다.

[0086] 다시 말해, 전리층 변화량 산출부(120)는 전리층 변화량 추정치( $\delta\hat{I}(t)_{ai+bj+ck}$ )를 산출하는 수학식6에서 계수  $a, b, c$ 에 제1 계수 집합의 계수 값인  $a_1, b_1, c_1$ 을 각각 대입하여 제1 전리층 변화량 추정치( $\delta\hat{I}(t)_{set1}$ )를 산출할 수 있다.

[0087] 또한, 전리층 변화량 산출부(120)는 전리층 변화량 추정치( $\delta\hat{I}(t)_{at+bj+ck}$ )를 산출하는 수학식6에서 계수 a, b, c에 제2 계수 집합의 계수 값인  $a_2$ ,  $b_2$ ,  $c_2$ 을 각각 대입하여 제2 전리층 변화량 추정치( $\delta\hat{I}(t)_{set2}$ )를 산출할 수 있다.

[0088] 또한, 전리층 변화량 산출부(120)는 전리층 변화량 추정치( $\delta\hat{I}(t)_{at+bj+ck}$ )를 산출하는 수학식6에서 계수 a, b, c에 제3 계수 집합의 계수 값인  $a_3$ ,  $b_3$ ,  $c_3$ 을 각각 대입하여 제3 전리층 변화량 추정치( $\delta\hat{I}(t)_{set3}$ )를 산출할 수도 있다.

[0089] 일실시예에 따른 사이클 슬립 판단부(130)는 전리층 변화량 산출부(120)를 통해 산출된 복수의 전리층 변화량 추정치 간의 차이값을 산출하고, 산출된 차이값에 기초하여 다중 주파수에서의 사이클 슬립(cycle sleep) 발생 여부를 판단할 수 있다.

[0090] 즉, 본 발명을 이용하면 지오메트릭 텀(geometric term)이 포함되지 않아 수신기의 위치에 대한 정보가 불필요하여 동적 사용자도 용이하게 사이클 슬립을 검출할 수 있다.

[0091] 일측에 따르면, 사이클 슬립 판단부(130)는 산출된 차이값을 산출된 차이값에 대응되는 임계값과 비교하고, 비교 결과에 기초하여 사이클 슬립 발생 여부를 판단할 수 있다.

[0092] 예를 들면, 사이클 슬립 판단부(130)는 하기 수학식7과 같이 제1 계수 집합 ( $a_1$ ,  $b_1$ ,  $c_1$ )과 제2 계수 집합 ( $a_2$ ,  $b_2$ ,  $c_2$ )을 통해 산출된 제1 전리층 변화량 추정치( $\delta\hat{I}(t)_{set1}$ )와 제2 전리층 변화량 추정치( $\delta\hat{I}(t)_{set2}$ ) 사이의 차이값이 제1 계수 집합 ( $a_1$ ,  $b_1$ ,  $c_1$ )과 제2 계수 집합 ( $a_2$ ,  $b_2$ ,  $c_2$ )의 조합으로 설정된 임계값( $Th_{\delta12}$ ) 보다 큰 경우 다중 주파수( $i$  주파수,  $j$  주파수 및  $k$  주파수) 중 어느 하나 이상의 주파수에서 사이클 슬립이 발생한 것으로 판단할 수 있다.

[0093] [수학식7]

$$|\delta\hat{I}(t)_{set1} - \delta\hat{I}(t)_{set2}| > Th_{\delta12}$$

[0095] 마찬가지로, 사이클 슬립 판단부(130)는 제2 계수 집합 ( $a_2$ ,  $b_2$ ,  $c_2$ )과 제3 계수 집합 ( $a_3$ ,  $b_3$ ,  $c_3$ )을 통해 산출된 제2 전리층 변화량 추정치( $\delta\hat{I}(t)_{set2}$ )와 제3 전리층 변화량 추정치( $\delta\hat{I}(t)_{set3}$ ) 사이의 차이값이 제2 계수 집합 ( $a_2$ ,  $b_2$ ,  $c_2$ )과 제3 계수 집합 ( $a_3$ ,  $b_3$ ,  $c_3$ )의 조합으로 설정된 임계값( $Th_{\delta23}$ ) 보다 큰 경우 다중 주파수( $i$  주파수,  $j$  주파수 및  $k$  주파수) 중 어느 하나 이상의 주파수에서 사이클 슬립이 발생한 것으로 판단할 수 있다.

[0096] 또한, 사이클 슬립 판단부(130)는 제1 계수 집합 ( $a_1$ ,  $b_1$ ,  $c_1$ )과 제3 계수 집합 ( $a_3$ ,  $b_3$ ,  $c_3$ )을 통해 산출된 제1 전리층 변화량 추정치( $\delta\hat{I}(t)_{set1}$ )와 제3 전리층 변화량 추정치( $\delta\hat{I}(t)_{set3}$ ) 사이의 차이값이 제1 계수 집합 ( $a_1$ ,  $b_1$ ,  $c_1$ )과 제3 계수 집합 ( $a_3$ ,  $b_3$ ,  $c_3$ )의 조합으로 설정된 임계값( $Th_{\delta13}$ ) 보다 큰 경우 다중 주파수( $i$  주파수,  $j$  주파수 및  $k$  주파수) 중 어느 하나 이상의 주파수에서 사이클 슬립이 발생한 것으로 판단할 수도 있다.

[0097] 한편, 사이클 슬립 판단부(130)는 상술한 수학식7을 통해 다중 주파수 중 어느 하나에서 사이클 슬립이 발생한 것으로 판단되면, 수학식6을 통해 산출된 복수의 전리층 변화량 추정치( $\delta\hat{I}(t)_{set1}$ ,  $\delta\hat{I}(t)_{set2}$ ,  $\delta\hat{I}(t)_{set3}$ ) 각각을 상호 비교하여 다중 주파수 중에서 어느 주파수에서 측정치에 사이클 슬립이 발생했는지 검출할 수 있다.

[0098] 일측에 따르면, 사이클 슬립 판단부(130)는 산출된 차이값에 대응되는 전리층 변화율 측정치 잡음을 산출하고, 산출된 전리층 변화율 측정치 잡음에 기초하여 산출된 차이값에 대응되는 임계값을 산출할 수 있다.

[0099] 예를 들면, 상술한 수학식7의 임계값( $Th_{\delta12}$ )의 경우, 전리층 변화율 측정치 잡음의 시간차분값으로 설정될 수 있으며, 제1 계수 집합 ( $a_1$ ,  $b_1$ ,  $c_1$ )의 전리층 변화율 측정치 잡음( $\sigma_{\phi_{set1}}$ )은 하기 수학식8을 통해 산출될 수 있

다.

[수학식8]

$$\sigma_{\phi_{set1}} = \frac{a_1^2 \sigma_{\epsilon_{x_i}}^2 + b_1^2 \sigma_{\epsilon_{x_j}}^2 + c_1^2 \sigma_{\epsilon_{x_k}}^2}{\left( a_1 + \left( \frac{f_i}{f_j} \right)^2 b_1 + \left( \frac{f_i}{f_k} \right)^2 c_1 \right)^2}$$

여기서,  $\sigma_{\epsilon_x}$  는 각 주파수별 반송파 측정치의 잡음값의 표준편차값을 의미한다.

마찬가지로, 제2 계수 집합 ( $a_2$ ,  $b_2$ ,  $c_2$ )의 전리층 변화율 측정치 잡음( $\sigma_{\phi_{set2}}$ )은 상술한 수학식8에서 제1 계수 집합 ( $a_1$ ,  $b_1$ ,  $c_1$ ) 대신 제2 계수 집합 ( $a_2$ ,  $b_2$ ,  $c_2$ )의 계수 값들을 대입하여 산출될 수 있다.

또한, 상술한 수학식7의 임계값( $Th_{\delta 12}$ )은 상술한 수학식8을 통해 산출된 제1 계수 집합 ( $a_1$ ,  $b_1$ ,  $c_1$ )의 전리층 변화율 측정치 잡음( $\sigma_{\phi_{set1}}$ )과, 제2 계수 집합 ( $a_2$ ,  $b_2$ ,  $c_2$ )의 전리층 변화율 측정치 잡음( $\sigma_{\phi_{set2}}$ ) 및 오경보율과 같은 예상 검출 성능에 따라 기설정된 K 계수에 기초한 하기 수학식9를 통해 산출될 수 있다.

[수학식9]

$$Th_{\delta 12} = K \sqrt{2\sigma_{\phi_{set1}}^2 + 2\sigma_{\phi_{set2}}^2}$$

일측에 따르면, 사이클 슬립 검출장치(100)는 산출된 복수의 전리층 변화량 추정치의 시간 차분값을 산출하고, 산출된 시간 차분값에 따른 전리층 변화량 오차값에 기초하여 다중 주파수 각각에서의 사이클 슬립 발생량을 추정하는 사이클 슬립량 추정부(140)를 더 포함할 수 있다.

예를 들면, 사이클 슬립량 추정부(140)는 상술한 수학식6을 통해 산출된 복수의 전리층 변화량 추정치( $\delta \hat{I}(t)_{set1}$ ,  $\delta \hat{I}(t)_{set2}$ ,  $\delta \hat{I}(t)_{set3}$ )의 시간 차분값을 산출하여 사이클 슬립 발생량을 추정할 수 있다.

보다 구체적으로, 제1 계수 집합 ( $a_1$ ,  $b_1$ ,  $c_1$ )에 대응되는 전리층 변화량 추정치의 시간 차분값( $\delta \delta \hat{I}(t)_{a_1 i + b_1 j + c_1 k}$ )은 하기 수학식10을 통해 산출될 수 있다.

[수학식10]

$$\delta \delta \hat{I}(t)_{a_1 i + b_1 j + c_1 k} = \delta \hat{I}(t)_{a_1 i + b_1 j + c_1 k} - \delta \hat{I}(t-1)_{a_1 i + b_1 j + c_1 k}$$

상술한 수학식10에 따른 전리층 변화량 추정치의 시간 차분값, 즉 전리층 가속도항은 수학식11과 같은 표현될 수 있다.

[수학식11]

$$\delta \delta \left( \frac{\Phi_{a_1 i + b_1 j + c_1 k}(t)}{a_1 + \left( \frac{f_i}{f_j} \right)^2 b_1 + \left( \frac{f_i}{f_k} \right)^2 c_1} \right) = \delta \delta I - \delta \delta \left( \frac{a_1 \epsilon_{x_i} + b_1 \epsilon_{x_j} + c_1 \epsilon_{x_k}}{a_1 + \left( \frac{f_i}{f_j} \right)^2 b_1 + \left( \frac{f_i}{f_k} \right)^2 c_1} \right)$$

상술한 수학식11에서 사이클 슬립이 발생하지 않은 경우에  $\delta \delta I$  는 잡음의 가속도항 이외의 항은 대부분 사라지므로, 정상적인 측정치의 경우 그 값은 '0'에 매우 가깝게 나타날 수 있다.

따라서, 제1 계수 집합 ( $a_1$ ,  $b_1$ ,  $c_1$ )에 대응되는 전리층 변화량 추정치의 시간 차분값( $\delta \delta \hat{I}(t)_{a_1 i + b_1 j + c_1 k}$ )은 하기 수학식12를 만족하는 경우에 제1 계수 집합 ( $a_1$ ,  $b_1$ ,  $c_1$ )에 대응되는 전리층 변화량 추정치에서 사이클 슬립이 발생한 것으로 간주할 수 있다.

[0117] [수학식12]

$$|\delta\delta\hat{I}(t)_{a_1i+b_1j+c_1k}| > Th_{\delta\delta_1}$$

[0119] 또한, 상술한 수학식12의  $Th_{\delta\delta_1}$ 은 하기 수학식13을 통해 산출될 수 있다.

[0120] [수학식13]

$$Th_{\delta\delta_1} = K \sqrt{2 \left( \frac{a_1^2 \sigma_{\epsilon_{\delta_1}}^2 + b_1^2 \sigma_{\epsilon_{\delta_1}}^2 + c_1^2 \sigma_{\epsilon_{\delta_1}}^2}{\left( a_1 + \left( \frac{f_i}{f_j} \right)^2 b_1 + \left( \frac{f_i}{f_k} \right)^2 c_1 \right)^2} \right)}$$

[0122] 상술한 수학식12을 통해 제1 계수 집합 ( $a_1$ ,  $b_1$ ,  $c_1$ )에 대응되는 전리층 변화량 추정치에서 사이클 슬립이 발생된 것으로 판단된 경우, 사이클 슬립으로 인한 전리층 변화량 오차값은 수학식11의  $\delta\delta\hat{I}(t)_{a_1i+b_1j+c_1k}$ 로 간주할 수 있다.

[0123] 따라서, 사이클 슬립으로 인한 전리층 변화량 오차값( $\delta\delta\hat{I}(t)_{a_1i+b_1j+c_1k}$ )은 하기 수학식14와 같이 산출될 수 있다.

[0124] [수학식14]

$$-\frac{a\delta N_i\lambda_i + b\delta N_j\lambda_j + c\delta N_k\lambda_k}{a + \left(\frac{f_i}{f_j}\right)^2 b + \left(\frac{f_i}{f_k}\right)^2 c} = \delta\delta\hat{I}(t)_{ai+bj+ck}$$

[0126] 즉, 사이클 슬립량 추정부(140)는 복수의 계수 집합 ( $a_1$ ,  $b_1$ ,  $c_1$ ), ( $a_2$ ,  $b_2$ ,  $c_2$ ) 및 ( $a_3$ ,  $b_3$ ,  $c_3$ )을 상술한 수학식14에 적용하여  $\delta N_i$ ,  $\delta N_j$ ,  $\delta N_k$ 의 값을 추정함으로써, 다중 주파수( $i$  주파수,  $j$  주파수 및  $k$  주파수) 중 어느 주파수의 측정치에서 사이클 슬립이 발생했는지 검출하고, 사이클 슬립이 발생된 주파수에서의 사이클 슬립 발생량을 추정할 수 있다.

[0127] 일측에 따르면, 사이클 슬립 검출장치(100)는 사이클 슬립의 검출 결과 및 사이클 슬립 발생량 추정 결과에 기초하여, 발생된 사이클 슬립을 보정할 수 있다.

[0128] 즉, 본 발명을 이용하면 서로 다른 조합으로 산출된 복수의 전리층 변화량 추정치에 기초하여 사이클 슬립 여부 및 검출량을 판단함으로써 사이클 슬립 검출 및 보정의 정확도를 향상시킬 수 있다.

[0130] 도 2는 일실시예에 따른 사이클 슬립 검출방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0131] 다시 말해, 도 2는 도 1을 통해 설명한 일실시예에 따른 사이클 슬립 검출장치를 이용한 사이클 슬립 검출방법을 설명하기 위한 도면으로, 이후 도 2를 통해 설명하는 내용 중 일실시예에 따른 사이클 슬립 검출장치를 통해 설명한 내용과 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

[0132] 도 2를 참조하면, 210단계에서 일실시예에 따른 사이클 슬립 검출방법은 반송파 측정치 산출부에서, 다중 주파수에 대응되는 통합 반송파 측정치를 산출할 수 있다.

[0133] 일측에 따르면, 210단계에서 일실시예에 따른 사이클 슬립 검출방법은 다중 주파수 각각에 대응되는 반송파 측정치를 산출하고, 산출된 각각의 반송파 측정치에 대응되는 복수의 계수들 각각을 산출된 각각의 반송파 측정치에 반영하며, 계수들이 반영된 각각의 반송파 측정치를 합산하여 통합 반송파 측정치를 산출할 수 있다.

[0134] 즉, 210단계에서 일실시예에 따른 사이클 슬립 검출방법은 도 1을 통해 설명한 수학식 1 내지 2를 통해 통합 반송파 측정치를 산출할 수 있다.

[0135] 다음으로, 220단계에서 일실시예에 따른 사이클 슬립 검출방법은 전리층 변화량 산출부에서, 산출된 통합 반송

과 측정치에 반영된 복수의 계수들에 기초하여 복수의 계수 집합을 도출하고, 도출된 복수의 계수 집합 각각을 통해 복수의 전리층 변화량 추정치를 산출할 수 있다.

- [0136] 다음으로, 230단계에서 일실시에에 따른 사이클 슬립 검출방법은 사이클 슬립 판단부에서, 산출된 복수의 전리층 변화량 추정치 간의 차이값을 산출하고, 산출된 차이값에 기초하여 다중 주파수에서의 사이클 슬립(cycle sleep) 발생 여부를 판단할 수 있다.
- [0137] 다음으로, 240단계에서 일실시에에 따른 사이클 슬립 검출방법은 사이클 슬립량 추정부에서 다중 주파수 각각에서의 사이클 슬립 발생량을 추정할 수 있다.
- [0138] 일측에 따르면, 230단계에서 일실시에에 따른 사이클 슬립 검출방법은 사이클 슬립이 발생되지 않은 정상 측정치로 판단하면, 240단계를 미수행 할 수 있다.
- [0140] 도 3은 일실시에에 따른 사이클 슬립 검출방법에서 복수의 전리층 변화량 추정치를 산출하고 사이클 슬립 발생 여부를 판단하는 예시를 설명하기 위한 도면이다.
- [0141] 다시 말해, 도 3은 도 2를 통해 설명한 일실시에에 따른 사이클 슬립 검출방법의 220 내지 230단계에서 수행될 수 있다.
- [0142] 도 3을 참조하면, 310단계에서 일실시에에 따른 사이클 슬립 검출방법은 복수의 계수 집합 각각을 통해 복수의 전리층 변화량 추정치를 산출할 수 있다.
- [0143] 일측에 따르면, 310단계에서 일실시에에 따른 사이클 슬립 검출방법은 복수의 계수들의 값의 합산 결과가 '0'인 조건을 만족하는 계수들로 구성되는 복수의 계수 집합을 도출할 수 있다.
- [0144] 일측에 따르면, 310단계에서 일실시에에 따른 사이클 슬립 검출방법은 도 1을 통해 설명한 수학적식6을 통해 복수의 전리층 변화량 추정치를 산출할 수 있다.
- [0145] 다음으로, 320단계에서 일실시에에 따른 사이클 슬립 검출방법은 복수의 전리층 변화량 추정치간 차이값 산출할 수 있다.
- [0146] 한편, 330 내지 340단계에서 일실시에에 따른 사이클 슬립 검출방법은 전리층 변화율 측정치 값을 산출하고, 전리층 변화율 감시를 위한 임계값을 산출할 수 있다.
- [0147] 일측에 따르면, 330 내지 340단계에서 일실시에에 따른 사이클 슬립 검출방법은 도 1을 통해 설명한 수학적식8 내지 9를 통해 전리층 변화율 측정치 값을 산출하고, 전리층 변화율 감시를 위한 임계값을 산출할 수 있다.
- [0148] 다음으로, 350단계에서 일실시에에 따른 사이클 슬립 검출방법은 산출된 차이값을 산출된 차이값에 대응되는 임계값과 비교하고, 비교 결과에 기초하여 사이클 슬립 발생 여부를 판단할 수 있다.
- [0149] 일측에 따르면, 350단계에서 일실시에에 따른 사이클 슬립 검출방법은 도 1을 통해 설명한 수학적식7을 통해 사이클 슬립 발생 여부를 판단할 수 있다.
- [0150] 350단계에서 일실시에에 따른 사이클 슬립 검출방법은 다중 주파수에서 어느 하나 이상의 주파수에서 사이클 슬립이 발생된 것으로 판단(360)하거나, 다중 주파수의 측정치가 정상 측정치인 것으로 판단(370)할 수 있다.
- [0152] 도 4는 일실시에에 따른 사이클 슬립 검출방법에서 사이클 슬립 발생량을 추정하는 예시를 설명하기 위한 도면이다.
- [0153] 다시 말해, 도 4는 도 2를 통해 설명한 일실시에에 따른 사이클 슬립 검출방법의 240단계에서 수행될 수 있다.
- [0154] 도 4를 참조하면, 410단계에서 일실시에에 따른 사이클 슬립 검출방법은 복수의 전리층 변화량 추정치의 시간 차분값을 산출할 수 있다.
- [0155] 일측에 따르면, 410단계에서 일실시에에 따른 사이클 슬립 검출방법은 도 1을 통해 설명한 수학적식11을 통해 복수의 전리층 변화량 추정치의 시간 차분값을 산출할 수 있다.
- [0156] 다음으로, 420단계에서 일실시에에 따른 사이클 슬립 검출방법은 사이클 슬립량 추정부에서, 산출된 시간 차분값에 따른 전리층 변화량 오차값을 산출할 수 있다.
- [0157] 다음으로, 430단계에서 일실시에에 따른 사이클 슬립 검출방법은 사이클 슬립량 추정부에서, 산출된 변화량 오차값에 기초하여 다중 주파수 각각에서의 사이클 슬립 발생량을 추정할 수 있다.



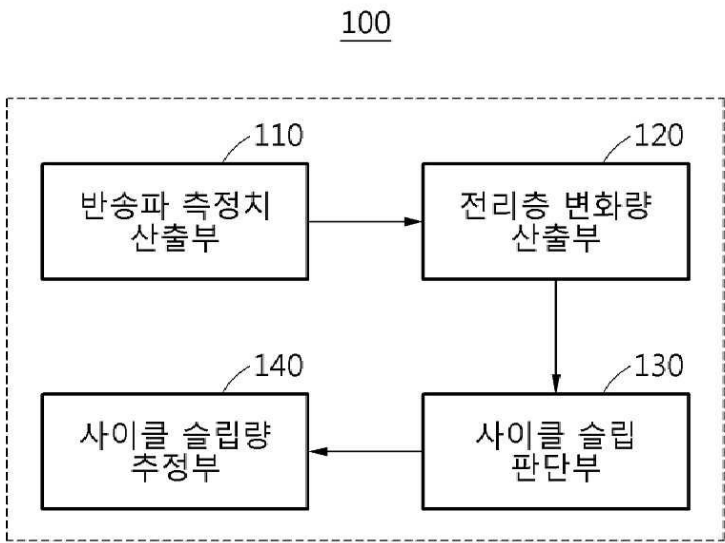
- [0158] 일측에 따르면, 410 내지 430단계에서 실시시에 따른 사이클 슬립 검출방법은 도 1을 통해 설명한 수학적식 10 내지 13을 통해 사이클 슬립 발생량을 추정할 수 있다.
- [0160] 결국, 본 발명을 이용하면 지오메트릭 텀(geometric term)이 포함되지 않아 수신기의 위치에 대한 정보가 불필요하여 동적 사용자도 용이하게 사이클 슬립을 검출할 수 있다.
- [0161] 또한, 코드나 반송파의 다중 경로오차가 인가되는 환경에서도 반사 경로가 동일하므로 연속적인 사이클 슬립을 검출할 수 있다.
- [0162] 또한, 서로 다른 조합으로 산출된 복수의 전리층 변화량 추정치에 기초하여 사이클 슬립 여부 및 검출량을 판단함으로써 사이클 슬립 검출 및 보정의 정확도를 향상시킬 수 있다.
- [0164] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPGA(field programmable gate array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.
- [0165]
- [0166] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embodiment)될 수 있다.
- [0167] 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.
- [0168]
- [0169] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

### 부호의 설명

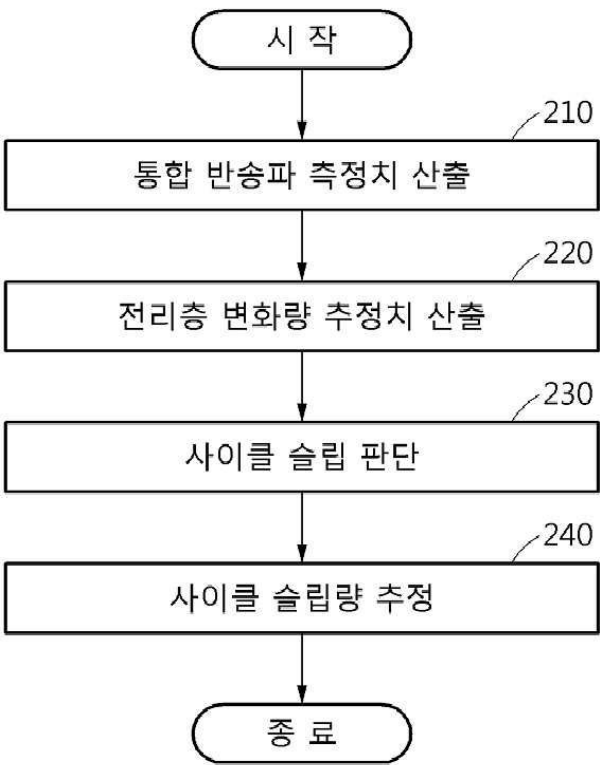
- [0170]
- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| 100: 사이클 슬립 검출장치 | 110: 반송파 측정치 산출부 |
| 120: 전리층 변화량 산출부 | 130: 사이클 슬립 판단부  |
| 140: 사이클 슬립량 추정부 |                  |

도면

도면1

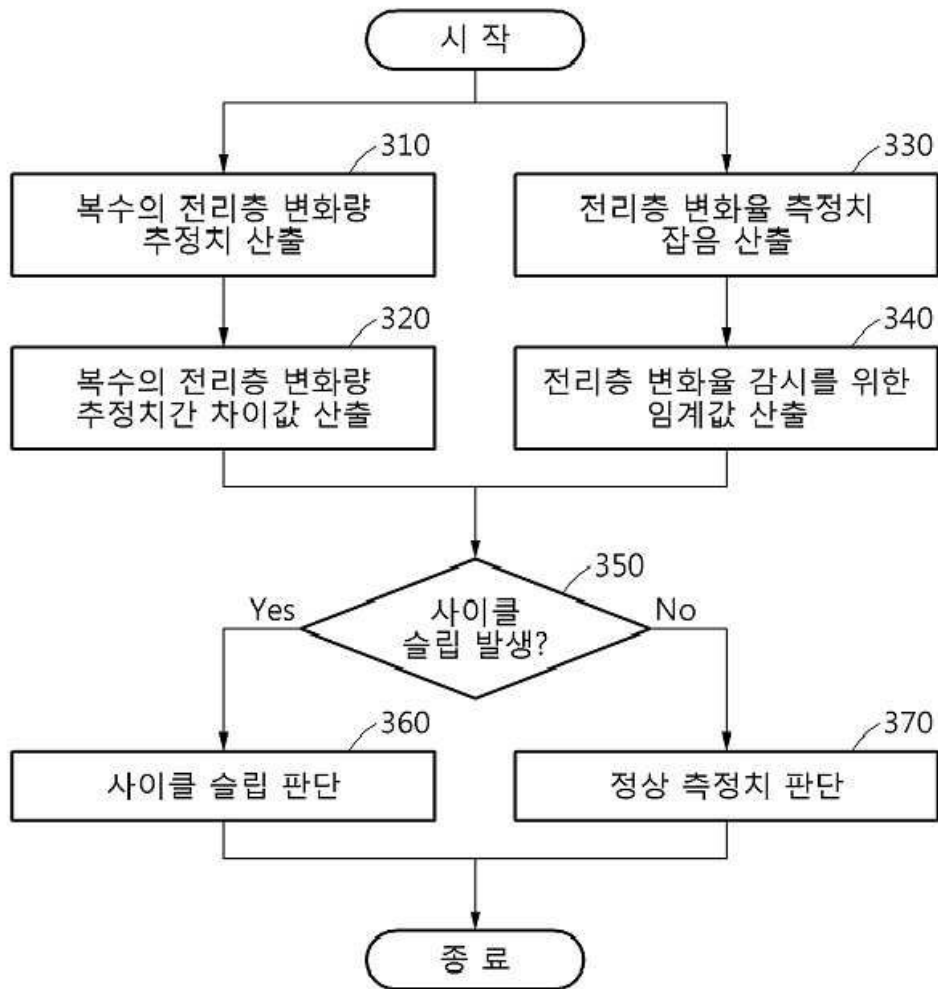


도면2





도면3



도면4

