(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년03월13일
(11) 등록번호 10-2088727
(24) 등록일자 2020년03월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 19/07 (2010.01) *G01S 19/20* (2010.01)
(52) CPC특허분류
G01S 19/07 (2019.08)
G01S 19/20 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0149906
(22) 출원일자 2019년11월20일
심사청구일자 2019년11월20일
(56) 선행기술조사문헌
KR101212119 B1*
KR101605385 B1*
US20130234886 A1
JP2005321362 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
박병운
서울특별시 강서구 우장산로 92, 104동 702호(화곡동, 우장산롯데아파트)
(74) 대리인
김연권

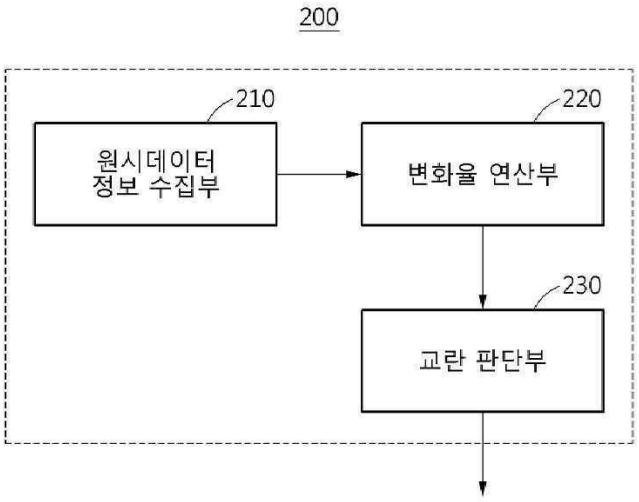
전체 청구항 수 : 총 12 항 심사관 : 고상호

(54) 발명의 명칭 **GNSS 신호의 전리층 변화율에 기반하는 전리층 교란 검출장치 및 그 방법**

(57) 요 약

GNSS 신호의 전리층 변화율에 기반하는 전리층 교란 검출장치 및 그 방법 에 관한 것으로서, 일실시예에 따른 전리층 교란 검출장치는 복수의 GNSS(global navigation satellite system) 신호에 대한 원시데이터 정보를 수집하는 원시데이터 정보 수집부와, 수집된 원시데이터 정보에 기초하여 전리층 변화율(rate of TEC; ROT)을 연산하는 변화율 연산부 및 연산된 전리층 변화율과 기설정된 임계값을 비교하여 전리층 교란의 발생 여부를 판단하는 교란 판단부를 포함한다.

대 표 도 - 도2



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

명 세 서

청구범위

청구항 1

복수의 GNSS(global navigation satellite system) 신호에 대한 원시데이터 정보를 수집하는 원시데이터 정보 수집부;

상기 수집된 원시데이터 정보에 기초하여 전리층 변화율(rate of TEC; ROT)을 연산하는 변화율 연산부 및

상기 연산된 전리층 변화율과 기설정된 임계값을 비교하여 전리층 교란의 발생 여부를 판단하고, 상기 판단된 전리층 교란의 발생 여부에 대응하여 상기 전리층 교란의 검출 시각 정보 및 전리층 통과점(ionospheric pierce point; IPP) 정보를 전리층 속도 추정부 및 전리층 교란 폭 추정부 중 적어도 하나에 제공하는 교란 판단부

를 포함하고,

상기 전리층 속도 추정부는,

상기 검출 시각 정보 및 상기 전리층 통과점 정보를 수집하고, 상기 수집된 정보에 기초하여 상기 전리층 교란에 대한 속도 벡터를 산출하며, 상기 산출된 속도 벡터를 이용하여 상기 전리층 교란의 속도를 추정하는

전리층 교란 검출장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 복수의 GNSS 신호는,

서로 다른 위성항법 주파수를 갖는 신호인

전리층 교란 검출장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 원시데이터 정보는,

상기 복수의 GNSS 신호 중 제1 주파수 GNSS 신호의 반송파 측정값 및 상기 복수의 GNSS 신호 중 제2 주파수 GNSS 신호의 반송파 측정값중 적어도 하나의 원시데이터 정보를 포함하는

전리층 교란 검출장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 전리층 변화율은,

상기 제1 주파수 GNSS 신호의 반송파 측정값, 상기 제2 주파수 GNSS 신호의 반송파 측정값, 상기 제1 주파수의 파장의 길이 및 상기 제2 주파수의 파장의 길이의 연산을 통해 산출되는

전리층 교란 검출장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 기설정된 임계값은,

기설정된 양의 임계값(positive threshold) 및 기설정된 음의 임계값(negative threshold) 중 적어도 하나를

포함하는

전리층 교란 검출장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 교란 판단부는,

상기 연산된 전리층 변화율이 상기 기설정된 임계값을 초과하는 시점을 기준으로 상기 전리층 교란의 발생 여부를 판단하기 위한 시간 구간을 설정하고, 상기 설정된 시간 구간에 대응되는 전리층 변화율과 기설정된 전리층 변화 패턴을 비교하여 상기 전리층 교란의 발생 여부를 판단하는

전리층 교란 검출장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 교란 판단부는,

상기 설정된 시간 구간에 대응되는 전리층 변화율의 값이 증가하여 상기 양의 임계값을 초과한 이후에 다시 감소하여 상기 음의 임계값을 초과하면, 상기 기설정된 전리층 변화 패턴과 유사도가 높은 것으로 판단하여 상기 전리층 교란이 발생된 것으로 판단하는

전리층 교란 검출장치.

청구항 8

원시데이터 정보 수집부에서, 복수의 GNSS(global navigation satellite system) 신호에 대한 원시데이터 정보를 수집하는 단계;

변화율 연산부에서, 상기 수집된 원시데이터 정보에 기초하여 전리층 변화율(rate of TEC; ROT)을 연산하는 단계 및

교란 판단부에서, 상기 연산된 전리층 변화율과 기설정된 임계 값을 비교하여 전리층 교란의 발생 여부를 판단하고, 상기 판단된 전리층 교란의 발생 여부에 대응하여 상기 전리층 교란의 검출 시각 정보 및 전리층 통과점(ionospheric pierce point; IPP) 정보를 전리층 속도 추정부 및 전리층 교란 폭 추정부 중 적어도 하나에 제공하는 단계

를 포함하고,

상기 전리층 속도 추정부는,

상기 검출 시각 정보 및 상기 전리층 통과점 정보를 수집하고, 상기 수집된 정보에 기초하여 상기 전리층 교란에 대한 속도 벡터를 산출하며, 상기 산출된 속도 벡터를 이용하여 상기 전리층 교란의 속도를 추정하는

전리층 교란 검출방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 전리층 변화율은,

상기 복수의 GNSS 신호 중 제1 주파수 GNSS 신호의 반송파 측정값, 상기 복수의 GNSS 신호 중 제2 주파수 GNSS 신호의 반송파 측정값, 상기 제1 주파수의 파장의 길이 및 상기 제2 주파수의 파장의 길이의 연산을 통해 산출되는

전리층 교란 검출방법.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 기설정된 임계값은,

기설정된 양의 임계값(positive threshold) 및 기설정된 음의 임계값(negative threshold) 중 적어도 하나를 포함하는

전리층 교란 검출방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 전리층 교란의 발생 여부를 판단하는 단계는,

상기 연산된 전리층 변화율이 상기 기설정된 임계값을 초과하는 시점을 기준으로 상기 전리층 교란의 발생 여부를 판단하기 위한 시간 구간을 설정하고, 상기 설정된 시간 구간에 대응되는 전리층 변화율과 기설정된 전리층 변화 패턴을 비교하여 상기 전리층 교란의 발생 여부를 판단하는

전리층 교란 검출방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 전리층 교란의 발생 여부를 판단하는 단계는,

상기 설정된 시간 구간에 대응되는 전리층 변화율의 값이 증가하여 상기 양의 임계값을 초과한 이후에 다시 감소하여 상기 음의 임계값을 초과하면, 상기 기설정된 전리층 변화 패턴과 유사도가 높은 것으로 판단하여 상기 전리층 교란이 발생된 것으로 판단하는

전리층 교란 검출방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 전리층 교란 검출장치 및 그 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 GNSS 신호의 전리층 변화율에 기반하여 전리층 섬광과 같은 전리층 이상 현상을 검출하는 기술적 사상에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 전리층내 전자밀도의 불균질로 인하여 굴절과 회절현상이 일어나면 이를 통과하는 GNSS(global navigation satellite system) 신호의 진폭과 위상에서 심각한 동요를 일으킬 수 있는데, 이를 전리층의 섬광이라고 한다.

[0003] 이러한 섬광 현상은 전리층을 통과하는 위성신호의 품질에 지대한 영향을 미칠수 있고, 특히 위성항법 시스템의 경우 그 정확도 저하에 치명적인 영향을 미칠 수 있다. 전리층 섬광 현상을 검출하는 다양한 방법들 중 위성항법을 이용하는 대표적인 예로 S_4와 σ_ϕ와 같은 지표를 이용하는 방법이 있다.

[0004] 구체적으로, S_4는 진폭(amplitude)의 변화를 감지하기 위하여 설정된 지표로, 하기 수학식1을 통해 산출될 수 있다.

[0005] [수학식1]

$$S_4 = \frac{< I^2 > - < I >^2}{< I >^2}$$

[0006]

[0007] 여기서, I는 신호 강도를 의미하고, < >는 60초간의 평균 기댓값을 의미한다.

[0008] 다른 지표인 σ_ϕ 는 하기 수학식2를 통해 산출될 수 있다.

[0009] [수학식2]

[0010] $$\sigma_\phi = \sqrt{<\tilde{\phi}>^2 - <\tilde{\phi}^2>}$$

[0011] 여기서, $\tilde{\phi}$ 는 추세가 제거된(detrend) 반송파 측정치를 의미한다.

[0012] 상술한 지표들은 일반적으로 50Hz이상의 고속으로 데이터가 출력되는 수신기를 이용하여야 하고, 신호강도 측정을 위하여 전리층 감시 전용 수신기를 사용해야하는 문제들을 지니고 있다. 또한 지표 산출을 위하여 약 60초간 I와 $\tilde{\phi}$ 를 누적하여 평균하여야 하므로 1분 이내에 움직이는 소규모 또는 급격한 변동은 감지할 수 없다는 문제가 있다.

[0013] 또한, 일반 상용수신기로도 전리층 감시를 하는데 사용할 수 있는데, 이를 위해 ROTI 지표를 사용할 수 있으며, ROTI는 하기 수학식3을 통해 산출될 수 있다.

[0014] [수학식3]

[0015] $$ROTI = \sqrt{<(ROT - <ROT>)^2>}$$

[0016] 여기서, ROT는 전리층 변화율(rate of TEC)을 의미한다.

[0017] ROTI의 경우 앞선 지표들과 같이 1분의 평균치를 사용하는 것이 아니라 5분의 평균치를 사용한다. 따라서 ROT의 경우 일반 상용수신기를 이용할 수 있다는 장점은 있으나 여전히 소규모 혹은 급격한 변동은 감지할 수 없다는 문제가 있다.

[0018] 한편, 운동성 전리층에 의한 전리층 교란이 감지되는 경우에, 감지된 운동성 전리층 교란이 위성항법 시스템에 미치는 영향을 판단할 필요가 있으며, 이를 위해 감지된 운동성 전리층 교란의 속도 또는 구조를 확인할 필요가 있다.

[0019] 운동성 전리층 교란의 속도 또는 구조 추정을 위하여 사용되던 종래의 방법으로는 같은 평면상 위성과 전리층의 이동 속도의 기하학적인 관계를 이용하여 전리층의 속도만을 추정하거나 단순히 각 전리층 통과점의 방향으로 구하는 방법을 사용하였다. 그러나 종래의 방법들은 위성의 이동경로에 영향을 받을 수 있고, 엄밀한 의미에서 전리층 교란만을 분리할 수 없으므로 무시할 수 없는 오차를 야기할 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0020] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1811760호, "GBAS 지상시스템 기반의 쿨백-라이블러 발산을 이용한 전리층 이상 감시장치 및 방법"

(특허문헌 0002) 한국등록특허 제10-1074641호, "전리층 폭풍에 의한 거리영역에서의 위성항법 이상신호 검출방법"

(특허문헌 0003) 한국등록특허 제10-1925624호, "지역전리층지도 생성 장치 및 방법"

비특허문헌

[0021] (비특허문헌 0001) Wang, J., Y. Morton (2015), "Highlatitude ionospheric irregularity drift velocity estimation using spaced GPSreceiver carrier phase time-frequency analysis," IEEE Trans. Geosci. RemoteSensing, 53(11), 6099-6113, doi:10.1109/TGRS.2015.2432014

(비특허문헌 0002) Briggs, B. H., and Parkin, I. A. (1963), On the variation of radio starand

satellite scintillations with zenith angle, J. Atmos. Terr. Phys., 25, 339- 365, doi:10.1016/0021-9169(63)90150-8

(비특허문헌 0003) Yeh, C. K., and Liu, C. H.(1982),Radio wave scintillations in the ionosphere, Proc. IEEE, 70(4), 324-360, doi: 10.1109/PROC.1982.12313

발명의 내용

해결하려는 과제

[0022] 본 발명은 기존의 지표가 아닌 ROTI 생성을 위한 전리층 변화율을 이용하여 소규모 또는 급격한 변동에 따른 전리층 교란을 검출할 수 있는 기술을 제공하고자 한다.

[0023] 또한, 본 발명은 지오메트리-프리(geometry-free)의 조합으로 연산된 전리층 변화율을 이용하여 보다 용이하게 전리층 교란을 검출할 수 있는 기술을 제공하고자 한다.

[0024] 또한, 본 발명은 전리층 변화율과 기설정된 전리층 변화 패턴의 비교를 통해 보다 정확하게 전리층 교란을 검출할 수 있는 기술을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0025] 본 발명의 일실시예에 따른 전리층 교란 검출장치는 복수의 GNSS(global navigation satellite system) 신호에 대한 원시데이터 정보를 수집하는 원시데이터 정보 수집부와, 수집된 원시데이터 정보에 기초하여 전리층 변화율(rate of TEC; ROT)을 연산하는 변화율 연산부 및 연산된 전리층 변화율과 기설정된 임계값을 비교하여 전리층 교란의 발생 여부를 판단하는 교란 판단부를 포함할 수 있다.

[0026] 일측에 따르면, 복수의 GNSS 신호는 서로 다른 위성항법 주파수를 갖는 신호일 수 있다.

[0027] 일측에 따르면, 원시데이터 정보는 복수의 GNSS 신호 중 제1 주파수 GNSS 신호의 반송파 측정값 및 복수의 GNSS 신호 중 제2 주파수 GNSS 신호의 반송파 측정값 중 적어도 하나의 원시데이터 정보를 포함할 수 있다.

[0028] 일측에 따르면, 전리층 변화율은 제1 주파수 GNSS 신호의 반송파 측정값, 제2 주파수 GNSS 신호의 반송파 측정값, 제1 주파수의 파장의 길이 및 제2 주파수의 파장의 길이의 연산을 통해 산출될 수 있다.

[0029] 일측에 따르면, 기설정된 임계값은 기설정된 양의 임계값(positive threshold) 및 기설정된 음의 임계값(negative threshold) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0030] 일측에 따르면, 교란 판단부는 연산된 전리층 변화율이 기설정된 임계값을 초과하는 시점을 기준으로 이상 현상의 발생 여부를 판단하기 위한 시간 구간을 설정하고, 설정된 시간 구간에 대응되는 전리층 변화율과 기설정된 전리층 변화 패턴을 비교하여 전리층 교란의 발생 여부를 판단할 수 있다.

[0031] 일측에 따르면, 교란 판단부는 설정된 시간 구간에 대응되는 전리층 변화율의 값이 증가하여 양의 임계값을 초과한 이후에 다시 감소하여 음의 임계값을 초과하면, 기설정된 전리층 변화 패턴과 유사도가 높은 것으로 판단하여 전리층 교란이 발생된 것으로 판단할 수 있다.

[0032] 본 발명의 일실시예에 따른 전리층 교란 검출방법은 원시데이터 정보 수집부에서 복수의 GNSS(global navigation satellite system) 신호에 대한 원시데이터 정보를 수집하는 단계와, 변화율 연산부에서 수집된 원시데이터 정보에 기초하여 전리층 변화율(rate of TEC; ROT)을 연산하는 단계 및 교란 판단부에서 연산된 전리층 변화율과 기설정된 임계 값을 비교하여 전리층 교란의 발생 여부를 판단하는 단계를 포함할 수 있다.

[0033] 일측에 따르면, 전리층 변화율은 복수의 GNSS 신호 중 제1 주파수 GNSS 신호의 반송파 측정값, 복수의 GNSS 신호 중 제2 주파수 GNSS 신호의 반송파 측정값제1 주파수의 파장의 길이 및 제2 주파수의 파장의 길이의 연산을 통해 산출될 수 있다.

[0034] 일측에 따르면, 기설정된 임계값은 기설정된 양의 임계값(positive threshold) 및 기설정된 음의 임계값(negative threshold) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0035] 일측에 따르면, 전리층 교란의 발생 여부를 판단하는 단계는 연산된 전리층 변화율이 기설정된 임계값을 초과하는 시점을 기준으로 이상 현상의 발생 여부를 판단하기 위한 시간 구간을 설정하고, 설정된 시간 구간에 대응되

는 전리층 변화율과 기설정된 전리층 변화 패턴을 비교하여 전리층 교란의 발생 여부를 판단할 수 있다.

[0036] 일측에 따르면, 전리층 교란의 발생 여부를 판단하는 단계는 설정된 시간 구간에 대응되는 전리층 변화율의 값이 증가하여 양의 임계값을 초과한 이후에 다시 감소하여 음의 임계값을 초과하면, 기설정된 전리층 변화 패턴과 유사도가 높은 것으로 판단하여 전리층 교란이 발생된 것으로 판단할 수 있다.

발명의 효과

[0037] 일실시예에 따르면, 기존의 지표가 아닌 ROTI 생성을 위한 전리층 변화율을 이용하여 소규모 또는 급격한 변동에 따른 전리층 교란을 검출할 수 있다.

[0038] 일실시예에 따르면, 지오메트리-프리(geometry-free)의 조합으로 연산된 전리층 변화율을 이용하여 보다 용이하게 전리층 교란을 검출할 수 있다.

[0039] 일실시예에 따르면, 전리층 변화율과 기설정된 전리층 변화 패턴의 비교를 통해 보다 정확하게 전리층 교란을 검출할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0040] 도 1은 일실시예에 따른 전리층 교란 모니터링 시스템을 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 일실시예에 따른 전리층 교란 검출장치를 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 일실시예에 따른 전리층 교란 검출장치에서 전리층 변화율과 기설정된 전리층 변화 패턴을 이용하여 전리층 교란을 검출하는 예시를 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 운동성 전리층 교란의 속도 벡터와 폭을 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 일실시예에 따른 전리층 교란 속도 추정장치를 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 운동성 전리층 교란이 검출된 시각을 산출하는 예시를 설명하기 위한 도면이다.

도 7은 일실시예에 따른 전리층 교란 속도 추정장치에서 속도 벡터를 산출하는 예시를 설명하기 위한 도면이다.

도 8은 일실시예에 따른 전리층 교란 폭 추정장치를 설명하기 위한 도면이다.

도 9는 일실시예에 따른 전리층 교란 폭 추정장치에서 운동성 전리층 교란의 폭을 추정하는 예시를 설명하기 위한 도면이다.

도 10은 일실시예에 따른 전리층 교란 모니터링 시스템을 이용한 시뮬레이션 결과를 설명하기 위한 도면이다.

도 11은 일실시예에 따른 전리층 교란 모니터링 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 12는 일실시예에 따른 전리층 교란 검출 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 13은 일실시예에 따른 전리층 교란 속도 추정방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 14는 일실시예에 따른 전리층 교란 폭 추정방법을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0041] 이하, 본 문서의 다양한 실시 예들이 첨부된 도면을 참조하여 기재된다.

[0042] 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.

[0043] 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.

[0044] 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.

[0045] 도면의 설명과 관련하여, 유사한 구성요소에 대해서는 유사한 참조 부호가 사용될 수 있다.

[0046] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함할 수 있다.

[0047] 본 문서에서, "A 또는 B" 또는 "A 및/또는 B 중 적어도 하나" 등의 표현은 함께 나열된 항목들의 모든 가능한 조합을 포함할 수 있다.

[0048] "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.

[0049] 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.

[0050] 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.

[0051] 어떤 상황에서는, "~하도록 구성된 장치"라는 표현은, 그 장치가 다른 장치 또는 부품들과 함께 "~할 수 있는" 것을 의미할 수 있다.

[0052] 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.

[0053] 또한, '또는' 이라는 용어는 배타적 논리합 'exclusive or' 이기보다는 포함적인 논리합 'inclusive or' 를 의미한다.

[0054] 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.

[0056] 상술한 구체적인 실시예들에서, 발명에 포함되는 구성 요소는 제시된 구체적인 실시 예에 따라 단수 또는 복수로 표현되었다.

[0057] 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.

[0058] 한편 발명의 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였으나, 다양한 실시 예들이 내포하는 기술적 사상의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다.

[0059] 그러므로 본 발명의 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니되며 후술하는 청구범위뿐만 아니라 이 청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

[0061] 도 1은 일실시예에 따른 전리층 교란 모니터링 시스템을 설명하기 위한 도면이다.

[0062] 도 1을 참조하면, 일실시예에 따른 전리층 교란 모니터링 시스템(100)은 전리층 교란 검출부(110), 전리층 교란 속도 추정부(120) 및 전리층 교란 폭 추정부(130)를 포함할 수 있다.

[0063] 예를 들면, 전리층 교란 검출부(110), 전리층 교란 속도 추정부(120) 및 전리층 교란 폭 추정부(130)는 하나의 장치로 구현되거나, 각각 별도의 장치로 구현될 수 있다.

[0064] 다시 말해, 전리층 교란 검출부(110)는 전리층 교란 검출장치로 구현되고, 전리층 교란 속도 추정부(120)는 전리층 교란 속도 추정장치로 구현되며, 전리층 교란 폭 추정부(130)는 전리층 교란 폭 추정장치로 구현될 수 있다.

[0065] 구체적으로, 일실시예에 따른 전리층 교란 검출부(110)는 기존의 지표가 아닌 ROTI 생성을 위한 전리층 변화율(rate of TEC; ROT)을 연산하여 소규모 또는 급격한 변동에 따른 전리층 교란을 검출할 수 있다.

[0066] 예를 들면, 전리층 교란은 전리층 섬광과 같은 전리층 이상에 따라 발생되는 현상일 수 있다.

[0067] 일측에 따르면, 전리층 교란 검출부(110)는 지오메트리-프리(geometry-free)의 조합으로 연산된 전리층 변화율을 연산할 수 있다.

[0068] 또한, 전리층 교란 검출부(110)는 연산된 전리층 변화율과 기설정된 전리층 변화 패턴의 비교를 통해 전리층 교란을 검출할 수 있다.

[0069] 일실시예에 따른 전리층 교란 검출부는 이후 실시예 도 2를 통해 보다 구체적으로 설명하기로 한다.

[0070] 일실시예에 따른 전리층 교란 속도 추정부(120)는 운동성 전리층 교란의 형태를 직선으로, 교란의 속도는 해당 직선에 수직 방향으로 가정한 후, 지상의 각 기준국에서 감지한 시각과 해당 시각의 전리층 통과점을 분석함으로써 전리층 교란의 정확한 이동 방향 및 속도를 추정할 수 있다.

[0071] 즉, 전리층 교란 속도 추정부(120)는 보다 정확한 운동성 전리층 교란의 속도 추정을 통해 위성항법 수신기의 측위 정확도와 무결성을 향상시킬 수 있다.

[0072] 또한, 전리층 교란 속도 추정부(120)는 운동성 교란의 속도를 지속적으로 감시하고 이를 누적하여 전리층 교란의 이동 예상 경로를 생성하고 속도와 방향의 오차범위를 이용하여 전리층 교란의 영향 범위를 설정할 수 있다.

[0073] 일실시예에 따른 전리층 교란 속도 추정부는 이후 실시예 도 5를 통해 보다 구체적으로 설명하기로 한다.

[0074] 일실시예에 따른 전리층 교란 폭 추정부(130)는 운동성 전리층 교란에 따른 전리층 불균질 폭을 추정하고, 각 전리층 교란이 영향을 끼치는 시간을 예측할 수 있다.

[0075] 일실시예에 따른 전리층 교란 폭 추정부(130)는 이후 실시예 도 8을 통해 보다 구체적으로 설명하기로 한다.

[0077] 도 2는 일실시예에 따른 전리층 교란 검출장치를 설명하기 위한 도면이다.

[0078] 다시 말해, 이하에서 도 2를 통해 설명하는 전리층 교란 검출장치는 도 1을 통해 설명한 전리층 교란 검출부일 수 있다.

[0079] 도 2를 참조하면, 전리층 교란 검출장치(200)는 원시데이터 정보 수집부(210), 변화율 연산부(220) 및 교란 판단부(230)를 포함할 수 있다.

[0080] 구체적으로, 일실시예에 따른 원시데이터 정보 수집부(210)는 복수의 GNSS(global navigation satellite system) 신호에 대한 원시데이터 정보를 수집할 수 있다.

[0081] 예를 들면, 복수의 GNSS 신호는 서로 다른 위성항법 주파수를 갖는 신호일 수 있다.

[0082] 보다 구체적인 예를 들면, 복수의 GNSS 신호는 제1 주파수(f_1)를 갖는 제1 주파수 GNSS 신호와, 제2 위성항법 주파수(f_2)를 갖는 제2 주파수 GNSS 신호를 포함할 수 있다.

[0083] 일측에 따르면, 원시데이터는 복수의 GNSS 신호 중 제1 주파수 GNSS 신호의 반송파 측정값(ϕ_{f_1}), 제2 주파수 GNSS 신호의 반송파 측정값(ϕ_{f_2}), 제1 주파수의 파장의 길이(λ_{f_1}) 및 GNSS 신호의 제 2 주파수의 파장의 길이(λ_{f_2}) 중 적어도 하나의 원시데이터 정보를 포함할 수 있다.

[0084] 일실시예에 따른 변화율 연산부(220)는 수집된 원시데이터 정보에 기초하여 전리층 변화율(rate of TEC; ROT)을 연산할 수 있다.

[0085] 일측에 따르면, 전리층 변화율은 제1 주파수 GNSS 신호의 반송파 측정값(ϕ_{f_1}), 제2 주파수 GNSS 신호의 반송파 측정값(ϕ_{f_2}), 제1 주파수의 파장의 길이(λ_{f_1}) 및 제2 주파수의 파장의 길이(λ_{f_2})의 연산을 통해 산출될 수 있다.

[0086] 보다 구체적으로, 제1 주파수 GNSS 신호 및 제2 주파수 GNSS 신호의 반송파 측정값의 모델링 식은 하기 수학식4와 같이 표현될 수 있다.

[0087] [수학식4]

[0088]
$$\phi^i_{f_1}(t)\lambda = d^i(t) - b^i(t) + \delta R^i(t) + B_\Phi(t) - \frac{40.3 \cdot 10^{16}}{f_1^2} TEC^i(t) + T^i(t) + \epsilon^i_\Phi(t) + N^i_{f_1}\lambda_{f_1}$$

$$\phi^i_{f_2}(t)\lambda = d^i(t) - b^i(t) + \delta R^i(t) + B_\Phi(t) - \frac{40.3 \cdot 10^{16}}{f_2^2} TEC^i(t) + T^i(t) + \epsilon^i_\Phi(t) + N^i_{f_2}\lambda_{f_2}$$

[0089] 여기서, $\phi^i(t)$는 i번째(여기서 i는 양의 정수) 위성이 시각 t(여기서 t는 양의 실수)에 수신한 반송파 측정값,

d는 위성과 수신기 간의 거리, b는 사용자 시계 오차, $\delta R(t)$는 위성궤도오차, I는 전리층 오차, T는 대류층 오차, ϵ는 측정치 잡음, N은 미지정수, λ는 각 위성항법 주파수의 파장의 길이를 의미한다.

[0090] 상술한 수학식4는 거리, 위성 시계와 사용자 시계 오차 이외에 위성궤도오차, 전리층오차, 대류층 오차와 측정치 잡음이 포함되어 있으나 두 측정값($\phi^{i}_{f_1}(t)\lambda$, $\phi^{i}_{f_2}(t)\lambda$)의 차이는 전리층만 포함되므로, 하기 수학식5와 같이 지오메트리-프리(geometry-free)의 조합을 생성하여 전리층의 TEC(total electron content; 총전자함유량)를 포함하는 항을 연산할 수 있다.

[0091] [수학식5]

[0092]
$$\frac{\left(\phi_{f_1}\lambda_{f_1}-\phi_{f_2}\lambda_{f_2}\right)}{40.3\cdot 10^{16}\left(\frac{1}{f_1^2}-\frac{1}{f_2^2}\right)}=TEC+\frac{\left(N_{f_1}\lambda_{f_1}-N_{f_2}\lambda_{f_2}\right)}{40.3\cdot 10^{16}\left(\frac{1}{f_1^2}-\frac{1}{f_2^2}\right)}+\epsilon_{GF}$$

[0093] 상술한 수학식5에서 미지정수(N)가 포함된 항은 사이클 슬립(cycle sleep)이 없을 경우 일정한 값을 유지하므로, 변화율 연산부(220)는 하기 수학식6을 통해 전리층 변화율(ROT)을 연산할 수 있다.

[0094] [수학식6]

[0095]
$$ROT(t_{i-1})=\frac{\left(\phi_{f_1}(t_i)\lambda_{f_1}-\phi_{f_2}(t_i)\lambda_{f_2}\right)-\left(\phi_{f_1}(t_{i-1})\lambda_{f_1}-\phi_{f_2}(t_{i-1})\lambda_{f_2}\right)}{(t_i-t_{i-1})40.3\cdot 10^{16}\left(\frac{1}{f_1^2}-\frac{1}{f_2^2}\right)}$$

[0096] 즉, 일실시예에 따른 전리층 교란 검출장치(200)는 주파수와 반송파 측정값(반송파 위상 측정값)만을 이용하는 지오메트리-프리 조합으로 전리층 변화율을 연산함으로써, GNSS 신호에 대한 정교한 바이어스 추정 없이 보다 용이하게 전리층 교란을 검출할 수 있다.

[0097] 일실시예에 따른 교란 판단부(230)는 연산된 전리층 변화율과 기설정된 임계값을 비교하여 전리층 교란의 발생 여부를 판단할 수 있다.

[0098] 예를 들면, 기설정된 임계값은 기설정된 양의 임계값(positive threshold) 및 기설정된 음의 임계값(negative threshold) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0099] 일측에 따르면, 교란 판단부(230)는 연산된 전리층 변화율이 기설정된 임계값을 초과하는 시점을 기준으로 이상 현상의 발생 여부를 판단하기 위한 시간 구간을 설정하고, 설정된 시간 구간에 대응되는 전리층 변화율과 기설정된 전리층 변화 패턴을 비교하여 전리층 교란의 발생 여부를 판단할 수 있다.

[0100] 보다 구체적으로, 교란 판단부(230)는 전리층 변화율의 값이 '0'인 지점을 기준으로 기설정된 양의 최소 임계값과 기설정된 음의 최소 임계값 사이의 범위를 초과하는 시간 구간을 이상 현상의 발생 여부(전리층 교란의 발생 여부)를 판단하기 위한 시간 구간으로 판단할 수 있다.

[0101] 다시 말해, 기설정된 임계값들은 기설정된 양의 임계값, 기설정된 양의 최소 임계값, 기설정된 음의 최소 임계값 및 기설정된 음의 임계값 순으로 크게 설정될 수 있다.

[0102] 일측에 따르면, 교란 판단부(230)는 설정된 시간 구간에 대응되는 전리층 변화율의 값이 증가하여 양의 임계값을 초과한 이후에 다시 감소하여 음의 임계값을 초과하면, 기설정된 전리층 변화 패턴과 유사도가 높은 것으로 판단하여 전리층 교란이 발생된 것으로 판단할 수 있다.

[0103] 다시 말해, 기설정된 전리층 변화 패턴은 전리층 변화율의 값이 '0' 부근에서 양의 크기로 증가하여 기설정된 양의 임계값을 초과하고 양의 피크값(positive peak)에 도달하면 다시 음의 크기로 감소하여 기설정된 음의 임계값을 초과하고 음의 피크값(negative peak)에 도달한 이후에 다시 '0'의 값에 수렴하는 형태의 패턴일 수 있다.

[0104] 일실시예에 따른 전리층 교란 검출장치에서 연산된 전리층 변화율과 기설정된 전리층 변화 패턴을 이용하여 전리층 교란의 발생 여부를 판단하는 예시는 이후 실시예 도 3을 통해 보다 구체적으로 설명하기로 한다.

[0106] 도 3은 일실시예에 따른 전리층 교란 검출장치에서 전리층 변화율과 기설정된 전리층 변화 패턴을 이용하여 전리층 교란을 검출하는 예시를 설명하기 위한 도면이다.

[0107] 도 3을 참조하면, 참조부호 300은 임의의 시간 구간(t_1 내지 $t_1+\delta t$)에서 감지된 전리층 변화 패턴을 나타낸다.

[0108] 참조부호 300에 따르면, 전리층 불균질을 통과하는 GNSS 신호는 밀도가 낮은 곳에서 높은 곳으로 통과하기 때문에 전리층 변화율(ROT)이 급격히 상승하고, 불균질에서 빠져나오는 GNSS 신호는 밀도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 진행하므로 전리층 변화율(ROT)이 급격히 감소하는 고유의 패턴(전리층 변화 패턴)을 지니게 되므로, 수신된 GNSS 신호를 이용한 전리층 변화율의 경향성을 파악(전리층 변화 패턴 분석)하면, GNSS 신호의 전리층 분균질의 통과 여부를 파악할 수 있다.

[0109] 보다 구체적으로, 일반적인 전리층 변화율은 그 평균값이 '0'에 가까운 백색잡음의 형태는 띈다. 그러나, 전리층 교란에 따른 영향을 받은 GNSS 신호는 그 특성이 정상의 경우와 달라진다.

[0110] 이에, 일실시예에 따른 전리층 교란 검출장치는 시간 구간(t_1 내지 $t_1+\delta t$)에 대응되는 전리층 변화율의 값이 증가하여 양의 임계값을 초과한 이후에 다시 감소하여 음의 임계값을 초과하면, 기설정된 전리층 변화 패턴과 유사도가 높은 것으로 판단하여 전리층 교란이 발생된 것으로 판단할 수 있다.

[0111] 다시 말해, 일실시예에 따른 전리층 교란 검출장치는 참조부호 300에 도시된 것과 같이 전리층 변화율이 정상 범위(기설정된 양의 최소 임계값 내지 기설정된 음의 최소 임계값) 이상으로 관찰된 경우 전리층 이상현상 우려 지점으로 간주하여 감시를 시작하고, 이후 전리층 변화율이 급격히 양의 값으로 상승하였다가 양의 피크값(positive peak)에서 다시 음의 값으로 하강하여 음의 피크값(negative peak)에 도달한 이후 다시 '0'의 값으로 수렴하는 전리층 교란에 따른 고유의 패턴(기설정된 전리층 변화 패턴)을 띄는지 확인하여 최종적으로 전리층 교란 여부를 판단할 수 있다.

[0113] 도 4는 운동성 전리층 교란의 속도 벡터와 폭을 설명하기 위한 도면이다.

[0114] 도 4를 참조하면, 참조부호 400은 운동성 전리층 교란의 속도 벡터($\vec{v}$)와, 운동성 전리층 교란의 폭(l)을 나타낸다.

[0115] 참조부호 400에 따르면, 운동성 전리층 교란은 직선의 형태로 표현되고, 속도 벡터($\vec{v}$)는 직선 형태로 표현된 운동성 전리층 교란의 앞전(leading edge)과 수직한 방향으로 형성된다.

[0116] 한편, 참조부호 400에서, 운동성 전리층 교란의 폭(l)은 직선 형태로 표현된 운동성 전리층 교란의 앞전과 뒷전(trailing edge) 사이의 간격을 의미한다.

[0117] 또한, RS1 내지 RS3는 복수의 수신기를 의미하고, IPP_1 내지 IPP_3은 복수의 수신기 각각에서 동일한 운동성 전리층 교란이 검출된 시각(t_1 내지 t_3) 각각에 대응되는 전리층 통과점(ionospheric pierce point; IPP)을 의미하며, 여기서 전리층 통과점은 GNSS 신호가 운동성 전리층 교란을 통과하는 지점을 의미한다. 예를 들면, 복수의 수신기는 GNSS 시스템의 기준국일 수 있다.

[0118] 즉, 도 1을 통해 설명한 일실시예에 따른 전리층 교란 속도 추정부와 일실시예에 따른 전리층 교란 폭 추정부 각각은 참조부호 400에 도시된 환경에서 운동성 전리층 교란의 속도 벡터($\vec{v}$)와 폭(l)을 추정할 수 있다.

[0120] 도 5는 일실시예에 따른 전리층 교란 속도 추정장치를 설명하기 위한 도면이다.

[0121] 다시 말해, 이하에서 도 5를 통해 설명하는 전리층 교란 속도 추정장치는 도 1을 통해 설명한 전리층 교란 속도 추정부일 수 있다.

[0122] 도 5를 참조하면, 일실시예에 따른 전리층 교란 속도 추정장치(500)는 교란 정보 수집부(510) 및 교란 속도 추정부(520)를 포함할 수 있다.

[0123] 구체적으로, 일실시예에 따른 교란 정보 수집부(510)는 운동성 전리층 교란이 검출된 복수의 수신기 각각으로부터 운동성 전리층 교란이 검출된 시각 및 전리층 통과점(ionospheric pierce point; IPP)에 관한 정보를 수집할 수 있다.

[0124] 일측에 따르면, 전리층 통과점은 운동성 전리층 교란이 검출된 시각에서 GNSS(global navigation satellite system) 신호가 전리층을 통과하는 지점에 관한 좌표 정보(x축 좌표 정보 및 y축 좌표 정보)를 포함할 수 있다.

[0125] 일측에 따르면, 복수의 수신기 각각은 GNSS 신호에 기초하여 전리층 변화율(rate of TEC; ROT)을 연산하고, 연

산된 전리층 변화율과 기설정된 임계값을 비교하여 운동성 전리층 교란을 검출할 수 있다.

[0126] 다시 말해, 복수의 수신기 각각은 도 1 내지 도 3을 통해 설명한 일실시예에 따른 전리층 교란 검출부(전리층 교란 검출 장치)를 포함할 수 있으며, 전리층 교란 검출부를 통해 운동성 전리층 교란을 검출할 수 있다.

[0127] 일실시예에 따른 교란 속도 추정부(520)는 수집된 검출 시각 정보 및 전리층 통과점 정보에 기초하여 운동성 전리층 교란에 대한 속도 벡터를 산출하고, 산출된 속도 벡터를 이용하여 전리층 교란의 속도를 추정할 수 있다.

[0128] 예를 들면, 속도 벡터는 도 4를 통해 설명한 바와 같이, 운동성 전리층 교란의 앞전(leading edge)과 수직한 방향으로 형성될 수 있다.

[0129] 일측에 따르면, 교란 속도 추정부(520)는 속도 벡터를 구성하는 좌표계의 기준축 성분을 이용하여 전리층 교란의 속도를 추정할 수 있다.

[0130] 보다 구체적으로, 속도 벡터를 구성하는 좌표계의 기준축 성분은 복수의 수신기 중 어느 하나의 수신기에서 운동성 전리층 교란이 검출된 시각(t_1)과 다른 하나의 수신기에서 운동성 전리층 교란이 검출된 시각(t_3)의 감산값(t_1-t_3)과, 어느 하나의 수신기에서의 전리층 통과점의 좌표계 상 좌표 성분(x_{IPP_1}, y_{IPP_1})의 연산을 통해 산출될 수 있다.

[0131] 예를 들면, 좌표계는 직교좌표계일 수 있고, 바람직하게는 좌표계는 x축 성분 및 y축 성분을 포함할 수 있다. 또한, 속도 벡터를 구성하는 좌표계의 기준축 성분은 속도 벡터를 구성하는 y축 성분일 수 있다.

[0132] 일실시예에 따른 전리층 교란 속도 추정장치에서 속도 벡터를 산출하고, 산출된 속도 벡터를 이용하여 전리층 교란의 속도를 추정하는 예시는 이후 실시예 도 7을 통해 보다 구체적으로 설명하기로 한다.

[0134] 도 6은 운동성 전리층 교란이 검출된 시각을 산출하는 예시를 설명하기 위한 도면이다.

[0135] 도 6을 참조하면, 참조부호 600은 전리층 변화 패턴에서 운동성 전리층 교란이 검출된 시각을 나타낸다.

[0136] 참조부호 600에 따르면, 도 5를 통해 설명한 복수의 수신기(일실시예에 따른 전리층 교란 검출장치) 각각은 서로 다른 시각에 동일한 운동성 전리층 교란을 검출할 수 있다.

[0137] 구체적으로, 복수의 수신기 각각은 연산된 전리층 변화율이 기설정된 임계값을 초과하는 시점을 기준으로 설정되는 시간 구간에서 연산된 전리층 변화율이 양의 피크값(positive peak)을 갖는 시점(t_1, t2, t3)을 운동성 전리층 교란이 검출된 시각으로 판단할 수 있다.

[0138] 즉, 참조부호 600에 따르면, 운동성 전리층 교란은 제2 수신기(RS2)에서 제일 먼저 감지되고(t_2), 그 다음으로 제3 수신기(RS3)에서 감지되며(t_3), 그 다음으로 제1 수신기(RS1)에서 감지되는(t_1) 것을 확인할 수 있다.

[0139] 한편, 참조부호 600에서 도시된 δt는 GNSS 신호가 전리층 불균질을 통과하는 소요된 시간으로, 복수의 수신기 각각은 참조부호 600에 도시된 전리층 변화 패턴의 모니터링을 통해 δt를 측정할 수 있다.

[0141] 도 7은 일실시예에 따른 전리층 교란 속도 추정장치에서 속도 벡터를 산출하는 예시를 설명하기 위한 도면이다.

[0142] 도 7을 참조하면, 참조부호 700은 도 4의 운동성 전리층 교란의 개략도를 나타낸다.

[0143] 구체적으로, 참조부호 700에서 line #1, #2, #3은 수신기 #1, #2, #3에서 관측된 GNSS 신호와 만나는 전리층 교란의 앞전(leading edge)을 단순화시킨 것이다.

[0144] 참조부호 700에 따르면, IPP(Ionospheric Pierce Point)는 시각 t_1, t_2, t_3에 GNSS 신호가 전리층을 통과하는 지점을 의미하므로, line #1, #2, #3는 IPP_1, IPP_2, IPP_3를 통과한다.

[0145] 여기서, 속도 벡터($\vec{V}$)는 직선 형태로 표현된 운동성 전리층 교란의 앞전과 수직한 방향으로 형성되므로, line #1, #2, #3 각각은 하기 수학식7과 같이 표현될 수 있다.

[0146] [수학식7]

[0147]
$$\left.\begin{array}{l} line\ \#1\ :\ \vec{V}\cdot(\vec{x}_1(t_1)-\overrightarrow{IPP_1}(t_1))=0 \\ line\ \#2\ :\ \vec{V}\cdot(\vec{x}_2(t_2)-\overrightarrow{IPP_2}(t_2))=0 \\ line\ \#3\ :\ \vec{V}\cdot(\vec{x}_3(t_3)-\overrightarrow{IPP_3}(t_3))=0 \end{array}\right\}$$

[0148] 여기서, $\vec{x}(t)$는 각 시각(t_1, t_2, t_3)에서 운동성 전리층 교란의 앞전의 위치 벡터, $\overrightarrow{IPP}$는 각 시각(t_1, t_2, t_3)에 대응되는 전리층 통과점(IPP_1, IPP_2, IPP_3)들의 위치 벡터를 의미한다.

[0149] 도 6에서 설명한 바와 같이, 전리층 감시를 통하여 각 시각(t_1, t_2, t_3)간의 간격을 측정할 수 있으므로, 각 line사이의 거리를 $|\vec{V}|(t_1-t_3)$, $|\vec{V}|(t_2-t_3)$으로 설정할 수 있으며, 이를 통해 하기 수학식8을 산출할 수 있다.

[0150] [수학식8]

[0151]
$$\left.\begin{array}{l} \overrightarrow{IPP_{31}}\cdot\dfrac{\vec{V}}{|\vec{V}|}=V_x\cdot x_{IPP_1}+V_y\cdot y_{IPP_1}=|\vec{V}|(t_1-t_3) \\ \overrightarrow{IPP_{32}}\cdot\dfrac{\vec{V}}{|\vec{V}|}=V_x\cdot x_{IPP_2}+V_y\cdot y_{IPP_2}=|\vec{V}|(t_2-t_3) \end{array}\right\}$$

[0152] 여기서, $\overrightarrow{IPP_{31}}$은 전리층 통과점 IPP_3와 IPP_1간의 위치 벡터, $\overrightarrow{IPP_{32}}$는 전리층 통과점 IPP_3와 IPP_2간의 위치 벡터, V_x는 속도 벡터($\vec{V}$)의 x축 성분, V_y는 속도 벡터($\vec{V}$)의 y축 성분, x_{IPP}는 전리층 통과점(IPP)의 x축 성분, y_{IPP}는 전리층 통과점(IPP)의 y축 성분을 의미한다.

[0153] 또한, 수학식8에서 두 식의 비는 하기 수학식9와 같이 산출될 수 있다.

[0154] [수학식9]

[0155]
$$\frac{(V_x\cdot x_{IPP_1}+V_y\cdot y_{IPP_1})}{(V_x\cdot x_{IPP_2}+V_y\cdot y_{IPP_2})}=\frac{(t_1-t_3)}{(t_2-t_3)}$$

[0156] 수학식9를 정리하여 하기와 같이 속도 벡터($\vec{V}$)의 x축 성분(V_x)과 y축 성분(V_y)에 따른 수학식10을 산출할 수 있다.

[0157] [수학식10]

[0158]
$$V_x=-\frac{\{y_{IPP_1}(t_2-t_3)-y_{IPP_2}(t_1-t_3)\}}{\{x_{IPP_1}(t_2-t_3)-x_{IPP_2}(t_1-t_3)\}}V_y=C_vV_y$$

[0159] 여기서, C_v는 $V_x=-\frac{\{y_{IPP_1}(t_2-t_3)-y_{IPP_2}(t_1-t_3)\}}{\{x_{IPP_1}(t_2-t_3)-x_{IPP_2}(t_1-t_3)\}}V_y=C_vV_y$를 의미한다.

[0160] 수학식10을 다시 수학식8에 대입하면, 속도 벡터($\vec{V}$)의 y축 성분(V_y)은 하기 수학식11을 통해 산출될 수 있다.

[0161] [수학식11]

[0162]
$$V_y=\frac{x_{IPP_1}C_v+y_{IPP_1}}{(1+C_v{}^2)(t_1-t_3)}$$

[0163] 속도 벡터($\vec{V}$)는 직선 형태로 표현된 운동성 전리층 교란의 앞전과 수직으로 형성되므로, 최종적으로 수학식11로부터 속도 벡터($\vec{V}$)를 산출할 수 있다.

[0164] 다시 말해, 일실시예에 따른 전리층 교란 속도 추정장치는 IPP_1에 대응되는 운동성 전리층 교란의 검출 시각(t_1)과 IPP_3에 대응되는 운동성 전리층 교란의 검출 시각 (t_3)의 감산 값(t_1-t_3)과, IPP_1의 x축 성분(x_{IPP1}) 및 IPP_1의 y축 성분(y_{IPP1})을 연산하는 수학식11을 통해 속도 벡터($\vec{V}$)를 산출하고, 산출된 속도 벡터($\vec{V}$)를 통해 운동성 전리층 교란의 속도를 추정할 수 있다.

[0165] 결국, 일실시예에 따른 전리층 교란 속도 추정장치는 상술한 방법을 통해 운동형 전리층 교란의 속도를 정확히 추정할 수 있고, 운동형 전리층 교란의 속도를 정확히 추정함으로써, 인근지역의 위성항법 수신기에서 수신한 각 위성 신호에 해당 전리층 교란이 영향을 끼칠 수 있는지 여부와 다수의 위성들 중 어떤 위성에 언제 영향을 끼칠지를 정확히 판단할 수 있으므로, 해당 수신기의 측위 정확도와 무결성을 크게 향상시킬 수 있다.

[0167] 도 8은 일실시예에 따른 전리층 교란 폭 추정장치를 설명하기 위한 도면이다.

[0168] 다시 말해, 이하에서 도 8을 통해 설명하는 전리층 교란 폭 추정장치는 도 1을 통해 설명한 전리층 교란 폭 추정부일 수 있다.

[0169] 도 8을 참조하면, 일실시예에 따른 전리층 교란 폭 추정장치(800)는 교란 정보 수집부(810), 거리 산출부(820) 및 교란 폭 추정부(830)를 포함할 수 있다.

[0170] 구체적으로, 일실시예에 따른 교란 정보 수집부(810)는 운동성 전리층 교란이 검출된 복수의 수신기 각각으로부터 운동성 전리층 교란이 검출된 시각 및 전리층 통과점(ionospheric pierce point; IPP)에 관한 정보를 수집할 수 있다.

[0171] 일측에 따르면, 전리층 통과점은 운동성 전리층 교란이 검출된 시각에서 GNSS(global navigation satellite system) 신호가 전리층을 통과하는 지점에 관한 좌표 정보를 포함할 수 있다.

[0172] 일측에 따르면, 복수의 수신기 각각은 GNSS 신호에 기초하여 전리층 변화율(rate of TEC; ROT)을 연산하고, 연산된 전리층 변화율과 기설정된 임계값을 비교하여 운동성 전리층 교란을 검출할 수 있다.

[0173] 또한, 복수의 수신기 각각은 연산된 전리층 변화율이 기설정된 임계값을 초과하는 시점을 기준으로 설정되는 시간 구간에서 연산된 전리층 변화율이 양의 피크값을 갖는 시점을 운동성 전리층 교란이 검출된 시간으로 판단할 수 있다.

[0174] 보다 구체적으로, 교란 정보 수집부(810)는 도 5 내지 도 7을 통해 설명한 일실시예에 따른 전리층 교란 속도 추정장치에 구비되는 교란 정보 수집부와 동일한 기능을 수행할 수 있다.

[0175] 즉, 일실시예에 따른 전리층 교란 폭 추정장치(800)와 도 5 내지 도 7을 통해 설명한 일실시예에 따른 전리층 교란 속도 추정장치가 하나의 장치로 구현되면, 하나의 교란 정보 수집부를 서로 공유할 수도 있다.

[0176] 일실시예에 따른 거리 산출부(820)는 운동성 전리층 교란의 속도 벡터를 수신하고, 수신한 속도 벡터에 기초하여 운동성 전리층 교란의 앞전(leading edge)의 이동 거리를 산출할 수 있다.

[0177] 예를 들면, 거리 산출부(820)는 도 5 내지 도 7을 통해 설명한 일실시예에 따른 전리층 교란 속도 추정장치로부터 산출된 운동성 전리층 교란의 속도 벡터를 수신할 수 있다.

[0178] 일측에 따르면, 거리 산출부(820)는 수신한 속도 벡터($\vec{V}$)에 GNSS 신호가 운동성 전리층 교란에 따른 전리층 불균질을 통과하는데 소요된 시간 값(δt)을 반영하여 운동성 전리층 교란의 앞전의 이동 거리($|\vec{V}\delta t|$)를 산출할 수 있다.

[0179] 보다 구체적으로, 도 6을 통해 설명한 바와 같이, 소요된 시간 값(δt)은 전리층 변화 패턴의 모니터링을 통해 측정될 수 있으므로, 거리 산출부(820)는 측정된 시간 값(δt)을 수신한 속도 벡터($\vec{V}$)에 반영하여 운동성 전리

층 교란의 앞전의 이동 거리($|\vec{V}\delta t|$)를 산출할 수 있다.

[0180] 일실시예에 따른 교란 폭 추정부(830)는 수집된 검출 시각 및 전리층 통과점에 관한 정보와, 산출된 운동성 전리층 교란의 앞전의 이동 거리에 기초하여 운동성 전리층 교란의 폭을 추정할 수 있다.

[0181] 일측에 따르면, 교란 폭 추정부(830)는 산출된 운동성 전리층 교란의 앞전의 이동 거리($|\vec{V}\delta t|$)에서, 수집된 검출 시각 중 운동성 전리층 교란이 처음 검출된 시각($t_{3,lead}$)에서의 운동성 전리층 교란의 앞전과 처음 검출된 시각($t_{3,lead}$)으로부터 운동성 전리층 교란에 따른 전리층 불균질을 통과하는데 소요된 시간(δt)이 경과한 이후의 시각($t_{3,lead}+\delta t$)에서의 운동성 전리층 교란의 뒷전(trailing edge)간의 거리(d)를 감산하여 운동성 전리층 교란의 폭(l)을 추정할 수 있다.

[0182] 일측에 따르면, 교란 폭 추정부(830)는 산출된 운동성 전리층 교란의 앞전의 이동 거리($|\vec{V}\delta t|$)와, 처음 검출된 시각($t_{3,lead}$)에 대응되는 전리층 통과점 ($IPP_3(t_{3,lead})$)에서 δt 만큼 경과한 이후의 시각($t_{3,lead}+\delta t$에 대응되는 전리층 통과점($IPP_3(t_{3,lead}+\delta t)$)으로의 벡터($\vec{dp}$)를 연산하여 운동성 전리층 교란의 폭($l$)을 추정할 수 있다.

[0183] 일실시예에 따른 전리층 교란 폭 추정장치에서 운동성 전리층 교란의 폭을 추정하는 예시는 이후 실시예 도 9를 통해 보다 구체적으로 설명하기로 한다.

[0185] 도 9는 일실시예에 따른 전리층 교란 폭 추정장치에서 운동성 전리층 교란의 폭을 추정하는 예시를 설명하기 위한 도면이다.

[0186] 도 9를 참조하면, 참조부호 900은 도 4의 운동성 전리층 교란의 개략도를 나타낸다.

[0187] 참조부호 900에 따르면, 직선으로 가정한 전리층 교란이 속도 벡터($\vec{V}$)에 대응되는 속도로 이동하면, 전리층 교란의 앞전의 이동한 거리는 $|\vec{V}\delta t|$로 표현될 수 있다.

[0188] 또한, 전리층 교란이 처음 발견된 시각($t_{3,lead}$)에서의 운동성 전리층 교란의 앞전과 GNSS 신호가 교란을 빠져나간 시각, 즉 δt 이후에서의 운동성 전리층 교란의 뒷전 사이의 거리를 $|\vec{V}\delta t|$에서 뺀 결과를 운동성 전리층 교란의 폭(l)으로 추정할 수 있다.

[0189] 또한, 운동성 전리층 교란의 앞전과 속도 벡터($\vec{V}$)가 서로 수직하므로, 시각 $t_{3,lead}$에서의 앞전과 시각 $t_{3,lead}+\delta t$에서의 뒷전간의 거리는 시간 $t_{3,lead}$에서의 전리층 통과점 $IPP_3(t_{3,lead})$과 시각 $t_{3,lead}+\delta t$에서의 전리층 통과점 $IPP_3(t_{3,lead}+\delta t)$ 간의 벡터($\vec{dp}$)를 속도 벡터($\vec{V}$) 방향으로 투영한 값으로 표현될 수 있다.

[0190] 이를 수학식으로 표현하면, 시각 $t_{3,lead}$에서의 앞전과 시각 $t_{3,lead}+\delta t$에서의 뒷전간의 거리(d)는 하기 수학식12를 통해 산출될 수 있다.

[0191] [수학식12]

$$d = \overrightarrow{dp} \cdot \frac{\overrightarrow{V}}{|\overrightarrow{V}|}$$

[0192]

[0193] 따라서, 운동성 전리층 교란의 폭(l)은 하기 수학식13을 통해 산출될 수 있다.

[0194] [수학식13]

$$l = |\overrightarrow{V}|\delta t - \overrightarrow{dp} \cdot \frac{\overrightarrow{V}}{|\overrightarrow{V}|}$$

[0195]

[0196] 다시 말해, 일실시예에 따른 전리층 교란 폭 추정장치는 운동성 전리층 교란의 앞전의 이동 거리($|\overrightarrow{V\delta t}|$)와 벡터($\overrightarrow{dp}$)를 연산하는 수학식13을 통해 운동성 전리층 교란의 폭(l)을 추정할 수 있다.

[0197] 한편, 일실시예에 따른 전리층 교란 폭 추정장치는 운동성 전리층 교란의 폭(l)을 추정하여, 인근 지역의 위성항법 신호에 전리층 교란이 영향을 끼치는 시간(δt)을 추정할 수도 있다.

[0198] 구체적으로, 수학식 12에서 벡터($\overrightarrow{dp}$)는 하기 수학식14와 같이 표현될 수 있다.

[0199] [수학식14]

$$\overrightarrow{dp} = \overrightarrow{dv_p}\delta t$$

[0200]

[0201] 여기서, $\overrightarrow{dv_p}$는 GNSS 위성 IPP의 이동 속도를 의미한다.

[0202] 수학식14를 수학식13에 대입하면, 하기 수학식15를 산출할 수 있으며, 수학식15를 이용하여 하기 수학식16과 같이 소요시간 (δt)을 산출할 수 있다.

[0203] [수학식15]

$$l = |\overrightarrow{V}|\delta t - \overrightarrow{dv_p}\delta t \cdot \frac{\overrightarrow{V}}{|\overrightarrow{V}|}$$

[0204]

[0205] [수학식16]

$$\delta t = \frac{l}{|\overrightarrow{V}| - \overrightarrow{dv_p} \cdot \frac{\overrightarrow{V}}{|\overrightarrow{V}|}}$$

[0206]

[0207] 다시 말해, 일실시예에 따른 전리층 교란 폭 추정장치는 수학식16을 통해 인근 지역의 위성항법 신호에 전리층 교란이 영향을 끼치는 시간(δt)을 추정할 수 있다.

[0209] 도 10은 일실시예에 따른 전리층 교란 모니터링 시스템을 이용한 시뮬레이션 결과를 설명하기 위한 도면이다.

[0210] 도 10을 참조하면, 도 10의 (a) 내지 (f)는 전리층 변화율(rate of TEC; ROT)에 기반하여 전리층 교란을 모니터

링하는 일실시예에 따른 전리층 교란 모니터링 시스템의 시뮬레이션 결과를 나타낸다.

[0211] 구체적으로, 도 10의 (a)는 Poker Flat에서 GLONASS # 13 위성을 이용하여 전리층 섬광 의심 지역을 시뮬레이션한 결과를 나타내고, 도 10의 (b)는 Poker Flat에서 GPS #30 위성을 이용하여 전리층 섬광 의심 지역을 시뮬레이션한 결과를 나타내며, 도 10의 (c) 내지 (f)는 AB33(Coldfoot)에서의 전리층 변화율과, 전리층 섬광을 시계열적으로 시뮬레이션한 결과를 나타낸다.

[0212] 보다 구체적으로, 일실시예에 따른 전리층 교란 모니터링 시스템은 운동성 전리층 교란의 속도를 지속적으로 감시하고, 이를 누적하여 전리층 교란의 이동 예상 경로를 생성하며, 속도와 방향의 오차범위를 이용하여 전리층 교란의 영향 범위를 설정할 수 있다.

[0213] 보다 구체적으로 도 10의 (a) 내지 (b)의 시뮬레이션 결과에 따르면, GLONASS #13 위성의 전리층 변화율은 04:35:57 UT(Universal time)에서 불균질이 감지되었고, GPS # 30 위성은 05:03:37 UT에서 불균질이 감지되었다.

[0214] 또한, 각각 불균질이 감지된 장소(X 표시)로부터 형성된 운동성 전리층 교란의 궤적은 북서 방향으로 진행되었고, 방위각 247.2° 및 고도각 44.1° 에서의 GPS #5 위성과, 방위각 281.6° 및 고도각 30.1° 에서의 GPS #13 위성이 GLONASS #13으로부터 감지된 전리층 섬광 의심 지역 내에 위치함을 사전에 예측할 수 있었으며, 실제 전리층 섬광은 도 10의 (c) 내지 (f)와 같이, 사전 예측에 따른 경보가 발령된 직후 관찰될 수 있었다.

[0215] 다시 말해, 일실시예에 따른 전리층 교란 모니터링 시스템을 이용하면, 전리층 교란을 사전에 예측하고 대비할 수 있으며, 이를 통해 위성항법의 신뢰성을 제고하여 위성항법의 운영 범위와 시간 확대를 도모할 수 있다.

[0216] 한편, 일실시예에 따른 전리층 교란 모니터링 시스템은 전리층 교란이 영향을 끼치기 시작한 시각을 시점으로 전리층 불균질의 폭을 산출하는 수학식을 역산하여 이 지역에 영향을 끼치는 시간을 도 10의 (c) 내지 (f)와 같이 예측할 수 있다.

[0217] 보다 구체적으로 도 10의 (c) 내지 (f)에 따르면, GLONASS #13 위성에서 04:21:06에서 04:59:17까지 6 번의 경보가 발생했으며, 예상 시간에 대한 ROT 변동은 도 10의 (c)의 "ROT alarmed by GLONASS #13", 도 10의 (e)의 "ROT alarmed by GPS #30" 및 도 10의 (f)의 "ROT alarmed by GLONASS #13"에 대응되는 점들을 통해 확인할 수 있다.

[0218] 또한, GPS #30 위성에 의해 또 다른 불균질이 예측 되었으며, 이는 도 10의 (d) 내지 (f)에서 "ROT alarmed by GPS #30"에 대응되는 점들을 통해 확인되는 것과 같이 크고 오래 지속되는 전리층 섬광이 관찰된 것을 확인할 수 있었다.

[0219] 즉, 일실시예에 따른 전리층 교란 모니터링 시스템은 연산된 전리층 변화율에 기초하여 전리층 교란의 모니터링 결과를 고속 및 고해상도로 사용자에게 제공할 수 있으며, 사용자는 제공받은 데이터를 통해 전리층 섬광과 같은 이상현상을 적시에 정확하게 예측할 수 있다.

[0221] 도 11은 일실시예에 따른 전리층 교란 모니터링 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0222] 다시 말해, 도 11은 도 1 내지 도 10을 통해 설명한 일실시예에 따른 전리층 교란 모니터링 시스템의 동작 방법을 설명하는 도면으로, 이후 도 11을 통해 설명하는 내용 중 도 1 내지 도 10을 통해 설명한 내용과 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

[0223] 도 11을 참조하면, 1110 단계에서 일실시예에 따른 전리층 교란 모니터링 방법은 지오메트리-프리(geometry-free)의 조합으로 연산된 전리층 변화율과, 기설정된 전리층 변화 패턴의 비교를 통해 전리층 교란을 검출할 수 있다.

[0224] 다음으로, 1120 단계에서 일실시예에 따른 전리층 교란 모니터링 방법은 운동성 전리층 교란의 형태를 직선으로, 교란의 속도는 해당 직선에 수직 방향으로 가정한 후, 지상의 각 기준국에서 감지한 시각과 해당 시각의 전리층 통과점을 분석함으로써 전리층 교란의 정확한 이동 방향 및 속도를 추정할 수 있다.

[0225] 다음으로, 1130 단계에서 일실시예에 따른 전리층 교란 모니터링 방법은 운동성 전리층 교란에 따른 전리층 불균질 폭을 추정할 수 있다.

[0226] 일실시예에 따른 전리층 교란 모니터링 방법은 이후 실시예 도 12 내지 도 14를 통해 보다 구체적으로 설명하기로 한다.

[0228] 도 12는 일실시예에 따른 전리층 교란 검출 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0229] 도 12를 참조하면, 이하에서 설명하는 일실시예에 따른 전리층 교란 검출 방법은 도 11의 1110 단계에서 수행될 수 있다.

[0230] 구체적으로, 1210 단계에서 일실시예에 따른 전리층 교란 검출 방법은 원시데이터 정보 수집부에서 복수의 GNSS(global navigation satellite system) 신호에 대한 원시데이터 정보를 수집할 수 있다.

[0231] 다음으로, 1220 단계에서 일실시예에 따른 전리층 교란 검출 방법은 변화율 연산부에서 수집된 원시데이터 정보에 기초하여 전리층 변화율(rate of TEC; ROT)을 연산할 수 있다.

[0232] 일측에 따르면, 전리층 변화율은 복수의 GNSS 신호 중 제1 주파수 GNSS 신호의 반송파 측정값, 복수의 GNSS 신호 중 제2 주파수 GNSS 신호의 반송파 측정값, 제1 주파수의 파장의 길이 및 제2 주파수의 파장의 길이의 연산을 통해 산출될 수 있다.

[0233] 다음으로, 1230 단계에서 일실시예에 따른 전리층 교란 검출 방법은 교란 판단부에서 연산된 전리층 변화율과 기설정된 임계 값을 비교하여 전리층 교란의 발생 여부를 판단할 수 있다.

[0234] 일측에 따르면, 기설정된 임계값은 기설정된 양의 임계값(positive threshold) 및 기설정된 음의 임계값(negative threshold) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0235] 일측에 따르면, 1230 단계에서 일실시예에 따른 전리층 교란 검출 방법은 연산된 전리층 변화율이 기설정된 임계값을 초과하는 시점을 기준으로 이상 현상의 발생 여부를 판단하기 위한 시간 구간을 설정하고, 설정된 시간 구간에 대응되는 전리층 변화율과 기설정된 전리층 변화 패턴을 비교하여 전리층 교란의 발생 여부를 판단할 수 있다.

[0236] 일측에 따르면, 1230 단계에서 일실시예에 따른 전리층 교란 검출 방법은 설정된 시간 구간에 대응되는 전리층 변화율의 값이 증가하여 양의 임계값을 초과한 이후에 다시 감소하여 음의 임계값을 초과하면, 기설정된 전리층 변화 패턴과 유사도가 높은 것으로 판단하여 전리층 교란이 발생된 것으로 판단할 수 있다.

[0238] 도 13은 일실시예에 따른 전리층 교란 속도 추정방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0239] 도 13을 참조하면, 이하에서 설명하는 일실시예에 따른 전리층 교란 속도 추정방법은 도 11의 1120 단계에서 수행될 수 있다.

[0240] 구체적으로, 1310 단계에서 일실시예에 따른 전리층 교란 속도 추정방법은 교란 정보 수집부에서 운동성 전리층 교란이 검출된 복수의 수신기 각각으로부터 운동성 전리층 교란이 검출된 시각 및 전리층 통과점(ionospheric pierce point; IPP)에 관한 정보를 수집할 수 있다.

[0241] 다음으로, 1320 단계에서 일실시예에 따른 전리층 교란 속도 추정방법은 교란 속도 추정부에서 수집된 검출 시각 정보 및 전리층 통과점 정보에 기초하여 운동성 전리층 교란에 대한 속도 벡터를 산출하고, 산출된 속도 벡터를 이용하여 전리층 교란의 속도를 추정할 수 있다.

[0242] 예를 들면, 속도 벡터는 운동성 전리층 교란의 앞전(leading edge)과 수직한 방향으로 형성될 수 있다.

[0243] 일측에 따르면, 1320 단계에서 일실시예에 따른 전리층 교란 속도 추정방법은 속도 벡터를 구성하는 좌표계의 기준축 성분을 이용하여 전리층 교란의 속도를 추정할 수 있다.

[0244] 예를 들면, 속도 벡터를 구성하는 좌표계의 기준축 성분은 복수의 수신기 중 어느 하나의 수신기에서 운동성 전리층 교란이 검출된 시각과 다른 하나의 수신기에서 운동성 전리층 교란이 검출된 시각의 감산 값과, 어느 하나의 수신기에서의 전리층 통과점의 좌표계 상 좌표 성분의 연산을 통해 산출될 수 있다.

[0246] 도 14는 일실시예에 따른 전리층 교란 폭 추정방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0247] 도 14를 참조하면, 이하에서 설명하는 일실시예에 따른 전리층 교란 폭 추정방법은 도 11의 1130 단계에서 수행될 수 있다.

[0248] 구체적으로, 1410 단계에서 일실시예에 따른 전리층 교란 폭 추정방법은 교란 정보 수집부에서, 운동성 전리층 교란이 검출된 복수의 수신기 각각으로부터 운동성 전리층 교란이 검출된 시각 및 전리층 통과점(ionospheric pierce point; IPP)에 관한 정보를 수집할 수 있다.

[0249] 다음으로 1420 단계에서 일실시예에 따른 전리층 교란 폭 추정방법은 거리 산출부에서 운동성 전리층 교란의 속

도 벡터를 수신하고, 수신한 속도 벡터에 기초하여 운동성 전리층 교란의 앞전(leading edge)의 이동 거리를 산출할 수 있다.

[0250] 일측에 따르면, 1420 단계에서 일실시예에 따른 전리층 교란 폭 추정방법은 수신한 속도 벡터에 GNSS 신호가 운동성 전리층 교란에 따른 전리층 불균질을 통과하는데 소요된 시간 값을 반영하여 운동성 전리층 교란의 앞전의 이동 거리를 산출할 수 있다.

[0251] 다음으로 1430 단계에서 일실시예에 따른 전리층 교란 폭 추정방법은 교란 폭 추정부에서 수집된 검출 시각 및 전리층 통과점에 관한 정보와, 산출된 운동성 전리층 교란의 앞전의 이동 거리에 기초하여 운동성 전리층 교란의 폭을 추정할 수 있다.

[0252] 일측에 따르면, 1430 단계에서 일실시예에 따른 전리층 교란 폭 추정방법은 산출된 운동성 전리층 교란의 앞전의 이동 거리에서, 수집된 검출 시각 중 운동성 전리층 교란이 처음 검출된 시각에서의 운동성 전리층 교란의 앞전과 처음 검출된 시각으로부터 운동성 전리층 교란에 따른 전리층 불균질을 통과하는데 소요된 시간이 경과한 이후의 시각에서의 운동성 전리층 교란의 뒷전(trailing edge)간의 거리를 감산하여 운동성 전리층 교란의 폭을 추정할 수 있다.

[0253] 일측에 따르면, 1430 단계에서 일실시예에 따른 전리층 교란 폭 추정방법은 산출된 운동성 전리층 교란의 앞전의 이동 거리와, 처음 검출된 시각에 대응되는 전리층 통과점에서 경과한 이후의 시각에 대응되는 전리층 통과점으로의 벡터를 연산하여 운동성 전리층 교란의 폭을 추정할 수 있다.

[0255] 결국, 본 발명을 이용하면 기존의 지표가 아닌 ROTI 생성을 위한 전리층 변화율을 이용하여 소규모 또는 급격한 변동에 따른 전리층 교란을 검출할 수 있다.

[0256] 또한, 지오메트리-프리(geometry-free)의 조합으로 연산된 전리층 변화율을 이용하여 보다 용이하게 전리층 교란을 검출할 수 있다.

[0257] 또한, 전리층 변화율과 기설정된 전리층 변화 패턴의 비교를 통해 보다 정확하게 전리층 교란을 검출할 수 있다.

[0258] 또한, 운동성 전리층 교란의 형태를 직선으로, 교란의 속도는 해당 직선에 수직 방향으로 가정한 후, 지상의 각 기준국에서 감지한 시각과 해당 시각의 전리층 통과점을 분석함으로써 전리층 교란의 정확한 이동 방향 및 속도를 추정할 수 있다.

[0259] 또한, 보다 정확한 운동성 전리층 교란의 속도 추정을 통해 위성항법 수신기의 측위 정확도와 무결성을 향상시킬 수 있다.

[0260] 또한, 운동성 교란의 속도를 지속적으로 감시하고 이를 누적하여 전리층 교란의 이동 예상 경로를 생성하고 속도와 방향의 오차범위를 이용하여 전리층 교란의 영향 범위를 설정할 수 있다.

[0261] 또한, 운동성 전리층 교란에 따른 전리층 불균질 폭을 추정함으로써 각 전리층 교란이 영향을 끼치는 시간을 예측할 수 있다.

[0263] 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.

[0264]

[0265] 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, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embody)될 수 있다.

[0266] 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.

[0267]

[0268] 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.

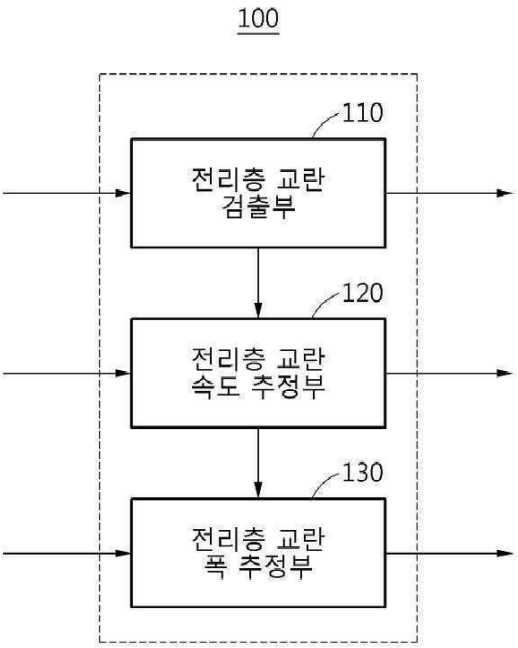
부호의 설명

[0269] 200: 전리층 교란 검출장치 210: 원시데이터 정보 수집부

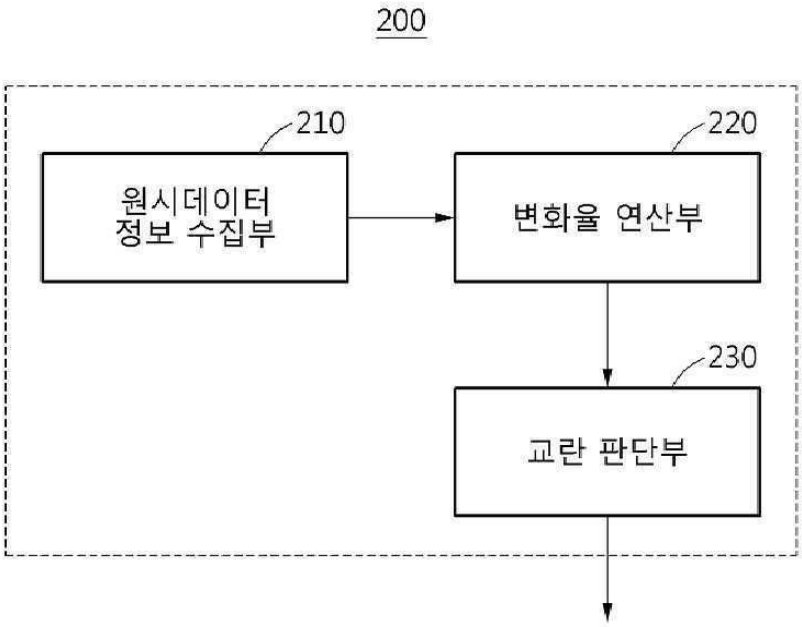
220: 변화율 연산부 230: 교란 판단부

도면

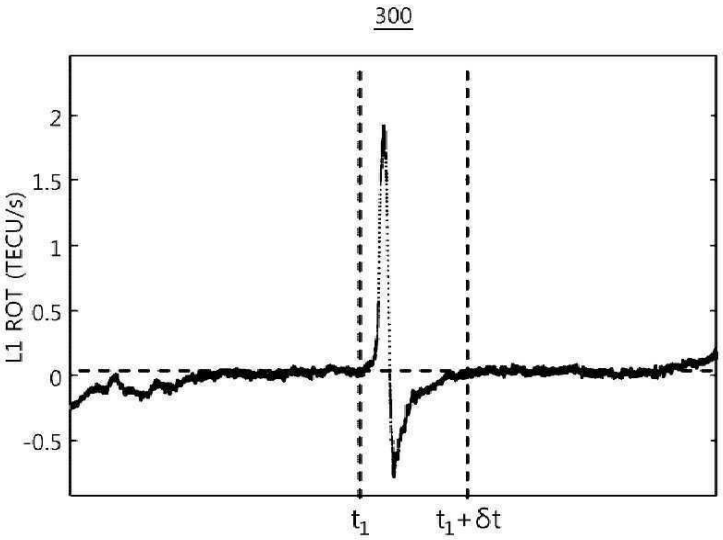
도면1



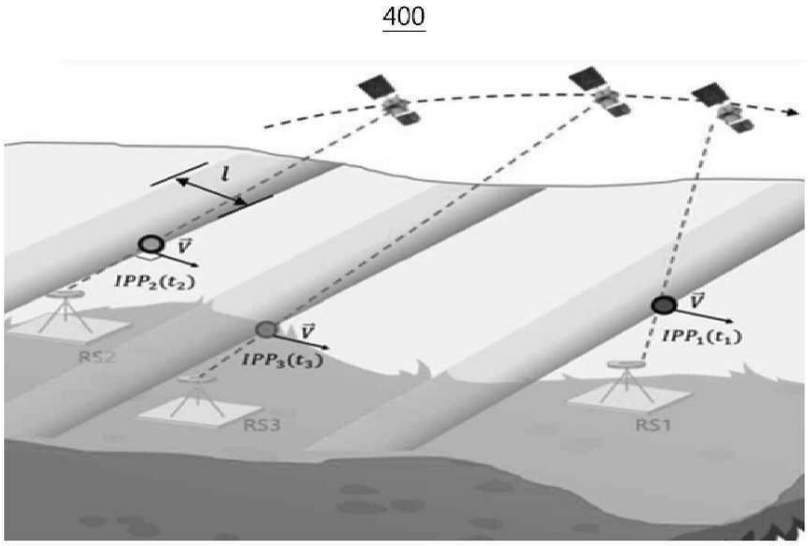
도면2


200
210
원시데이터
정보 수집부
220
변화율 연산부
230
교란 판단부

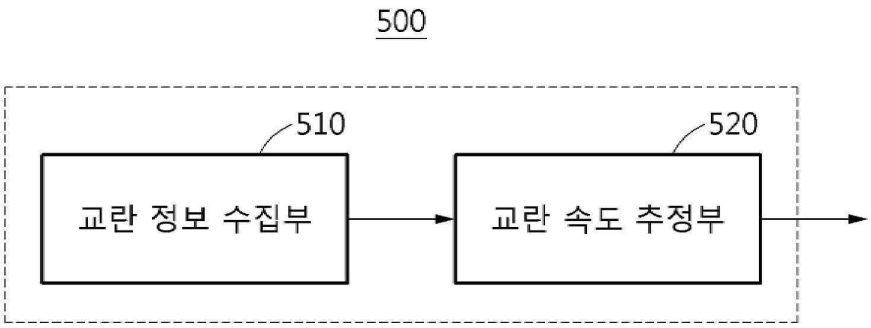
도면3


300
L1 ROT (TECU/s)
2
1.5
1
0.5
0
-0.5
t_1
$t_1+\delta t$

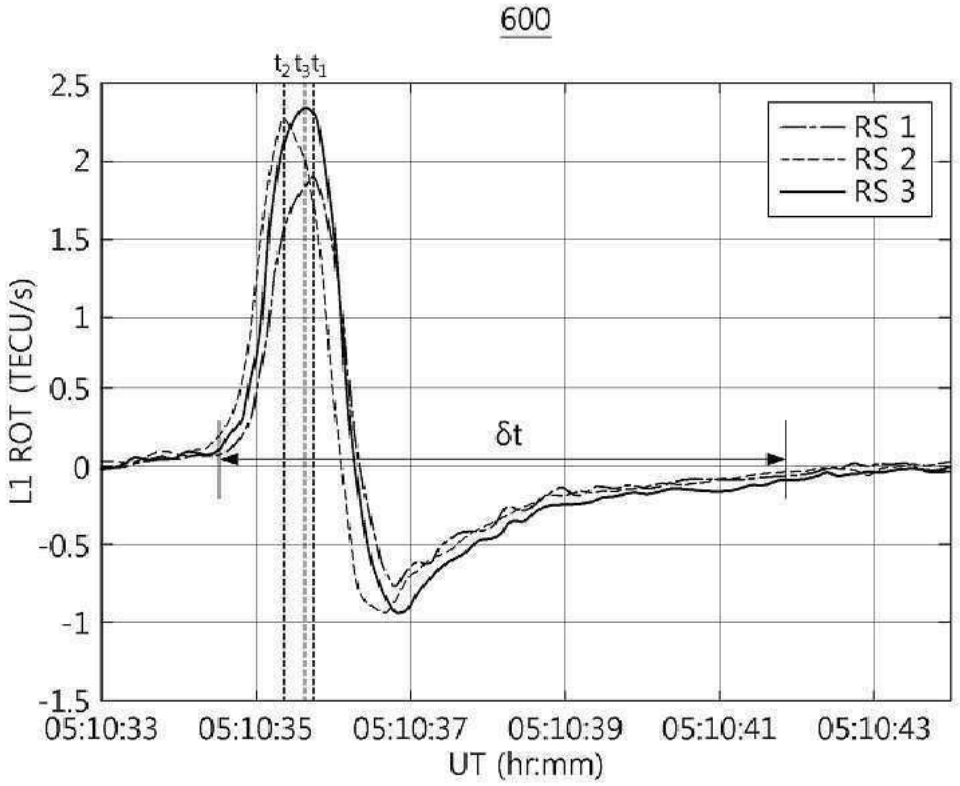
도면4


400
l
$\vec{V}$
$IPP_2(t_2)$
$\vec{V}$
$IPP_3(t_3)$
$\vec{V}$
$IPP_1(t_1)$
RS2
RS3
RS1

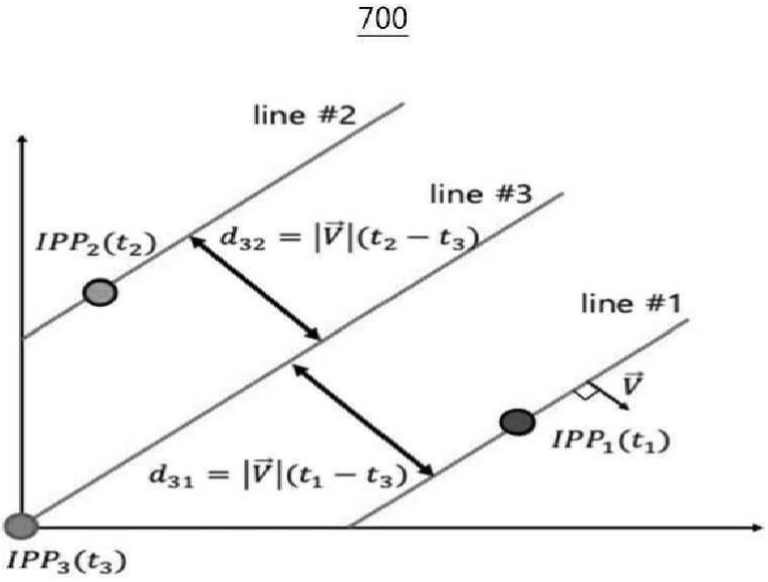
도면5


500
510
교란 정보 수집부
520
교란 속도 추정부

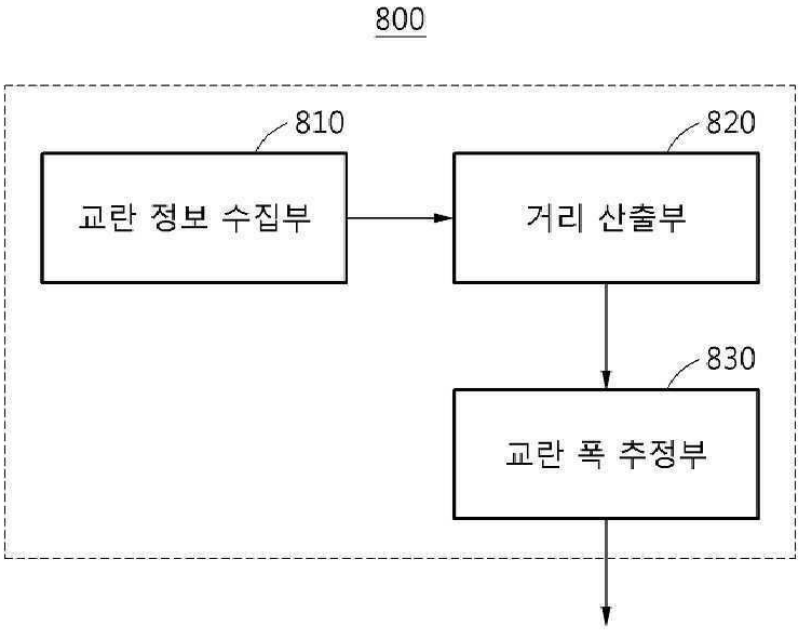
도면6


600
t2 t3 t1
RS 1
RS 2
RS 3
δt
L1 ROT (TECU/s)
2.5
2
1.5
1
0.5
0
-0.5
-1
-1.5
05:10:33
05:10:35
05:10:37
05:10:39
05:10:41
05:10:43
UT (hr:mm)

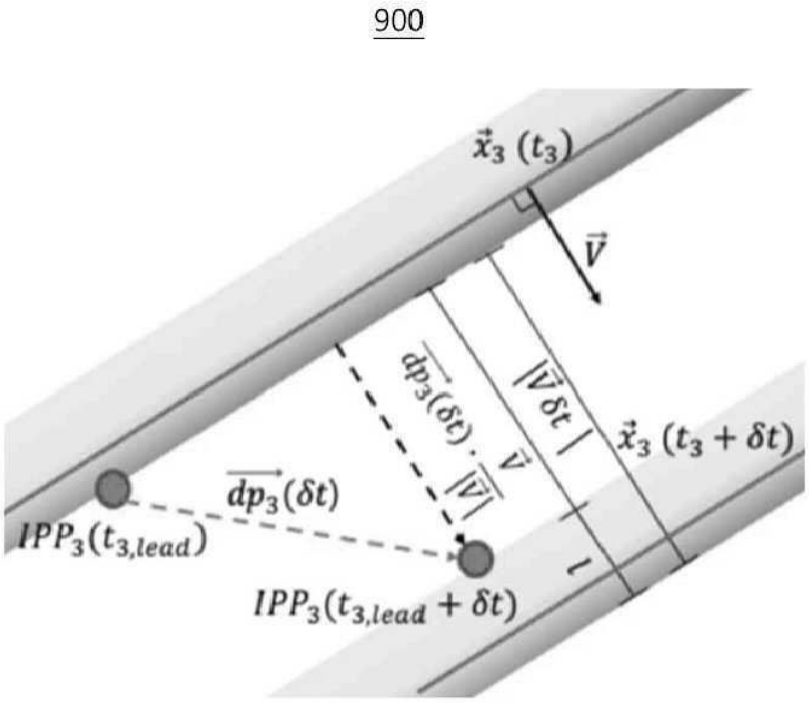
도면7


700
line #2
line #3
line #1
$IPP_2(t_2)$
$d_{32} = |\vec{V}|(t_2 - t_3)$
$\vec{V}$
$IPP_1(t_1)$
$d_{31} = |\vec{V}|(t_1 - t_3)$
$IPP_3(t_3)$

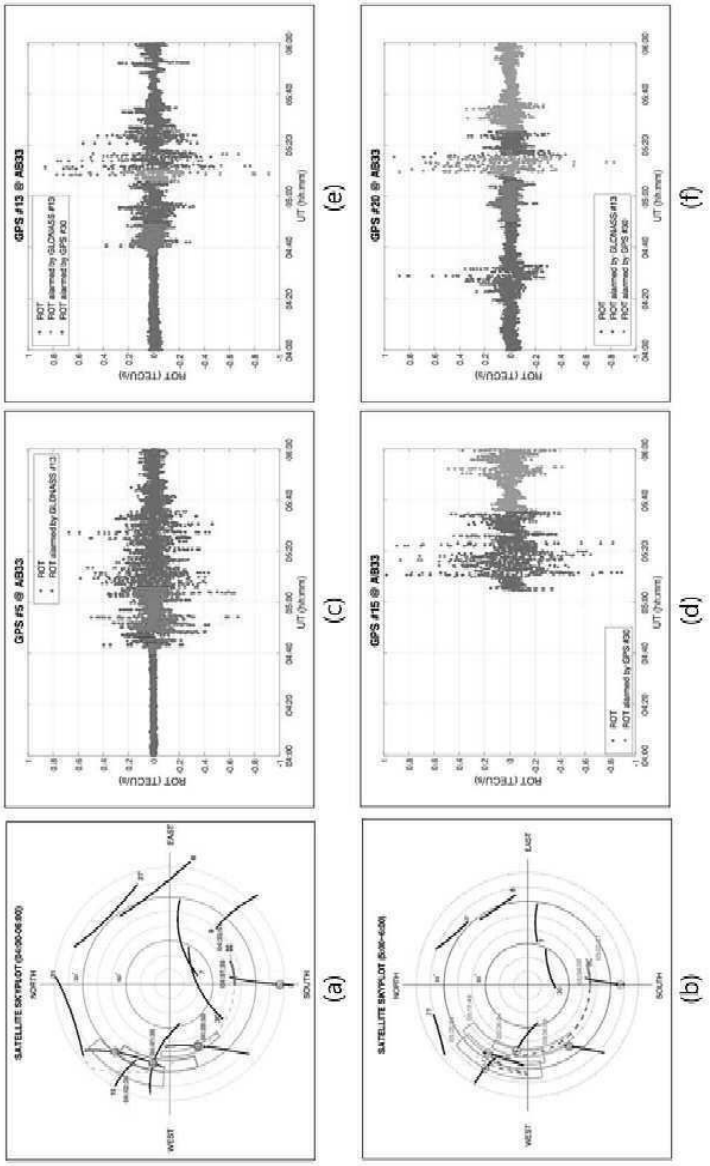
도면8


800
810
교란 정보 수집부
820
거리 산출부
830
교란 폭 추정부

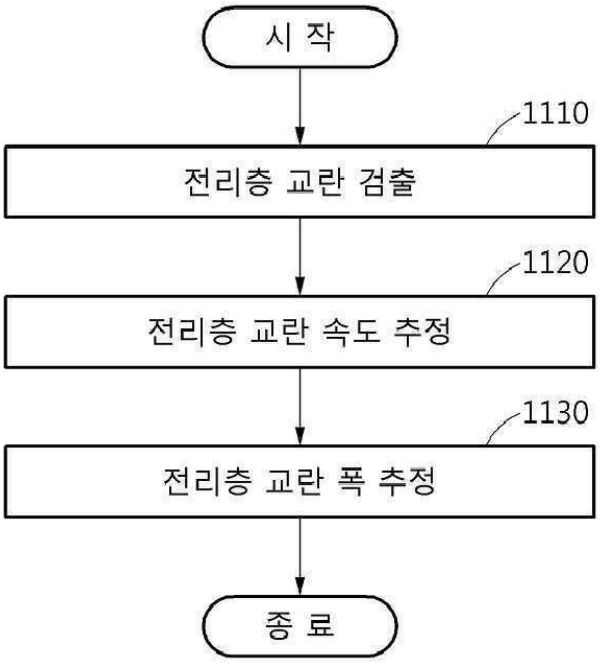
도면9


900
$\vec{x}_3\,(t_3)$
$\vec{V}$
$\overrightarrow{dp_3}(\delta t)\cdot\frac{\vec{V}}{|\vec{V}|}$
$|\vec{V}\,\delta t\,|$
$\vec{x}_3\,(t_3+\delta t)$
$\overrightarrow{dp_3}(\delta t)$
$IPP_3(t_{3,lead})$
$IPP_3(t_{3,lead}+\delta t)$
l

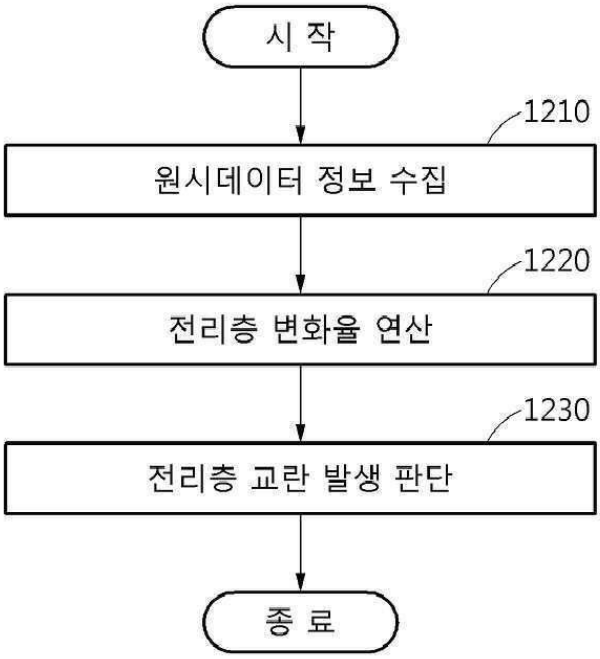
도면10



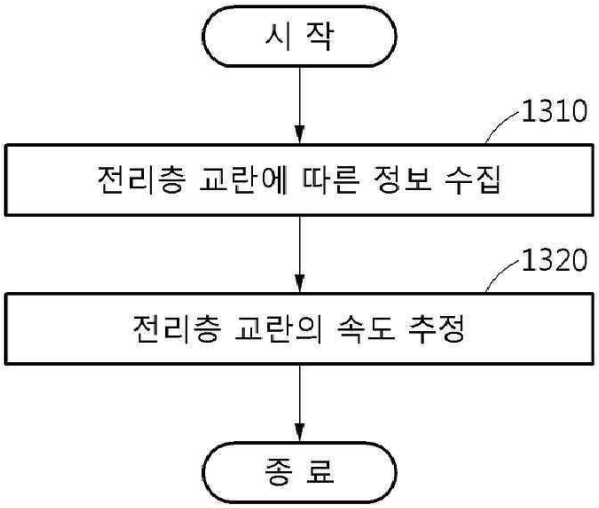
도면11


시 작
1110
전리층 교란 검출
1120
전리층 교란 속도 추정
1130
전리층 교란 폭 추정
종 료

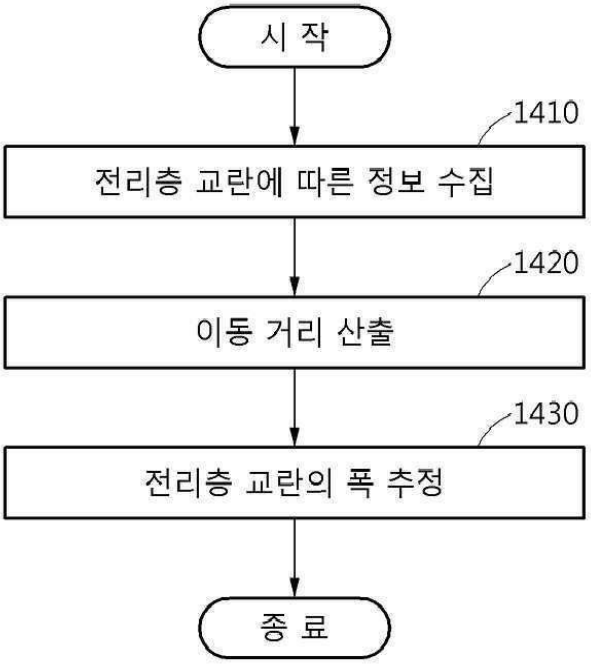
도면12


시 작
1210
원시데이터 정보 수집
1220
전리층 변화율 연산
1230
전리층 교란 발생 판단
종 료

도면13


시 작
1310
전리층 교란에 따른 정보 수집
1320
전리층 교란의 속도 추정
종 료

도면14


시 작
1410
전리층 교란에 따른 정보 수집
1420
이동 거리 산출
1430
전리층 교란의 폭 추정
종 료