



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0061823  
(43) 공개일자 2018년06월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01N 21/88 (2006.01) G01S 19/14 (2010.01)  
G01S 19/24 (2010.01)  
(52) CPC특허분류  
G01N 21/8803 (2013.01)  
G01S 19/14 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2016-0161402  
(22) 출원일자 2016년11월30일  
심사청구일자 2016년11월30일

(71) 출원인  
세종대학교산학협력단  
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)  
(72) 발명자  
홍성욱  
서울특별시 구로구 개봉로20길 158 (개봉동, 현대  
홈타운2단지) 205동 2302호  
(74) 대리인  
윤의섭, 김수진

전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 GPS 신호를 이용한 지면상태 추정 방법 및 시스템

(57) 요약

본 개시를 통해 GPS 마이크로파 신호 및 물질의 굴절지수 값에 따른 반사도를 이용하여, 도로 상태를 결빙(ice), 눈(snow), 젖어있는(Wet), 건조(dry) 상태 등으로 구분한 실시간 탐지 결과를 미리 도로 사용자에게 알리는 방법 및 시스템을 제공한다. 블랙아이스와 같이 겨울철 교통사고의 주 원인을 미리 탐지하여 예측함으로써, 교통사고로 인한 인명 손실 및 재산 손실을 예방할 수 있다. 또한 지면의 상태가 눈, 얼음, 물 등으로 구분함으로써, 적설 영역을 탐지하고, 해빙 시점을 보다 정확하게 탐지함으로써 기상관측 정보로도 이용 할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

**G01S 19/24** (2013.01)

G01N 2021/8848 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 KMIP A2016-8041

부처명 기상청

연구관리전문기관 한국기상산업진흥원

연구사업명 기상산업지원 및 활용기술개발

연구과제명 블랙아이스 탐지용 GPS 반사파 측정 알고리즘 개발 연구

기 여 율 1/1

주관기관 세종대학교 산학협력단

연구기간 2016.03.15 ~ 2016.12.31

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

GPS 신호를 이용한 지면상태 추정 장치에 있어서,

GPS 신호를 포함하는 위성관측정보 및 대상 관측지점에서 관측된 RHCP(Right Hand Circular Polarization), LHCP(Left Hand Circular Polarization)를 포함하는 GPS 편광 별 반사신호를 수신하는 위성자료 수집모듈;

GPS 신호와 상기 GPS 편광 별 반사신호를 처리하여 정규화된 편광 반사 신호인 NPRI(Normalized Polarization Reflectance Index)를 산출하는 GPS 신호 처리모듈; 및

상기 산출된 NPRI와 기 저장된 참조 NPRI를 비교하여 비교 결과에 따라 지면상태를 결빙(ice), 눈(snow), 젖어 있는(Wet) 또는 건조(dry)상태로 판별하는 지면상태 결정모듈; 을 포함하는 GPS 신호를 이용한 지면상태 추정 장치.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 GPS 신호 처리모듈은,

상기 위성자료 수집모듈로부터 전달 받은 GPS 신호를 통해 반송파와 잡음비율인 C/N (Carrier to Noise

Density)를 수식 1 
$$C/No = \frac{SNR}{Bandwidth}$$
 을 이용하여 SNR로 변환하고,

변환된 SNR을 수식 2 
$$SNR_{ref,LR} = \frac{P_r G^i}{4\pi(R_1 + R_2)^2} \cdot \frac{G_{ref,L}^T \lambda^2}{4\pi} \cdot \Gamma_{LR}$$
 (for LHCP)와

수식 3 
$$SNR_{ref,RR} = \frac{P_r G^i}{4\pi(R_1 + R_2)^2} \cdot \frac{G_{ref,R}^T \lambda^2}{4\pi} \cdot \Gamma_{RR}$$
 (for RHCP)를 통해 SNR의 비율로 반사도( $\Gamma_{LR}$ ,  $\Gamma_{RR}$ )를 산출하고,

수식 4 
$$NPRI = \frac{\Gamma_{LR} - \Gamma_{RR}}{\Gamma_{LR} + \Gamma_{RR}}$$
 를 통해 산출되는 GPS 편광 별 지면 반사도의 관계를 나타내는 지수인 NPRI(Normalized Polarization Reflectance Index)를 산출하는 것을 특징으로 하는 GPS 신호를 이용한 지면상태 추정 장치.

#### 청구항 3

제 1항에 있어서, 상기 지면상태 결정모듈은

물질 별 굴절 지수를 이용하여 지면 상태에 따른 참조 NPRI를 추출하고, 추출된 NPRI와 실시간 GPS 위성 반사도 관측 값을 통해 추출된 NPRI 값을 비교하여, 비교 결과에 따라 지면 상태를 판단하는 것을 특징으로 하는 GPS 신호를 이용한 지면상태 추정 장치.

#### 청구항 4

GPS 신호를 이용한 지면상태 추정 방법에 있어서,

(A) 위성자료 수집모듈에서 GPS 신호를 포함하는 위성관측정보 및 대상 관측지점에서 관측된 RHCP(Right Hand

Circular Polarization), LHCP(Left Hand Circular Polarization)를 포함하는 GPS 편광 별 반사신호를 수신하는 단계;

(B) GPS신호 처리모듈에서 GPS 신호 및 상기 GPS 편광 별 반사신호를 처리하여 정규화된 편광 반사 신호인 NPRI(Normalized Polarization Reflectance Index)를 산출하는 단계; 및

(C) 상기 산출된 NPRI와 기 저장된 참조 NPRI를 비교하여 비교 결과에 따라 지면상태를 결빙(ice), 눈(snow), 젖어있는 (Wet) 또는 건조 (dry) 상태로 판별하는 단계; 를 포함하는 GPS 신호를 이용한 지면상태 추정 방법.

## 청구항 5

제 4 항에 있어서, (B) 상기 NPRI(Normalized Polarization Reflectance Index)를 산출하는 단계; 는

상기 위성자료 수집부로부터 전달 받은 GPS 신호를 통해 반송파와 잡음 비율인 C/N (Carrier to Noise Density)를 수식 1

$$C/N_0 = \frac{SNR}{Bandwidth}$$

을 이용하여 SNR로 변환하는 단계;

$$SNR_{ref,LR} = \frac{P_r^t G^t}{4\pi(R_1 + R_2)^2} \cdot \frac{G_{ref,L}^r \lambda^2}{4\pi} \cdot \Gamma_{LR}$$

변환된 SNR을 수식 2 (for LHCP)와

$$SNR_{ref,RR} = \frac{P_r^t G^t}{4\pi(R_1 + R_2)^2} \cdot \frac{G_{ref,R}^r \lambda^2}{4\pi} \cdot \Gamma_{RR}$$

수식 3 (for RHCP)를 통해 SNR의 비율로 반사도( $\Gamma_{LR}$ ,  $\Gamma_{RR}$ )를 산출하는 단계; 및

$$NPRI = \frac{\Gamma_{LR} - \Gamma_{RR}}{\Gamma_{LR} + \Gamma_{RR}}$$

수식 4 를 통해 산출되는 GPS 인공위성을 이용한 편광 별 지면 반사도의 관계를 나타내는 지수인 NPRI(Normalized Polarization Reflectance Index)를 산출하는 단계; 를 포함하는 것을 특징으로 하는 GPS 신호를 이용한 지면상태 추정 방법.

## 청구항 6

제 4항에 있어서, (C)상기 지면상태를 결빙(ice), 눈(snow), 젖어있는 (Wet)또는 건조 (dry) 상태로 판별하는 단계; 는

물질 별 굴절 지수를 이용하여 지면 상태에 따른 참조 NPRI를 추출하고, 추출된 NPRI와 실시간 GPS 위성 반사도 관측 값을 통해 추출된 NPRI 값을 비교하여, 비교 결과에 따라 지면 상태를 판단하는 것을 특징으로 하는 GPS 신호를 이용한 지면상태 추정 방법.

## 발명의 설명

## 기술 분야

[0001] 본 개시는 지면 상태 추정 방법 및 시스템에 관한 것으로, 구체적으로 GPS 신호를 이용하여 도로 상태를 추정하는 기술에 관한 것이다.

## 배경 기술

[0003] 본 명세서에서 달리 표시되지 않는 한, 이 섹션에 설명되는 내용들은 이 출원의 청구항들에 대한 종래 기술이

아니며, 이 섹션에 포함된다고 하여 종래 기술이라고 인정되는 것은 아니다.

[0004] 매년 겨울철에 발생하는 '블랙아이스' 현상은 도로 위에 눈에 보이지 않는 빙판길을 만들어 매우 위험한 교통사고를 일으킨다. 블랙아이스는 투명한 얼음이 아스팔트 위를 마치 코팅한 것처럼 뒤덮어 운전자의 눈에는 도로에 얼음이 없는 건조한 상태로 보이는 현상이다. 비는 영상의 기온에서 내리지만 지상 기온이 영하이고 도로의 표면온도가 기온보다 더 낮은 영하까지 떨어지면 비가 내리는 순간 바닥에 얼게 된다. 블랙아이스는 주로 겨울철 기온이 낮은 새벽이나 아침에 그늘진 도로에서 자주 발생하며, 육안으로 보기에는 도로 색과 유사하거나 살짝 젖어 있는 방식으로 보이기 때문에 많은 운전자의 실수를 유발한다. 최근 경찰청이 조사한 최근 5년간 눈길교통사고는 7236건 가운데 사망자 892명 중 블랙아이스로 인한 사망자는 706명에 달했다 (뉴시스, 2014년 12월 11일)고 한다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 1. 한국 특허공개 제 10-2014-0169747호 (2014.12.01)  
(특허문헌 0002) 2. 한국 특허공개 제 10-2014-0009744호 (2014.01.27)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0007] GPS 마이크로파 신호 및 물질의 굴절지수 값에 따른 반사도를 이용하여, 도로 상태를 결빙(ice), 눈(snow), 젖어있는(Wet), 건조(dry) 상태 등으로 구분한 실시간 탐지 결과를 미리 도로 사용자에게 알리는 방법 및 시스템을 제공한다.

### 과제의 해결 수단

[0009] 실시예에 따른 GPS 신호를 이용한 지면상태 추정 장치는 GPS 신호를 포함하는 위성관측정보 및 대상 관측지점에서 관측된 RHCP(Right Hand Circular Polarization), LHCP(Left Hand Circular Polarization)를 포함하는 GPS 편광 별 반사신호를 수신하는 위성자료 수집모듈; GPS 신호와 GPS 편광 별 반사신호를 처리하여 정규화된 편광 반사 신호인 NPRI(Normalized Polarization Reflectance Index)를 산출하는 GPS 신호 처리모듈; 및 산출된 NPRI와 기 저장된 참조 NPRI를 비교하여 비교 결과에 따라 지면상태를 결빙(ice), 눈(snow), 젖어있는(Wet) 또는 건조(dry)상태로 판별하는 지면상태 결정모듈; 을 포함한다.

[0011] 다른 실시예에 따른 GPS 신호를 이용한 지면상태 추정 방법은 (A) 위성자료 수집모듈에서 GPS 신호를 포함하는 위성관측정보 및 대상 관측지점에서 관측된 RHCP(Right Hand Circular Polarization), LHCP(Left Hand Circular Polarization)를 포함하는 GPS 편광 별 반사신호를 수신하는 단계; (B) GPS신호 처리모듈에서 GPS 신호 및 GPS 편광 별 반사신호를 처리하여 정규화된 편광 반사 신호인 NPRI(Normalized Polarization Reflectance Index)를 산출하는 단계; 및 (C) 산출된 NPRI와 기 저장된 참조 NPRI를 비교하여 비교 결과에 따라 지면상태를 결빙(ice), 눈(snow), 젖어있는(Wet) 또는 건조(dry) 상태로 판별하는 단계; 를 포함한다.

## 발명의 효과

[0013] 본 개시를 통해 겨울철 교통사고의 주 원인인 블랙아이스를 미리 탐지하여 예측함으로써, 교통사고로 인한 인명 손실 및 재산 손실을 예방할 수 있다. 또한 지면 상태를 눈, 얼음, 물 등으로 구분함으로써, 적설 영역을 탐지하고, 해빙 시점을 보다 정확하게 탐지하여 기상관측 정보로도 이용 할 수 있다.

[0014] 본 발명의 효과는 상기한 효과로 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 상세한 설명 또는 특허청구범위에 기재된 발

명의 구성으로부터 추론 가능한 모든 효과를 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

### 도면의 간단한 설명

- [0016] 도 1은 실시예에 따른 GPS 신호를 이용한 지면상태 추정 장치의 구성을 나타낸 블록도  
 도 2는 실시예에 따른 위성자료 수집모듈(110)의 구성도  
 도 3은 실시예에 따른 GPS 신호 처리 모듈(130) 구성도  
 도 4는 물질 별 굴절 지수 표  
 도 5는 실시예에 따른 GPS 신호를 이용한 지면상태 추정 방법을 나타낸 흐름도  
 도 6은 실시예에 따른 신호 처리 단계(S120)의 세부 과정을 설명하기 위한 흐름도  
 도 7a는 실시예에 따른 물, 얼음, 눈, 토양에 대해 각각 이론적으로 계산된 NPRI를 GPS 신호 입사각 별로 나타낸 도면  
 도 7b는 실시예에 따라 GPS 신호로 토양 상태 별 NPRI를 측정한 결과  
 도 7c는 아스팔트 도로 위에 물을 뿌리고 얼음으로 상태가 변화하는 과정에서 GPS 신호를 이용하여 NPRI 값을 도출한 그래프  
 도 8은 실시예에 따라 GPS 신호를 이용한 지면 상태 판별 시스템의 소프트웨어 구현 예

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 도면부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.
- [0018] 본 발명의 실시예들을 설명함에 있어서 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고 후술되는 용어들은 본 발명의 실시예에서의 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.
- [0019] 도 1은 실시예에 따른 GPS 신호를 이용한 지면상태 추정 장치의 구성을 나타낸 블록도이다.
- [0020] 도 1을 참조하면, 지면 상태 추정 장치는 위성자료 수집모듈(110), GPS 신호처리 모듈(130) 및 지면상태 결정모듈(150)을 포함하여 구성될 수 있다. 또한, 실시예에 따른 GPS 신호를 이용한 지면 상태 추정 시스템은 GPS 신호를 수집하는 위성자료 수집 장치와 수집된 GPS 신호를 처리하는 신호 처리 장치로 구성될 수 있다.
- [0021] 본 명세서에서 사용되는 '모듈'이라는 용어는 사용된 문맥에 따라서, 소프트웨어, 하드웨어 또는 그 조합을 포함할 수 있는 것으로 해석되어야 한다. 예를 들어, 소프트웨어는 기계어, 펌웨어(firmware), 임베디드코드(embedded code), 및 애플리케이션 소프트웨어일 수 있다. 또 다른 예로, 하드웨어는 회로, 프로세서, 컴퓨터, 집적 회로, 집적 회로 코어, 센서, 멤스(MEMS; Micro-Electro-Mechanical System), 수동 디바이스, 또는 그 조합일 수 있다.
- [0022] 위성자료 수집모듈(110)은 GPS 신호를 포함하는 위성관측정보를 수신 후 수집한다.
- [0023] GPS 신호 처리모듈(130)은 GPS 편광 반사신호를 처리하여 NPRI(Normalized Polarization Reflectance Index)를 산출한다. 실시예에 따른, GPS 편광 반사신호는 대상 관측지점에서 관측된 RHCP(Right Hand Circular Polarization) 및 LHCP(Left Hand Circular Polarization)를 포함한다. RHCP 및 LHCP는 GPS 신호의 각종 반사신호로서, 안테나로부터 복사된 전자파의 진행 방향에 대해 직각인 단면 내에서 주기적으로 회전하는 편파신호이다. 크기가 같고 위상이 90도 다른 수평 편파와 수직 편파를 조합시키면 그 합성 벡터가 원을 그리기 때문에 원 편파가 생기는데, 시계 방향으로 회전하면 우선회 편파(Right Hand Circular Polarization), 시계 반대 방향으로 회전하면 좌선회 편파 Left Hand Circular Polarization)라고 한다. 실시예에서 RHCP 및 LHCP는 시간과

거리 같이 편파 면이 수평, 수직, 수평으로 나선형의 모습으로 변화하면서 전해지는 우선회 편파 및 좌선회 편파를 포함하는 각종 편파 신호이다. 구체적으로 RHCP 및 LHCP는, 광파의 전기 변위 벡터(또는 자기장 변위 벡터)의 진동 방향이 원 진동인 원 편광신호(circular polarization), 안테나로부터 복사된 전자파의 진행 방향에 대해 직각인 단면 내에서 주기적으로 회전하는 원 편파 신호, 직선 편광의 편향 면이 빛의 진행 방향을 축으로 하여 일정한 각속도로 회전하는 원 분극 신호 등 GPS 신호의 각종 반사신호를 포함할 수 있다.

[0024] 지면상태 결정모듈(150)은 GPS 신호의 반사신호에 의해 산출된 정규화된 편광 반사 신호인 NPRI와 기 저장된 참조 NPRI를 비교하여 비교 결과에 따라 지면상태를 결빙(ice), 눈(snow), 젖어있는(Wet), 건조(dry) 상태 등으로 판별한다. 또한, 지면상태 결정모듈(150)은 도 4에 도시된 물질 별 굴절 지수를 이용하여 지면 상태에 따른 참조 NPRI를 추출하고, 추출된 NPRI와 실시간 GPS 위성 반사도 관측 값을 통해 추출된 NPRI 값을 비교하여, 비교 결과에 따라 지면 상태를 판단할 수 있다.

[0025] 도 2는 실시예에 따른 위성자료 수집모듈(110)의 구성을 나타낸 도면이다.

[0026] 도 2를 참조하면, 실시예에 따른 위성자료 수집모듈(110)은 반사된 편광 신호를 수신하는 RHCP 및 LHCP와 같은 편광 신호(반사신호) 및 GPS 신호(직접신호)가 입력되는 하드웨어 플랫폼(131) 및 신호 처리부(133)를 포함하여 구성될 수 있다. 실시예에 따른 GPS 신호를 이용한 지면 상태 판단 시스템에서는 위성자료 수집 모듈이 위성자료 수집 장치로 구현될 수 있다. 도 2에 도시된 바와 같이, 위성자료 수집 장치(110)는 반사신호(reflected signal) 수집부(111) 및 신호수집부(113)를 구비하여 구성될 수 있다.

[0027] 실시예에 있어서, 신호 수집부(113)는 GPS 신호(directed signal)를 수집한다. GPS(Global Positioning System)는 전 세계에서 무료로 사용되는 범 지구위성항법 시스템으로, 무기유도, 항법, 측량, 지도제작, 측지, 시각 동기 등 다양한 목적으로 사용된다. GPS에서는 약 20,1832km를 도는 여러 인공위성에서 발신하는 마이크로파를 GPS 수신기에서 수신하여 수신기의 위치 벡터를 결정한다. 각각의 GPS위성은 지상의 한 점을 하루에 한번 통과하게 되며 GPS궤도는 지상에서 최소한 여섯 개의 GPS 위성을 관측할 수 있도록 배열되어 있다. GPS 수신기는 GPS위성에서 송신하는 주파수에 동조된 안테나, 수정 발진기 등을 이용해 수신된 신호를 처리하고 신호 처리부에서 수신기 위치의 좌표와 속도 벡터 등을 계산하고 계산된 결과를 출력한다. 실시예에서는 마이크로파를 포함하는 GPS 신호를 수신하는 GPS 수신기에서 관측된 GPS 신호를 입력 정보로 처리하여 지면 상태를 물, 얼음, 아이스 상태 등으로 구별하여 탐지할 수 있도록 한다.

[0028] 반사 신호(reflected signal) 수집부(111)는 GPS 신호의 편광 반사신호를 수집한다. 편광 반사 신호에는 대상 관측지점에서 관측된 RHCP(Right Hand Circular Polarization) 및 LHCP(Left Hand Circular Polarization)가 포함될 수 있다. RHCP 및 LHCP는 GPS 신호의 각종 반사신호로서 안테나로부터 복사된 전자파의 진행 방향에 대해 직각인 단면 내에서 주기적으로 회전하는 편파신호이다. RHCP는 시계방향으로 회전하는 우선회 편파, LHCP는 반 시계 방향으로 회전하는 좌선회편파 신호이다. 도 3은 실시예에 따른 GPS 신호 처리 모듈(130)의 구성도이다.

[0029] 도 3을 참조하면, GPS 신호처리 모듈(130)은 SNR(Signal Noise Ratio)변환부(131), 반사도 산출부(133) 및 NPRI(Normalized Polarization Reflectance Index) 산출부(135)를 포함하여 구성될 수 있다.

[0030] SNR 변환부(131)는 아래 수식 1을 이용하여 위성자료 수집부로부터 전달 받은 GPS 신호를 통해 반송파와 잡음 비율인 C/N (Carrier to Noise Density)을 SNR로 변환한다.

[0031] (수식 1) 
$$C/No = \frac{SNR}{Bandwidth}$$

[0032] 이후 반사도 산출부(133)는 SNR 변환부에서 변환된 SNR을 수식 2 및 수식 3을 통해 SNR의 비율로 LHCP(Left Hand Circular Polarization)와 RHCP(Right Hand Circular Polarization)의 반사도( $\Gamma_{LR}$ ,  $\Gamma_{RR}$ )를 각각 산출한다.

[0033] (수식 2)

[0034] 
$$SNR_{ref,LR} = \frac{P_r^i G^i}{4\pi(R_1 + R_2)^2} \cdot \frac{G_{ref,LR}^r \lambda^2}{4\pi} \cdot \Gamma_{LR}$$
  
(for LHCP)



[0035] (수식 3)

$$SNR_{ref,RR} = \frac{P_r G^i}{4\pi(R_1 + R_2)^2} \cdot \frac{G_{ref,R}^r \lambda^2}{4\pi} \cdot \Gamma_{RR}$$

[0036] (for RHCP)

[0037] NPRI 산출부(135)는 수식 4를 통해 산출되는 GPS 인공위성을 이용한 편광 별 지면 반사도 관계를 나타내는 지수인 NPRI(Normalized Polarization Reflectance Index)를 산출한다.

[0038] (수식 4)

$$NPRI = \frac{\Gamma_{LR} - \Gamma_{RR}}{\Gamma_{LR} + \Gamma_{RR}}$$

[0039]

[0040] 본 개시에서는 GPS 신호를 이용해 산출한 NPRI 와 기 저장된 지면 상태 별 NPRI 를 비교하여 비교 결과에 따라 지면 상태를 물, 얼음, 건조, 젖음 등으로 판단할 수 있다.

[0041] 이하에서는 GPS 신호를 이용한 지면상태 판단 방법에 대해서 차례로 설명한다. 지면 상태 판단 방법의 작용(기능)은 데이터 표시 장치 및 시스템상의 기능과 본질적으로 같은 것이므로 도 1 내지 도 4와 중복되는 설명은 생략하도록 한다.

[0042] 도 5는 실시예에 따른 GPS 신호를 이용한 지면상태 추정 방법을 나타낸 흐름도이다.

[0043] S110 단계에서는 위성자료 수집모듈(110)에서 GPS 신호의 마이크로파를 포함하는 위성관측정보를 수신한다. 이후, S120 단계에서는 GPS신호 처리모듈(130)에서 대상 관측지점에서 관측된 RHCP(Right Hand Circular Polarization), LHCP(Left Hand Circular Polarization)를 포함하는 GPS 편광 별 반사신호를 처리하여 NPRI(Normalized Polarization Reflectance Index)를 산출하고, S130 단계에서는 산출된 NPRI와 기 저장된 참조 NPRI를 비교하여 비교 결과에 따라 지면상태를 결빙(ice), 눈(snow), 젖어있는(Wet), 건조(dry) 상태 등으로 판별한다.

[0044] 도 6은 실시예에 따른 신호 처리 단계(S120)의 세부 과정을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0045] S121 단계에서는 SNR 변환부(131)에서 GPS 신호를 SNR 신호로 변환한다.

[0046] GPS 수신기는 C/No (Carrier to Noise Density)을 수신하며, C/No 는 수식 1 로 정의된다.

$$C/No = \frac{SNR}{Bandwidth}$$

[0047] (수식 1)

[0048] 여기서, SNR은 시그널과 노이즈의 비율(Signal to Noise)를 의미하고, 대역폭(Bandwidth)은 관측 마이크로파 밴드 폭을 의미한다. C/No의 단위는 dB (데시벨)이다.

[0049] S123 단계에서는 반사도 산출부(133)에서 RHCP와 LHCP 편광 SNR을 계산한다.

[0050] 수식 2 와 수식 3은 도 2에서 관측된 GPS 신호의 RHCP와 LHCP에 대한 SNR 정보를 나타낸다.

[0051] (수식 2)

$$SNR_{ref,LR} = \frac{P_r G^i}{4\pi(R_1 + R_2)^2} \cdot \frac{G_{ref,L}^r \lambda^2}{4\pi} \cdot \Gamma_{LR}$$

[0052] (for LHCP)

[0053] (수식 3)

$$SNR_{ref,RR} = \frac{P_r G^i}{4\pi(R_1 + R_2)^2} \cdot \frac{G_{ref,R}^r \lambda^2}{4\pi} \cdot \Gamma_{RR}$$

[0054] (for RHCP)

[0055] GPS 수신기가 RHCP와 LHCP 편광을 관측하면, 각각의 SNR을 계산하고, S125 단계에서는 NPRI 산출부(135)에서 정규화된 편광 반사도 비율을 계산한다.



[0056] 수식 4는 본 개시에서 편광반사도 비율에 대한 정의이다. 본 개시에서는 수식 4를 NPRI(Normalized Polarization Reflectance Index)라고 정의한다.

[0057] (수식 4)

$$NPRI = \frac{\Gamma_{LR} - \Gamma_{RR}}{\Gamma_{LR} + \Gamma_{RR}}$$

[0058]

[0059] 여기서  $\Gamma_{LR}$ 과  $\Gamma_{RR}$ 은 수식 2와 수식 3에서 관측된 편광 별 반사도이다. 본 개시에서 제안하는 NPRI를 사용함으로써 수식 2와 수식 3에 나타나는 안테나 별 특성정보 없이도, SNR 비율을 반사도 비율로 전환할 수 있다. 또한 수식 4에 의해 산출되는 NPRI 값은 입사각이 0도에서 90도로 변하는 동안 -1에서 1사이의 값으로 변환된다. 이 때문에 수식 4를 이용하여 반사율 데이터를 NPRI 값으로 정규화할 수 있다.

[0060] S130 단계에서는 지면 상태 판별 모듈에서 기 저장된 표준 NPRI와 산출된 NPRI를 비교하여 지면 상태를 판별한다. 표준 NPRI는 도 4에 도시된 바와 같이 물질 상태인 물(Water), 얼음(Ice), 눈(Snow), 토양(Soil) 성분 별로 NPRI 조건표를 이론적으로 계산하여 미리 저장하는 데이터이다. 실시예에서 GPS 신호가 수신되면 저장된 표준 NPRI 값과 GPS 신호를 통해 산출된 NPRI 값을 비교하여 비교 결과 가장 유사한 NPRI 값에 대응하는 물질 상태로 도로 지면 상태를 결정한다. 표준 NPRI는 지면상태 판단을 위한 기준 데이터로 볼 수 있다.

[0061] 도 7a 내지 도 7c는 표준 물과 토양의 표준 NPRI 그래프 및 지면 상태와 물 상태에 따른 NPRI 변화를 나타낸 그래프이다.

[0062] 도 7a는 실시예에 따른 물, 얼음, 눈, 토양에 대해 각각 이론적으로 계산된 NPRI를 GPS 신호 입사각 별로 나타낸 도면이다. 도 7a에 도시된 바와 같이, 지면 상태 별로 GPS 신호 입사각에 따라 NPRI가 각각 다른 값을 나타내는 것을 알 수 있다.

[0063] 도 7b는 실시예에 따라 GPS 신호로 토양 상태 별 NPRI를 측정된 결과이다. 도 7b에 도시된 보라색 그래프는 위성입사각에 따른 물의 NPRI 수치이고 파란색 그래프는 건조한 토양의 NPRI 그래프이다. 도 7b를 참조하면 건조한 토양과 젖은 토양 상태에서 입사각에 따른 NPRI 그래프가 다른 형태인 것을 확인할 수 있다. 도 7b 좌측 그래프에 도시된 바와 같이 건조한 토양의 NPRI는 토양의 NPRI인 하늘색 그래프에 가까운 값으로 나타나는 것을 확인할 수 있다. 도 7b의 오른쪽 그래프는 토양에 물을 뿌려 놓고 GPS 신호의 변화를 관측한 자료이다. 물을 뿌린 토양에서 관측된 GPS 반사신호가 보라색 그래프와 하늘색 그래프에 나타나는 수치의 중간 정도 값을 나타내는 것을 확인할 수 있다. 이것은 물과 토양의 성질을 동시에 나타내는 것으로서, NPRI 수치를 통해 토양 상태를 판별할 수 있다는 것을 도 7b를 통해 확인할 수 있다.

[0064] 도 7c는 아스팔트 도로 위에 물을 뿌리고 얼음으로 상태가 변화하는 과정에서 GPS 신호를 이용하여 NPRI 값을 도출한 그래프이다. 파란색 그래프는 이론적으로 구해진 GPS 위성의 고도 별 물(Water)에 대한 NPRI를 나타내며, 하늘색 그래프는 GPS 위성의 고도 별 얼음(Ice)에 대한 NPRI를 나타낸다. 실험이 시작된 후 관측된 NPRI 값이 변동하며 물의 상태에서 점차로 1시간 정도 시간이 지난 후에 얼음의 상태를 따라서 NPRI 값이 변화하는 것을 알 수 있다.

[0065] 도 7a 내지 도 7c를 통해 관측된 바와 같이 GPS 신호의 반사 신호를 정규화한 NPRI 값은 토양 상태와 물 상태에 따라 다른 수치를 나타내므로, 이를 이용하여 도면 상태 및 블랙아이스를 검출할 수 있다.

[0066] 본 개시를 통해 GPS 마이크로파 신호 및 물질의 굴절지수 값에 따른 반사도를 이용하여, 도로 상태를 결빙(ice), 눈(snow), 젖어있는(Wet), 건조(dry) 상태 등으로 구분한 실시간 탐지 결과를 미리 도로 사용자에게 알려 블랙아이스와 같은 겨울철 교통사고의 주 원인을 미리 탐지하여 예측함으로써, 교통사고로 인한 인명 손실 및 재산 손실을 예방할 수 있다.

[0067] 개시된 내용은 예시에 불과하며, 특허청구범위에서 청구하는 청구의 요지를 벗어나지 않고 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 다양하게 변경 실시될 수 있으므로, 개시된 내용의 보호범위는 상술한 특정의 실시예에 한정되지 않는다.

## 부호의 설명

[0068] 110: 위성자료 수집모듈

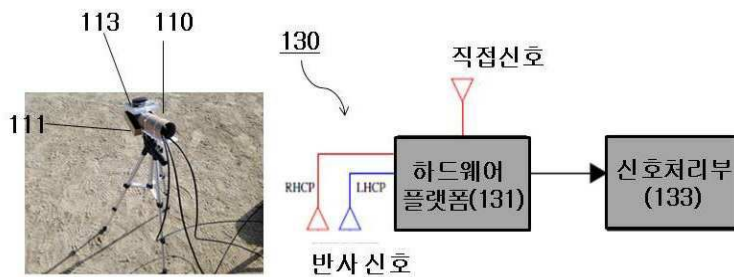
- 130: GPS 신호처리 모듈
- 131: SNR 변환부
- 133: 반사도 산출부
- 135: NPRI 산출부
- 150: 지면 상태 결정 모듈

## 도면

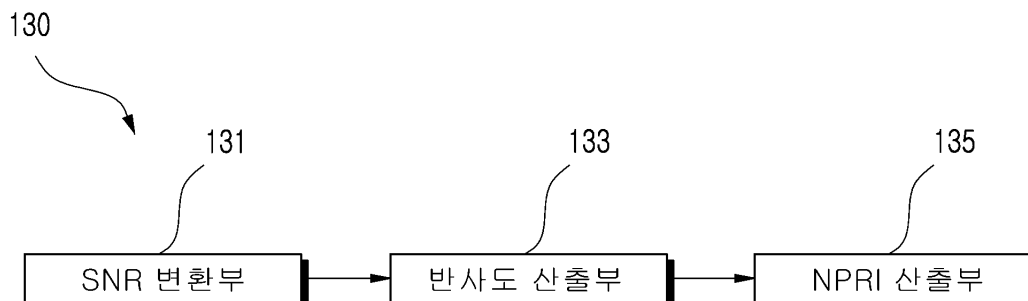
### 도면1



### 도면2



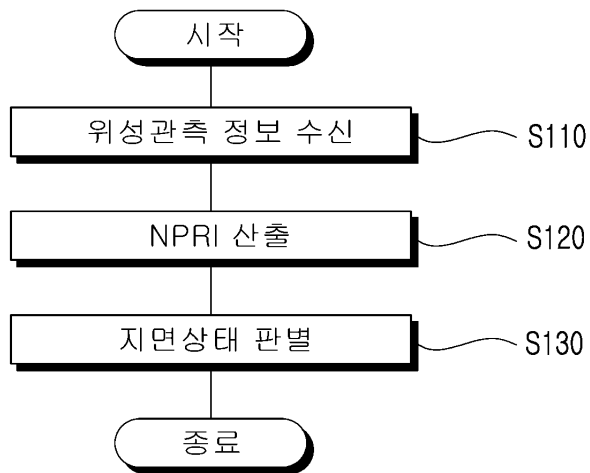
### 도면3



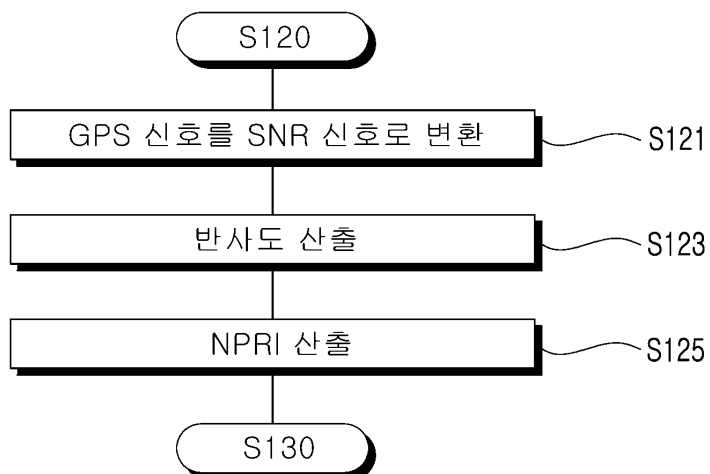
도면4

| Frequency<br>(GHz) | 물(Water)          |                    | 얼음(Ice)                             |                                     | 눈(Snow) at 0°C                      |                                     | 비<br>고 |
|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------|
|                    | 20°C              | 0°C                | 0°C                                 | -5°C                                | Dry                                 | Wet                                 |        |
| 1.0                | 8.956+0.2<br>172i | 9.363 +<br>0.4083i | 1.786+1.194<br>• 10 <sup>-2</sup> i | 1.783+6.568<br>• 10 <sup>-3</sup> i | 1.116+1.730<br>• 10 <sup>-4</sup> i | 1.654+1.152<br>• 10 <sup>-2</sup> i |        |
| 1.6                | 8.933+0.4<br>105i | 9.283 +<br>0.7851i | 1.784+8.556<br>• 10 <sup>-3</sup> i | 1.782+4.658<br>• 10 <sup>-3</sup> i | 1.016+1.264<br>• 10 <sup>-4</sup> i | 1.653+1.592<br>• 10 <sup>-2</sup> i |        |
| 2.0                | 8.915+0.5<br>078i | 9.225 +<br>0.9677i | 1.783+7.302<br>• 10 <sup>-3</sup> i | 1.782+3.957<br>• 10 <sup>-3</sup> i | 1.016+1.095<br>• 10 <sup>-4</sup> i | 1.653+1.909<br>• 10 <sup>-2</sup> i |        |

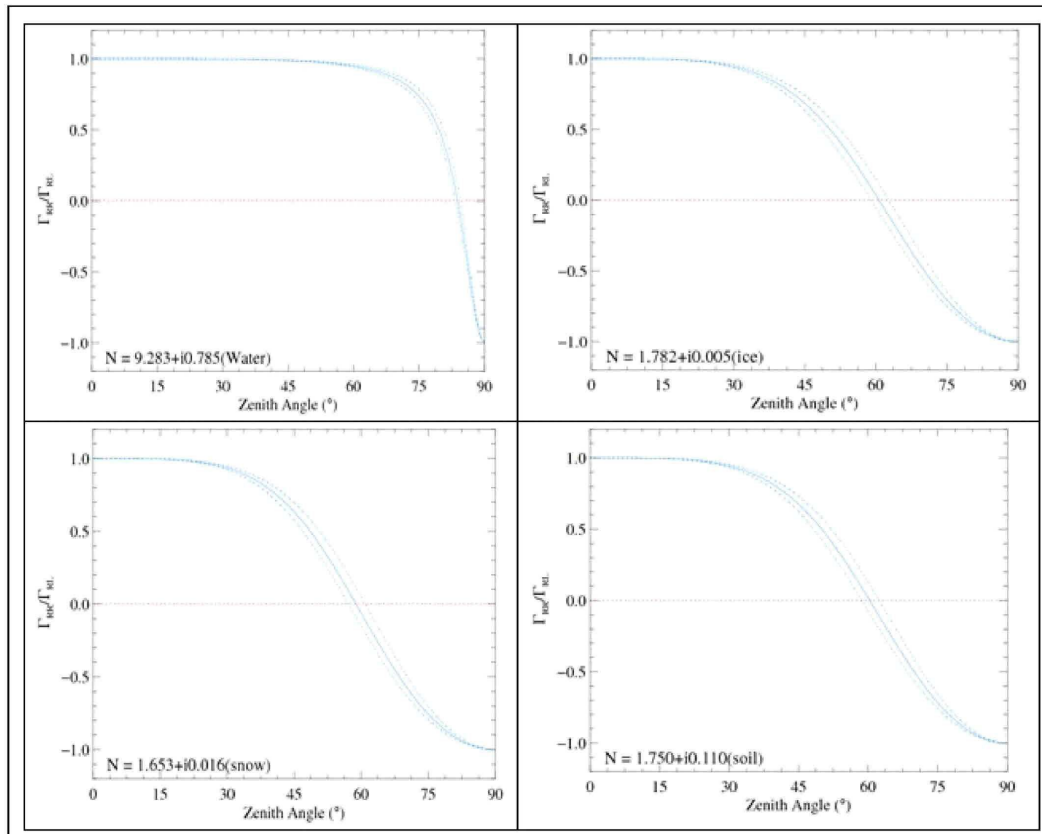
도면5



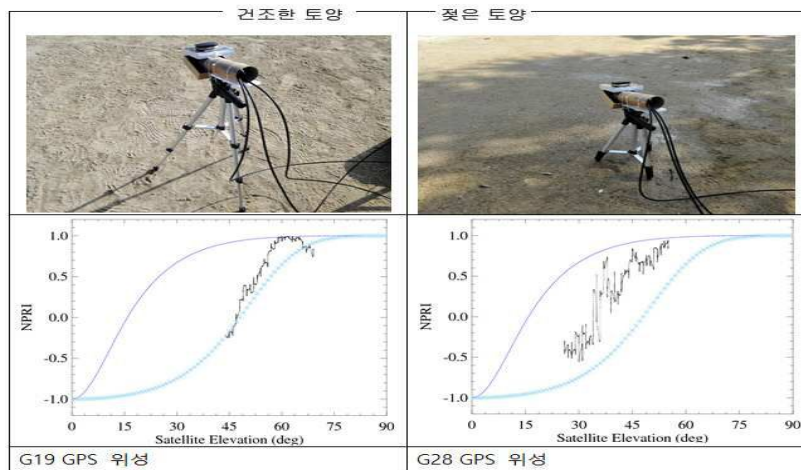
도면6



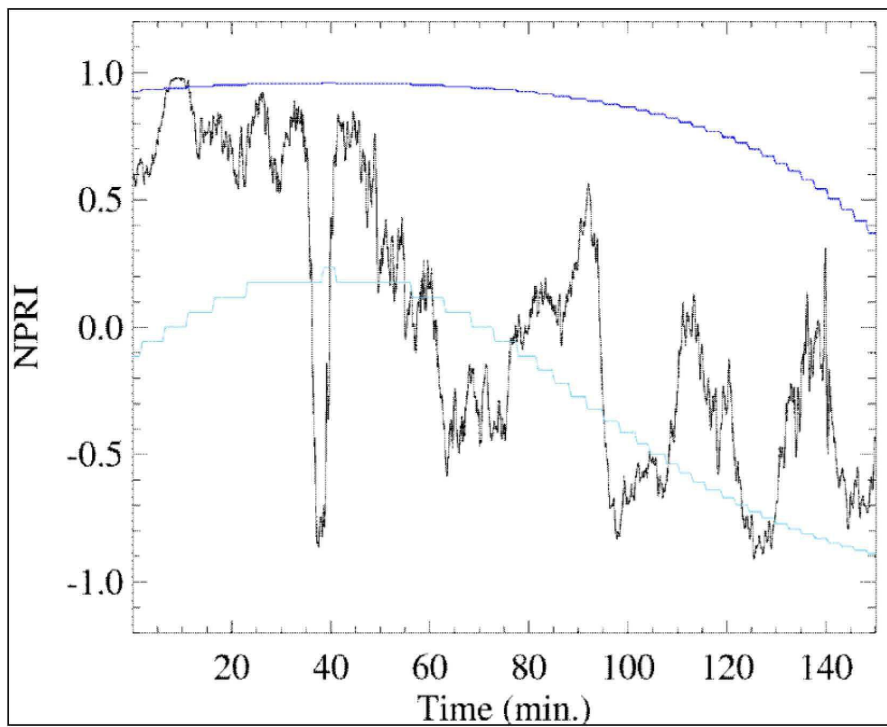
도면7a



도면7b



도면7c



도면8

```

pro ad_fig1, ifnm, out
;+
; Angle Domain Anaysis for NPRI
;-

args = command_line_args(count=Nargs)
IF FILE_TEST(args[0]) THEN ifnm = args[0] $
ELSE return

IF Nargs GE 2 THEN ofnm = args[1] $
ELSE ofnm = 'AD_NPRI_2L_'+FILE_BASENAME(ifnm, '.obs')

; ofnm = 'TS_NPRI_'+FILE_BASENAME(ifnm, '.obs')
readcol, ifnm, t, stat, el, cn0, lhcp, rhcp, $
form='L,A,f,f,f,f'

m_ele = TS_SMOOTH(el, 31, /BACK)
mgnsa = TS_SMOOTH(cn0, 31, /BACK)
mlhcp = TS_SMOOTH(lhcp, 31, /BACK)
mrhcp = TS_SMOOTH(rhcp, 31, /BACK)

rat = 10.0^(0.1*(mrhcp-mlhcp))
NPRI_obs = (1-rat)/(1+rat)

;; Theoretical curves
;; 0. setup some constants
pi = 3.14159265359d0
freq_GHz = 1.57542
sigma = 0.0
CO = 7.5 ;7.5

;; 1. refractive index
refr_type = '('+ $
           ['Water',    'ice',    'snow', 'soil']+')'
refr_real = [ 9.283,    1.782,    1.653,  1.75 ]
refr_imag = [ .7851, 4.658e-3, 1.592e-2, .11 ]
refr_idx = dcomplex(refr_real, refr_imag)

; local_slope = 0
zen_dgr = findgen(91)
; Water
calc_refl_fresnell, refr_idx[0], zen_dgr, Rv=Rv, Rh=Rh
R_RLO = ABS(0.5*( Rh + Rv ))^2
R_RRO = ABS(0.5*( Rh - Rv ))^2

; Soil
calc_refl_fresnell, refr_idx[1], zen_dgr, Rv=Rv, Rh=Rh
R_RL1 = ABS(0.5*( Rh + Rv ))^2
R_RR1 = ABS(0.5*( Rh - Rv ))^2

```