(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년10월02일
(11) 등록번호 10-2028111
(24) 등록일자 2019년09월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 19/27 (2010.01)
(52) CPC특허분류
G01S 19/27 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0099028
(22) 출원일자 2017년08월04일
심사청구일자 2017년08월04일
(65) 공개번호 10-2019-0014914
(43) 공개일자 2019년02월13일
(56) 선행기술조사문헌
Hiroshi Matsumoto 외 4명. Computer Simulation on Nonlinear Interaction of Intense Microwave with Space Plsmas. Electronics and Communications in Japan, Part 3. March 1995, Vol.78, No.11, pp.119-129.*
Steven A. Modeling Electromagnetic Propagation in the Earth-Ionosphere Waveguide. IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATIONS. SEPTEMBER 2000, VOL.48, NO.9, pp.1420-1429.*
김창성 외 2명. 광선 추적법을 이용한 우주 환경에서의 전파 경로 예측. 한국전자파학회. 한국전자파학회 하계종합학술대회 논문집. 2016.06.16-18, Vol 4, No.1, 1page.*
KR1020090061777 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
국방과학연구소

(72) 발명자
정경영
박민석
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
한양특허법인

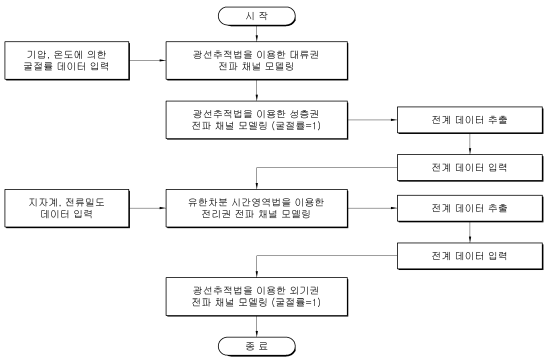
전체 청구항 수 : 총 4 항 심사관 : 변영석

(54) 발명의 명칭 **지구 대기 전파 채널 모델링 방법**

(57) 요 약

본 발명은 광선 추적법을 이용하여 대류권과 성층권의 전파 특성을 모델링하는 단계 및 상기 대류권 및 성층권을 통과한 전계의 데이터를 입력으로 하여 유한차분 시간영역법을 이용하여 전리권의 전파 특성을 모델링하는 단계를 포함하는 지구 대기 전파 채널 모델링 방법으로서, 본 발명에 의하면, 대기권을 분할하여 전파 환경을 고려함으로써 보다 정확하게 지상의 신호위치의 도출이 가능하게 한다.

대 표 도 - 도3



(72) 발명자 **박영주**

박용배

추호성

명 세 서

청구범위

청구항 1

삭제

청구항 2

광선 추적법을 이용하여 주파수 영역에서 대류권과 성층권의 전파 특성을 모델링하는 단계;

상기 대류권 및 성층권을 통과한 주파수 영역의 전계의 데이터를 입력으로 하여 유한차분 시간영역법을 이용하여 시간 영역에서 전리권의 전파 특성을 모델링하는 단계; 및

상기 전리권을 통과한 시간 영역의 전계의 데이터를 입력으로 하여 광선 추적법을 이용하여 주파수 영역에서 외기권의 전파 채널을 모델링하는 단계를 포함하는,

지구 대기 전파 채널 모델링 방법.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 대류권과 성층권의 전파 특성을 모델링하는 단계는 온도와 기압에 따른 굴절률 데이터를 변수로 모델링하는 것을 특징으로 하는,

지구 대기 전파 채널 모델링 방법.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 전리권의 전파 특성을 모델링하는 단계는 지자계 및 전자밀도 데이터를 변수로 모델링하는 것을 특징으로 하는,

지구 대기 전파 채널 모델링 방법.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 전리권의 전파 특성을 모델링하는 단계는 맥스웰 방정식에 상기 지자계 및 전자밀도 데이터를 파라미터로 하고, 중앙차분법을 이용하여 전계, 자계 및 전류밀도를 시간과 공간에 대해 이산화함으로써 도출하는 것을 특징으로 하는,

지구 대기 전파 채널 모델링 방법.

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 전파 채널 보정을 위한 지구 대기 전파 채널을 모델링하는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 종래의 보정 항법 시스템에서는 광역 주 기지국에서 각 보정 데이터를 통합 처리하여 최종 보정데이터를 산출하고, 정지위성으로 송신한다. 그리고, 정지 위성에서 통합 처리된 보정데이터로 사용자들은 보정된 위치 데이터를 구하게 된다.

[0003] 이러한 종래의 전파 채널 보정 시스템은 지속적으로 항법메세지 통신을 통해 상호적인 정보로 교정하는 방식인데, 대기를 통과하는 전파에 대해 일률적인 방법에 의해 채널 모델링을 하기 때문에, 지상의 신호위치 도출의 정확성에 있어 한계가 있다.

[0004] 이상의 배경기술에 기재된 사항은 발명의 배경에 대한 이해를 돕기 위한 것으로서, 이 기술이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 이미 알려진 종래기술이 아닌 사항을 포함할 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 중국공개특허공보 제103017177호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하고자 안출된 것으로서, 본 발명은 대기권을 분할하여 전파 환경을 고려함으로써 보다 정확하게 지상의 신호위치의 도출이 가능한 지구 대기 전파 채널 모델링 방법을 제공하는 데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 일 관점에 의한 지구 대기 전파 채널 모델링 방법은, 광선 추적법을 이용하여 대류권과 성층권의 전파 특성을 모델링하는 단계 및 상기 대류권 및 성층권을 통과한 전계의 데이터를 입력으로 하여 유한차분 시간영역법을 이용하여 전리권의 전파 특성을 모델링하는 단계를 포함한다.

[0008] 그리고, 상기 전리권을 통과한 전계의 데이터를 입력으로 하여 광선 추적법을 이용하여 외기권의 전파 채널을 모델링하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0009] 이러한 상기 대류권과 성층권의 전파 특성을 모델링하는 단계는 온도와 기압에 따른 굴절률 데이터를 변수로 모델링하는 것을 특징으로 한다.

[0010] 그리고, 상기 전리권의 전파 특성을 모델링하는 단계는 지자계 및 전자밀도 데이터를 변수로 모델링하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 또한, 상기 전리권의 전파 특성을 모델링하는 단계는 맥스웰 방정식에 상기 지자계 및 전자밀도 데이터를 파라미터로 하고, 중앙차분법을 이용하여 전계, 자계 및 전류밀도를 시간과 공간에 대해 이산화함으로써 도출하는 것을 특징으로 한다.

[0012] 다음으로, 본 발명의 다른 일 관점에 의한 지구 대기 전파 채널 모델링 방법은, 유한차분 시간영역법을 이용하여 전리권의 전파 특성을 모델링하는 것을 특징으로 한다.

[0013] 그리고, 상기 전리권의 전파 특성은 지자계 및 전자밀도 데이터를 변수로 모델링하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 나아가, 상기 전리권의 전파 특성은 맥스웰 방정식에 상기 지자계 및 전자밀도 데이터를 파라미터로 하고, 중앙차분법을 이용하여 전계, 자계 및 전류밀도를 시간과 공간에 대해 이산화함으로써 모델링하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0015] 본 발명의 지구 대기 전파 채널 모델링 방법에 의하면, 유한차분 시간영역법과 광선 추적법을 이용하여 대기권을 분할하여 전파 환경으로 고려함으로써, 최종 관측점에서의 전파 손실과 전파 경로를 정확하고 효과적으로 모델링할 수 있다.

[0016] 또한 본 발명은 지구 위성간 유한차분 시간영역법과 광선 추적법을 이용한 하이브리드 지구 대기 전파 채널 모델링을 구현하여 지상의 신호위치를 정확하게 도출할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명의 지구 대기 전파 채널 모델링 방법의 개념을 도시한 것이다.

도 2는 광선 추적법을 설명하기 위해 도시한 것이다.

도 3은 본 발명의 지구 대기 전파 채널 모델링 방법을 순서적으로 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 본 발명과 본 발명의 동작상의 이점 및 본 발명의 실시에 의하여 달성되는 목적을 충분히 이해하기 위해서는 본 발명의 바람직한 실시 예를 예시하는 첨부 도면 및 첨부 도면에 기재된 내용을 참조하여야만 한다.

[0019] 본 발명의 바람직한 실시 예를 설명함에 있어서, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지의 기술이나 반복적인 설명은 그 설명을 줄이거나 생략하기로 한다.

[0020] 본 발명은 종래의 전파 채널 보정 시스템을 위한 채널 모델링에서 대기권의 각 권을 고려함 없이 일률적으로 채널 모델링을 하는 한계를 벗어나 대기권의 상태 정보를 얻은 후 통신을 하지 않고도, 수치해석 기법을 이용하여 관측점의 전파 특성을 정확히 예측할 수 있도록 하는 것이다.

[0021] 이를 위해, 지구 위의 송신점으로부터 우주 공간에 위치한 위성까지의 전파 모델을 광선 추적법과 유한차분 시간영역법을 이용하여 구현한다.

[0022] 광선 추적법은 매우 빠르게 전파 특성을 예측할 수 있으나, 비등방성 자화 플라즈마로 이루어진 전리권에서의 전파 특성을 해석하는 것은 불가능하다.

[0023] 반면, 유한차분 시간영역법은 전리권에서 일어나는 패러데이 회전 등 복잡한 전파특성을 정확히 해석할 수 있는 장점이 있다.

[0024] 본 발명은 이에 착안하여, 도 1에 도시된 바와 같이, 광선 추적법을 이용하여 대류권, 성층권, 외기권에서의 전파 채널을 모델링하며, 유한차분 시간영역법을 이용하여 비등방 편파특성을 갖는 전리권의 전파 채널 모델링을 수행한다.

[0025] 즉, 대류권, 성층권, 외기권은 굴절률을 고려하여 광선 추적법을 이용한 지구 대기 전파 채널을 모델링하고, 전리권은 지자계, 전자밀도 등을 고려하여 유한차분 시간영역법을 이용한 지구 대기 전파 채널을 모델링함으로써, 두 가지 방법을 하이브리드하여 지구 대기 전파 채널을 모델링한다.

[0026] 광선 추적법에 의한 지구 대기 전파 채널 모델링은 도 2와 같이 전파가 다른 물질을 통과할 때 유전율과 투과율에 의해 각도가 달라지면서 전파의 방향이 변하는 특성을 이용하는 것이다.

[0027] 그리고, 다음 수학식은 전리권의 특성을 정확하게 해석하기 위한 유한차분 시간영역법의 최종 업데이트 수식이다.

[0028] 유도과정은 기존의 맥스웰 방정식에 전리권 특성인 지자계, 전류밀도를 포함하고, 중앙차분법을 이용하여 전계(E), 자계(H), 전류밀도(J)를 시간과 공간에 대하여 이산화하는 것이다.

[0029] 변수 ω_p는 플라즈마 주파수, ω_b는 사이클로트론 주파수, v는 충돌 주파수, B_0는 지자계, μ_0는 투자율, n은 밀도, ε_0는 유전율, m은 질량, $\triangle t$는 시간간격, q는 전하량, $\triangle z$는 공간간격, n,k는 자연수에 해당한다.

수학식 1

$$H_x|_{k+1/2}^{n+1/2} = H_x|_{k+1/2}^{n-1/2} + \frac{\Delta t}{\mu_0 \Delta z}\left(E_y|_{k+1}^{n} - E_y|_{k}^{n}\right)$$

$$H_y|_{k+1/2}^{n+1/2} = H_y|_{k+1/2}^{n-1/2} - \frac{\Delta t}{\mu_0 \Delta z}\left(E_x|_{k+1}^{n} - E_x|_{k}^{n}\right)$$

$$E_x|_{k}^{n+1} = E_x|_{k}^{n} - \frac{\Delta t}{\varepsilon_0 \Delta z}\left(H_y|_{k+1/2}^{n+1/2} - H_y|_{k-1/2}^{n+1/2}\right) - \frac{\Delta t}{\varepsilon_0} J_x|_{k}^{n+1/2}$$

$$E_y|_{k}^{n+1} = E_y|_{k}^{n} + \frac{\Delta t}{\varepsilon_0 \Delta z}\left(H_x|_{k+1/2}^{n+1/2} - H_x|_{k-1/2}^{n+1/2}\right) - \frac{\Delta t}{\varepsilon_0} J_y|_{k}^{n+1/2}$$

[0030]

수학식 2

$$J_x|_{k}^{n+1/2} = \frac{1}{1+Z^2} \cdot \left[A \cdot E_x|_{k}^{n} + \left(B - Z^2\right) J_x|_{k}^{n-1/2} - AZ \cdot E_y|_{k}^{n} - (BZ + Z) \cdot J_y|_{k}^{n-1/2}\right]$$

$$J_y|_{k}^{n+1/2} = \frac{1}{1+Z^2} \cdot \left[A \cdot E_y|_{k}^{n} + \left(B - Z^2\right) J_y|_{k}^{n-1/2} + AZ \cdot E_x|_{k}^{n} + (BZ + Z) \cdot J_x|_{k}^{n-1/2}\right]$$

수학식 3

$$A = \frac{2 \cdot \Delta t \cdot \varepsilon_0 \cdot \omega_p^2}{2 + v \cdot \Delta t}, B = \frac{2 - v \cdot \Delta t}{2 + v \cdot \Delta t}, Z = \frac{\Delta t \cdot \omega_b}{2 + v \cdot \Delta t}$$

$$\omega_p = \sqrt{\frac{q^2 n}{\varepsilon_0 m}}, \omega_b = \frac{qB_0}{m}$$

[0031] 본 발명은 이상의 광선 추적법과 유한차분 시간영역법을 하이브리드하여 지상의 신호 위치를 정확하게 도출하는 것이고, 이러한 본 발명의 방법을 도식화한 것이 도 3과 같다.

[0032] 도 3을 참조하면, 본 발명에 의한 지구 위성 간 전파 채널 모델링 방법은 다음과 같다.

[0033] 1) 광선 추적법을 이용하여 대류권과 성층권의 전파 특성을 모델링 한다. 이때, 온도와 기압에 따른 굴절률 데이터를 입력받아 고려하여야 한다.

[0034] 2) 대류권, 성층권을 통과한 전계의 데이터를 추출하고, 이를 유한차분 시간영역법의 입력 파라미터로 사용한다.

[0035] 3) 그 다음으로, 유한차분 시간영역법을 이용하여 전리권의 전파 특성을 해석한다. 이때, 지자계, 전자밀도 데이터를 입력받아 고려하여 해석한다.

[0036] 4) 전리권을 통과한 전계의 데이터를 추출 후 이를 광선 추적법의 입력 파라미터로 사용한다.

[0037] 5) 마지막으로, 광선 추적법을 이용하여 외기권 전파 채널 모델을 수행한다.

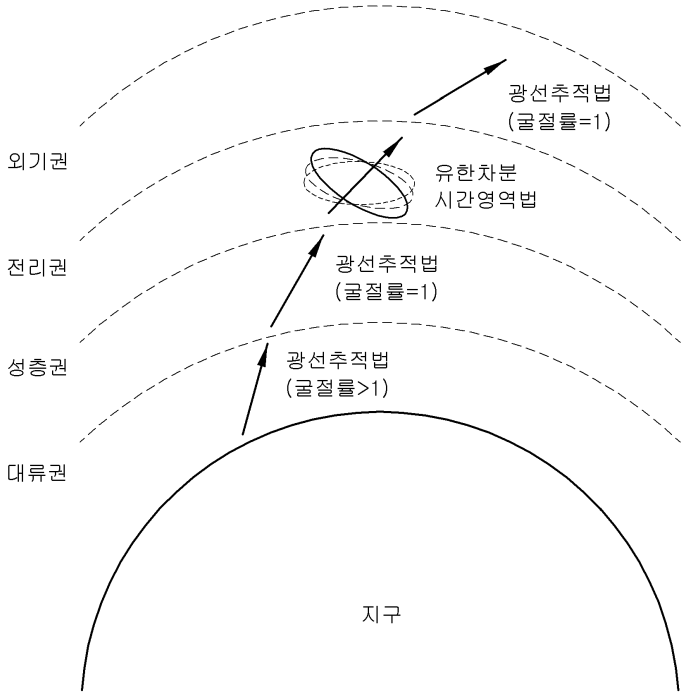
[0038] 이상과 같은 방법에 의해 대기권의 전파 특성을 각 권에 맞는 해석법에 의해 모델링함으로써, 대기 전체의 특성이 고려된 해석이 가능하게 하여 지상의 신호 위치를 보다 정확하게 도출할 수 있게 한다.

[0039] 이상과 같은 본 발명은 예시된 도면을 참조하여 설명되었지만, 기재된 실시 예에 한정되는 것이 아니고, 본 발

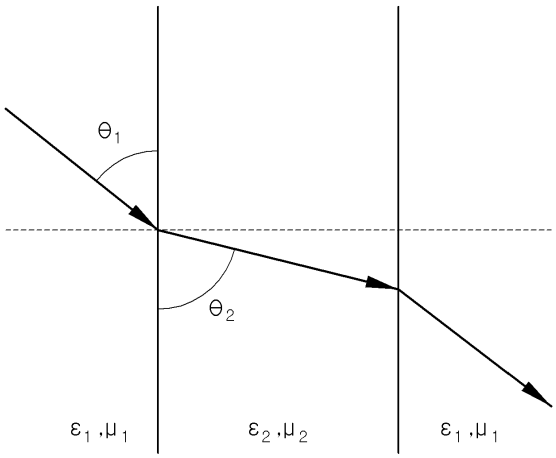
명의 사상 및 범위를 벗어나지 않고 다양하게 수정 및 변형될 수 있음은 이 기술의 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명하다. 따라서 그러한 수정 예 또는 변형 예들은 본 발명의 특허청구범위에 속한다 하여야 할 것이며, 본 발명의 권리범위는 첨부된 특허청구범위에 기초하여 해석되어야 할 것이다.

도면

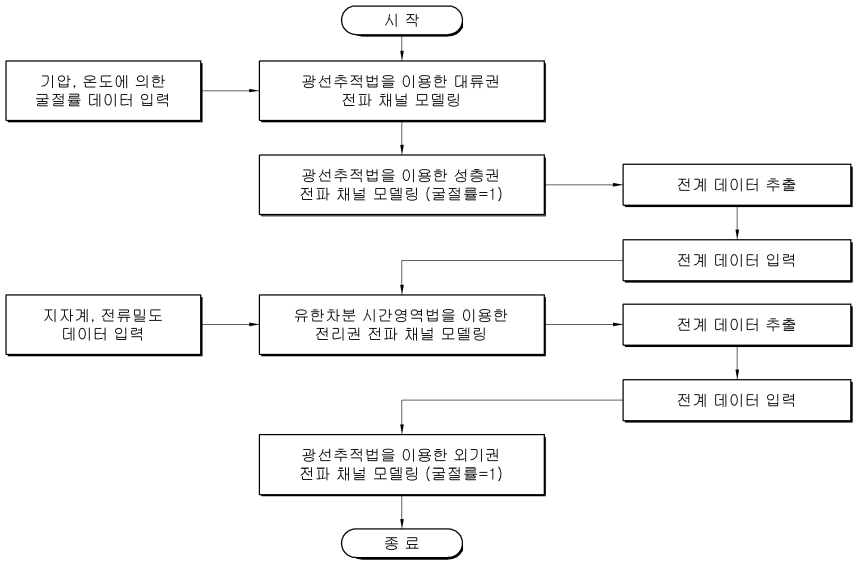
도면1



도면2



도면3


시 작
기압, 온도에 의한
굴절률 데이터 입력
광선추적법을 이용한 대류권
전파 채널 모델링
광선추적법을 이용한 성층권
전파 채널 모델링 (굴절률=1)
전계 데이터 추출
전계 데이터 입력
지자계, 전류밀도
데이터 입력
유한차분 시간영역법을 이용한
전리권 전파 채널 모델링
전계 데이터 추출
전계 데이터 입력
광선추적법을 이용한 외기권
전파 채널 모델링 (굴절률=1)
종 료