



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년07월09일
(11) 등록번호 10-2275152
(24) 등록일자 2021년07월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 17/391 (2014.01) H04B 7/22 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H04B 17/391 (2015.01)
H04B 17/3913 (2015.01)
(21) 출원번호 10-2019-0118717
(22) 출원일자 2019년09월26일
심사청구일자 2019년09월26일
(65) 공개번호 10-2021-0036588
(43) 공개일자 2021년04월05일
(56) 선행기술조사문헌
JP4727159 B2*
Jun-Ho Kweon 외 3인, 'FDTD Analysis of Electromagnetic Wave Propagation in an Inhomogeneous Ionosphere under Arbitrary-Direction Geomagnetic Field', JUL. 2018*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
국방과학연구소

한양대학교 산학협력단

(72) 발명자
정경영

조제훈

(74) 대리인
제일특허법인(유)
(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 8 항

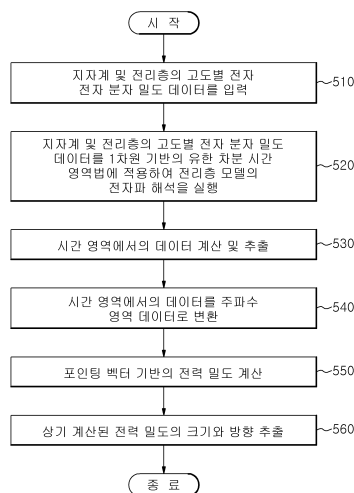
심사관 : 양찬호

(54) 발명의 명칭 전리층에서의 전자기파 전파특성 분석 장치, 방법, 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체 및 컴퓨터 프로그램

(57) 요약

다양한 실시 예에 따르면, 전리층에서의 전자기파 전파특성 분석 장치에 있어서, 제어부; 및 상기 제어부와 전기적으로 연결된 메모리를 포함하며, 상기 메모리는, 상기 제어부가, 1차원 기반의 유한 차분 시간 영역법을 이용하여 전리층의 전자파 특성 해석을 위한 모델링을 실행하며, 지지계 및 상기 전리층의 전자 및 분자 밀도 데이터를, 상기 1차원 기반의 유한 차분 시간 영역법에 적용하여, 상기 모델링에 기초하여 생성된, 상기 전리층에 대응되는 전리층 모델의 전자파 특성을 해석하며, 상기 해석된 전자파 특성에 기초하여, 상기 전리층 모델에서 전자계 성분을 추출한 후, 포인팅 벡터 기반의 후처리 동작을 실행하며, 상기 후처리 동작에 기초하여 상기 전리층 모델에서의 반사 및 투과되는 전자파 정보를 확인하고, 상기 확인된 전자파 정보에 기초하여 상기 전리층 모델의 전자기파 전파특성을 예측하도록 하는 명령을 포함할 수 있다.

대표도 - 도5



- (52) CPC특허분류
H04B 7/22 (2013.01)
- (72) 발명자
추호성

유홍균

박용배

명세서

청구범위

청구항 1

제어부; 및

상기 제어부와 전기적으로 연결된 메모리를 포함하며, 상기 메모리는, 상기 제어부가,

전리층의 비등방성 특성을 고려한 1차원 기반의 유한 차분 시간 영역법을 이용하여 상기 전리층의 전자파 특성 해석을 위한 모델링을 실행하면서 상기 전리층 및 전자파 진행 방향과의 경사 각도에 따른 직입사 및 사업사에 대해 서로 다른 좌표축을 설정하며,

지자체 및 상기 전리층의 고도 별 전자 및 분자 밀도 데이터를, 상기 1차원 기반의 유한 차분 시간 영역법에 적용하여, 상기 모델링에 기초하여 생성된, 상기 전리층에 대응되는 전리층 모델의 전자파 특성을 해석하며,

상기 해석된 전자파 특성에 기초하여, 상기 전리층 모델에서 전자계 성분을 추출한 후, 상기 전자계 성분에 대한 포인팅 벡터 기반의 후처리 동작을 실행하여 전력 밀도를 계산하며,

상기 후처리 동작에 기초하여 상기 전리층 모델에서의 반사 및 투과되는 전자파 정보로서 상기 전력 밀도를 확인하고, 상기 확인된 전력 밀도의 크기와 방향을 추출하여 상기 전리층 모델의 전자기파 전파특성을 예측

하도록 하는 명령을 포함하는 전리층에서의 전자기파 전파특성 분석 장치.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 명령은, 상기 제어부가,

상기 해석된 전자파 특성에 기초하여, 상기 전리층 모델의 시간 영역에서의 데이터를 계산하며, 상기 시간 영역에서의 데이터에서 전자파의 반사 및 투과 위치에 대응하는 전자계 성분을 추출하도록 하는 명령을 포함하는 전리층에서의 전자기파 전파특성 분석 장치.

청구항 3

제 2항에 있어서, 상기 명령은, 상기 제어부가,

이산 시간 푸리에 변환을 통해, 상기 전자파의 반사 및 투과 위치에 대응하는 상기 전자계 성분을 주파수 영역의 전자계 성분으로 변환하도록 하는 명령을 포함하는 전리층에서의 전자기파 전파특성 분석 장치.

청구항 4

삭제

청구항 5

전리층에서의 전자기파 전파특성 분석 방법에 있어서,

상기 전리층의 비등방성 특성을 고려한 1차원 기반의 유한 차분 시간 영역법을 이용하여 상기 전리층의 전자파 특성 해석을 위한 모델링을 실행하면서 상기 전리층 및 전자파 진행 방향과의 경사 각도에 따른 직입사 및 사업사에 대해 서로 다른 좌표축을 설정하는 동작;

지자체 및 상기 전리층의 고도 별 전자 및 분자 밀도 데이터를, 상기 1차원 기반의 유한 차분 시간 영역법에 적용하여, 상기 모델링에 기초하여 생성된, 상기 전리층에 대응되는 전리층 모델의 전자파 특성을 해석하는 동작;

상기 해석된 전자파 특성에 기초하여, 상기 전리층 모델에서 전자계 성분을 추출한 후, 상기 전자계 성분에 대한 포인팅 벡터 기반의 후처리 동작을 실행하여 전력 밀도를 계산하는 동작: 및

상기 후처리 동작에 기초하여 상기 전리층 모델에서의 반사 및 투과되는 전자파 정보로서 상기 전력 밀도를 확인하고, 상기 확인된 전력 밀도의 크기와 방향을 추출하여 상기 전리층 모델의 전자기파 전파 특성을 예측하는

동작을 포함하는 전리층에서의 전자기파 전파특성 분석 방법.

청구항 6

제 5항에 있어서, 상기 전리층 모델에서 전자계 성분을 추출하는 것은,

상기 해석된 전자파 특성에 기초하여, 상기 전리층 모델의 시간 영역에서의 데이터를 계산하며, 상기 시간 영역에서의 데이터에서 전자파의 반사 및 투과 위치에 대응하는 전자계 성분을 추출하는 동작을 포함하는 전리층에서의 전자기파 전파특성 분석 방법.

청구항 7

제 6항에 있어서,

이산 시간 푸리에 변환을 통해, 상기 전자파의 반사 및 투과 위치에 대응하는 상기 전자계 성분을 주파수 영역의 전자계 성분으로 변환하는 동작을 더 포함하는 전리층에서의 전자기파 전파특성 분석 방법.

청구항 8

삭제

청구항 9

컴퓨터 프로그램을 저장하고 있는 컴퓨터 판독 가능 기록매체로서,

상기 컴퓨터 프로그램은, 프로세서에 의해 실행되면,

전리층의 비등방성 특성을 고려한 1차원 기반의 유한 차분 시간 영역법을 이용하여 상기 전리층의 전자파 특성 해석을 위한 모델링을 실행하면서 상기 전리층 및 전자파 진행 방향과의 경사 각도에 따른 직입사 및 사입사에 대해 서로 다른 좌표축을 설정하는 동작;

지자계 및 상기 전리층의 고도 별 전자 및 분자 밀도 데이터를, 상기 1차원 기반의 유한 차분 시간 영역법에 적용하여, 상기 모델링에 기초하여 생성된, 상기 전리층에 대응되는 전리층 모델의 전자파 특성을 해석하는 동작;

상기 해석된 전자파 특성에 기초하여, 상기 전리층 모델에서 전자계 성분을 추출한 후, 상기 전자계 성분에 대한 포인팅 벡터 기반의 후처리 동작을 실행하여 전력 밀도를 계산하는 동작; 및

상기 후처리 동작에 기초하여 상기 전리층 모델에서의 반사 및 투과되는 전자파 정보로서 상기 전력 밀도를 확인하고, 상기 확인된 전력 밀도의 크기와 방향을 추출하여 상기 전리층 모델의 전자기파 전파 특성을 예측하는 동작을 포함하는 전리층에서의 전자기파 전파특성 분석 방법을 상기 프로세서가 수행하도록 하기 위한 명령어를 포함하는, 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체.

청구항 10

컴퓨터 판독 가능한 기록매체에 저장되어 있는 컴퓨터 프로그램으로서,

상기 컴퓨터 프로그램은, 프로세서에 의해 실행되면,

전리층의 비등방성 특성을 고려한 1차원 기반의 유한 차분 시간 영역법을 이용하여 상기 전리층의 전자파 특성 해석을 위한 모델링을 실행하면서 상기 전리층 및 전자파 진행 방향과의 경사 각도에 따른 직입사 및 사입사에 대해 서로 다른 좌표축을 설정하는 동작;

지자계 및 상기 전리층의 고도 별 전자 및 분자 밀도 데이터를, 상기 1차원 기반의 유한 차분 시간 영역법에 적용하여, 상기 모델링에 기초하여 생성된, 상기 전리층에 대응되는 전리층 모델의 전자파 특성을 해석하는 동작;

상기 해석된 전자파 특성에 기초하여, 상기 전리층 모델에서 전자계 성분을 추출한 후, 상기 전자계 성분에 대한 포인팅 벡터 기반의 후처리 동작을 실행하여 전력 밀도를 계산하는 동작; 및

상기 후처리 동작에 기초하여 상기 전리층 모델에서의 반사 및 투과되는 전자파 정보로서 상기 전력 밀도를 확인하고, 상기 확인된 전력 밀도의 크기와 방향을 추출하여 상기 전리층 모델의 전자기파 전파 특성을 예측하는 동작을 포함하는 전리층에서의 전자기파 전파특성 분석 방법을 상기 프로세서가 수행하도록 하기 위한 명령어를 포함하는, 컴퓨터 프로그램.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 전리층에서의 전자기파 전파특성 분석 장치, 방법, 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체 및 컴퓨터 프로그램에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 전리층의 복잡한 전자파 환경을 정확하게 분석하는 것은, 지상과 위성 간의 효율적인 통신 환경을 구축하기 위해 필요하다. 이에 따라, 종래에는 전리층의 전자파 환경을 분석하기 위해, 다양한 수치 해석 기법을 기초로 하는 컴퓨터 모의 실험이 이루어져 왔다.

[0003] 대기권에 위치하고 있는 전리층은 수백 킬로미터(km)의 매우 넓은 영역이기 때문에, 전리층의 전자파 환경을 분석하기 위해서는, 정확도를 보장할 수 있는 3차원 전자파(full-wave)(전파, 전자기파라고도 함) 기반의 전자기파 수치 해석 기법의 이용이 요구된다. 그러나, 상기 3차원 전자파 기반의 전자기파 수치 해석 기법의 이용 시, 방대한 데이터를 저장할 수 있는 아주 큰 용량의 메모리 및 데이터 처리 시간을 단축 시킬 수 있는 장비가 요구되기 때문에, 슈퍼 컴퓨터 등과 같은 고가의 장비를 포함하는 환경이 구축되어 있지 않으면 전리층의 전자파 환경의 분석을 수행하는 것이 불가능하다.

[0004] 종래에는 광선 추적법과 같은 근사적 접근법 기반의 수치 해석 기법이 관련 전자파 환경 분석에 이용되고 있지만, 상기 근사적 접근법은 전리층이 갖는 비등방성 특성 등의 복잡한 전자파 환경의 해석에는 이용될 수 없기 때문에, 전자파 환경 분석의 정확도가 떨어지는 단점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 다양한 실시 예는, 시간 영역 전자파(full-wave)(전파, 전자기파라고도 함) 기반 수치 해석 기법인 유한 차분 시간 영역법을 이용한 전리층에서의 전자기파 전파특성 분석 장치, 방법, 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체 및 컴퓨터 프로그램을 제공할 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 실시 예는 전리층의 패러데이 회전 등 복잡한 전자파 환경을 고려한 1차원 유한 차분 시간 영역법을 기반으로 수행될 수 있으며, 이에 따라, 일반적인 컴퓨터 환경에서도 정확하게 전리층의 전자기파 전파특성을 분석할 수 있다. 또한, 본 발명의 실시 예에 따라 계산된 시간 영역의 전자계 성분을 이용하여, 전리층에 반사 및/또는 전리층을 투과하는 전자파의 방향 및/또는 크기를 확인하기 위한 포인팅 벡터 기반의 후처리 과정을 통해, 지상과 위성 간의 효율적인 통신을 위해 필수적으로 요구되는 전자파 정보를 확인할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 다양한 실시 예에 따르면, 전자기파 전파특성 분석 장치는, 제어부; 및 상기 제어부와 전기적으로 연결된 메모리를 포함하며, 상기 메모리는, 상기 제어부가, 1차원 기반의 유한 차분 시간 영역법을 이용하여 전리층의 전자파 특성 해석을 위한 모델링을 실행하며, 전자계 및 상기 전리층의 전자 및 분자 밀도 데이터를, 상기 1차원 기반의 유한 차분 시간 영역법에 적용하여, 상기 모델링에 기초하여 생성된, 상기 전리층에 대응되는 전리층 모델의 전자파 특성을 해석하며, 상기 해석된 전자파 특성에 기초하여, 상기 전리층 모델에서 전자계 성분을 추출한 후, 포인팅 벡터 기반의 후처리 동작을 실행하며, 상기 후처리 동작에 기초하여 상기 전리층 모델에서의 반사 및 투과되는 전자파 정보를 확인하고, 상기 확인된 전자파 정보에 기초하여 상기 전리층 모델의 전자기파 전파 특성을 예측하도록 하는 명령을 포함할 수 있다.

[0007] 다양한 실시 예에 따르면, 상기 명령은, 상기 제어부가, 상기 해석된 전자파 특성에 기초하여, 상기 전리층 모델의 시간 영역에서의 데이터를 계산하며, 상기 시간 영역에서의 데이터에서 전자파의 반사 및 투과 위치에 대응하는 전자계 성분을 추출하도록 하는 명령을 포함할 수 있다.

[0008] 다양한 실시 예에 따르면, 상기 명령은, 상기 제어부가, 이산 시간 푸리에 변환을 통해, 상기 전자파의 반사 및 투과 위치에 대응하는 상기 전자계 성분을 주파수 영역의 전자계 성분으로 변환하도록 하는 명령을 포함할 수 있다.

[0009] 다양한 실시 예에 따르면, 상기 명령은, 상기 제어부가, 상기 추출된 전자계 성분에 기초하여, 포인팅 벡터 기

반의 전력 밀도를 계산하고, 상기 전력 밀도의 크기와 방향을 추출하도록 하는 명령을 포함할 수 있다.

[0010] 다양한 실시 예에 따르면, 전리층에서의 전자기파 전파특성 분석 방법에 있어서, 1차원 기반의 유한 차분 시간 영역법을 이용하여 전리층의 전자파 특성 해석을 위한 모델링을 실행하는 동작; 지자기 및 상기 전리층의 전자 및 분자 밀도 데이터를, 상기 1차원 기반의 유한 차분 시간 영역법에 적용하여, 상기 모델링에 기초하여 생성된, 상기 전리층에 대응되는 전리층 모델의 전자파 특성을 해석하는 동작; 상기 해석된 전자파 특성에 기초하여, 상기 전리층 모델에서 전자계 성분을 추출한 후, 포인팅 벡터 기반의 후처리 동작을 실행하는 동작; 및 상기 후처리 동작에 기초하여 상기 전리층 모델에서의 반사 및 투과되는 전자파 정보를 확인하고, 상기 확인된 전자파 정보에 기초하여 상기 전리층 모델의 전자기파 전파특성을 예측하는 동작을 포함할 수 있다.

[0011] 다양한 실시 예에 따르면, 상기 전리층 모델에서 전자계 성분을 추출하는 것은, 상기 해석된 전자파 특성에 기초하여, 상기 전리층 모델의 시간 영역에서의 데이터를 계산하며, 상기 시간 영역에서의 데이터에서 전자파의 반사 및 투과 위치에 대응하는 전자계 성분을 추출하는 동작을 포함할 수 있다.

[0012] 다양한 실시 예에 따르면, 이산 시간 푸리에 변환을 통해, 상기 전자파의 반사 및 투과 위치에 대응하는 상기 전자계 성분을 주파수 영역의 전자계 성분으로 변환하는 동작을 더 포함할 수 있다.

[0013] 다양한 실시 예에 따르면, 포인팅 벡터 기반의 후처리 동작을 실행하는 동작은, 상기 추출된 전자계 성분에 기초하여 포인팅 벡터 기반의 전력 밀도를 계산하는 동작을 포함하며, 상기 전리층 모델의 전자기파 전파특성을 예측하는 동작은, 상기 전력 밀도의 크기와 방향을 추출하는 동작 및 상기 추출된 전력 밀도의 크기와 방향에 기초하여 상기 전리층 모델의 전자기파 전파특성을 예측하는 동작을 포함할 수 있다.

[0014] 다양한 실시 예에 따르면, 컴퓨터 프로그램을 저장하고 있는 컴퓨터 판독 가능 기록매체로서, 상기 컴퓨터 프로그램은, 프로세서에 의해 실행되면, 1차원 기반의 유한 차분 시간 영역법을 이용하여 전리층의 전자파 특성 해석을 위한 모델링을 실행하는 동작; 지자기 및 상기 전리층의 전자 및 분자 밀도 데이터를, 상기 1차원 기반의 유한 차분 시간 영역법에 적용하여, 상기 모델링에 기초하여 생성된, 상기 전리층에 대응되는 전리층 모델의 전자파 특성을 해석하는 동작; 상기 해석된 전자파 특성에 기초하여, 상기 전리층 모델에서 전자계 성분을 추출한 후, 포인팅 벡터 기반의 후처리 동작을 실행하는 동작; 및 상기 후처리 동작에 기초하여 상기 전리층 모델에서의 반사 및 투과되는 전자파 정보를 확인하고, 상기 확인된 전자파 정보에 기초하여 상기 전리층 모델의 전자기파 전파특성을 예측하는 동작을 포함하는 전리층에서의 전자기파 전파특성 분석 방법을 상기 프로세서가 수행하도록 하기 위한 명령어를 포함할 수 있다.

[0015] 다양한 실시 예에 따르면, 컴퓨터 판독 가능한 기록매체에 저장되어 있는 컴퓨터 프로그램으로서, 상기 컴퓨터 프로그램은, 프로세서에 의해 실행되면, 1차원 기반의 유한 차분 시간 영역법을 이용하여 전리층의 전자파 특성 해석을 위한 모델링을 실행하는 동작; 지자기 및 상기 전리층의 전자 및 분자 밀도 데이터를, 상기 1차원 기반의 유한 차분 시간 영역법에 적용하여, 상기 모델링에 기초하여 생성된, 상기 전리층에 대응되는 전리층 모델의 전자파 특성을 해석하는 동작; 상기 해석된 전자파 특성에 기초하여, 상기 전리층 모델에서 전자계 성분을 추출한 후, 포인팅 벡터 기반의 후처리 동작을 실행하는 동작; 및 상기 후처리 동작에 기초하여 상기 전리층 모델에서의 반사 및 투과되는 전자파 정보를 확인하고, 상기 확인된 전자파 정보에 기초하여 상기 전리층 모델의 전자기파 전파특성을 예측하는 동작을 포함하는 전리층에서의 전자기파 전파특성 분석 방법을 상기 프로세서가 수행하도록 하기 위한 명령어를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0016] 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 전리층에서의 전자기파 전파특성 분석 장치, 방법, 컴퓨터 판독 가능한 기록매체 및 컴퓨터 프로그램은, 1차원 기반의 유한 차분 시간 영역법에 전리층의 비등방성 전자파 특성을 고려함으로써, 전리층의 반사 및/또는 투과 현상이 발생하는 관측점에서 전자파 손실 및 전자파 경로를 간단하고 효율적으로 모델링할 수 있다.

[0017] 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 전리층에서의 전자기파 전파특성 분석 장치, 방법, 컴퓨터 판독 가능한 기록매체 및 컴퓨터 프로그램은, 수백 킬로미터(km)의 매우 넓은 영역의 전리층의 전자파 특성을 해석하기 위해 요구되는 큰 용량의 메모리를 가지며 데이터 처리 시간을 단축시킬 수 있는 장비, 예를 들어, 슈퍼 컴퓨터와 같은 고가의 환경을 구축할 필요 없이, 일반적인 컴퓨터 환경에서도 지상과 위성 간의 효율적인 통신을 위해 필요한 전자파 정보를 정확하게 도출할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은 전리층의 전자파 환경을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 전자기파 전파특성 분석 장치의 동작의 흐름도이다.
- 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 1차원 기반의 유한 차분 시간 영역법을 이용한 전리층의 전자파 특성의 해석을 위한 모델링을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 1차원 해석 기법을 이용한 일반적인 물질과 전리층과 같은 비등방성 물질의 전자파 특성의 해석을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 전자기파 전파특성 분석 장치의 비등방성 전자파 특성이 고려된 1차원 유한 차분 시간 영역법을 이용한 전리층의 전자기파 전파특성 예측의 흐름도이다.
- 도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 전자기파 전파특성 분석 장치의 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 먼저, 본 발명의 장점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되는 실시 예들을 참조하면 명확해질 것이다. 여기에서, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시 예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시 예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 발명의 범주를 명확하게 이해할 수 있도록 하기 위해 예시적으로 제공되는 것이므로, 본 발명의 기술적 범위는 청구항들에 의해 정의되어야 할 것이다.
- [0020] 아울러, 아래의 본 발명을 설명함에 있어서 공지 기능 또는 구성 등에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고, 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들인 것으로, 이는 사용자, 운용자 등의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있음은 물론이다. 그러므로, 그 정의는 본 명세서의 전반에 걸쳐 기술되는 기술사상을 토대로 이루어져야 할 것이다.
- [0021] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예에 대하여 상세하게 설명한다.
- [0022] 도 1은 전리층의 전자파 환경을 설명하기 위한 도면이다.
- [0023] 도 1을 참조하면, 지구(102)의 대기권의 전리층(104)보다 낮은 고도에는, 대류권(106) 및 성층권(108)이 위치하고 있다. 일반적으로, 성층권(108)에서의 지상으로부터 송신되는 전자파(전파, 전자기파라고도 함) 신호의 굴절률은 1과 거의 같을 수(근사할 수; 유사할 수) 있지만, 대류권(106)에서는 지구(102)(예: 지상)로부터 송신되는 전자파 신호의 굴절률이 1보다 크기 때문에, 대류권(106)에서는 지상으로부터 송신되는 전자파 신호의 굴절 현상이 발생하게 된다. 전리층(104)에서의, 지구(102)로부터 송신되는 전자파 신호의 굴절률은, 지자계 및 전리층(104)의 고도 별 전자 및 분자 밀도에 따라 변화하지만, 위성 통신에서 주로 사용하고 있는 높은 주파수 대역에서는 전리층(104)에서의 전자파 신호의 굴절률은 무시할 수 있다. 그러나, 전리층(104)에서는, 전리층(104)의 비등방성 전자파 특성으로 인해, 전리층(104) 내에서 페러데이 회전 현상(112)이 발생할 수 있으며, 이는 전자파 신호의 진행 방향과 전리층(104)을 반사 및/또는 투과하는 에너지 진행 방향이 서로 달라지는 원인이 될 수 있다. 또한, 위성 통신을 위한 전자파 신호는, 전자파 신호의 진행 방향과 전리층(104)이 서로 직교하는 직입사(114)와 직교하지 않는 사입사(116)로 구분될 수 있으며, 상기 직입사(114)와 사입사(116) 각각의 현상에 대한 고려가 필요할 수 있다.
- [0024] 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 전자기파 전파특성 분석 장치의 동작의 흐름도이다.
- [0025] 도 2를 참조하면, 전자기파 전파특성 분석 장치는, 전리층의 전자파 특성 해석을 위한 유한 차분 시간 영역법 기반의 해석법을 이용하여, 전리층에서 반사 및 투과되는 전자파의 크기 및 방향을 계산할 수 있으며, 이를 통해, 지상과 위성 간의 효율적인 통신을 위해 필요한 전자파 정보를 정확하게 도출(확인)할 수 있다.
- [0026] 210 동작에서, 전자기파 전파특성 분석 장치는, 1차원 기반의 유한 차분 시간 영역법을 이용하여 전리층의 전자파 특성의 해석을 위한 모델링을 실행할 수 있다.
- [0027] 예를 들어, 전자기파 전파특성 분석 장치는, 전리층 및 전자파 진행 방향과의 경사 각도에 따른 직입사 및 사입사 분류 및 각 경우에 적용되는 좌표축을 설정할 수 있다.
- [0028] 전리층의 전자파 특성의 해석을 위한 모델링의 세부 실시 예는, 후술하는 도 3을 참조한 설명에서 상세히 설명

하였다.

- [0029] 220 동작에서, 전자기파 전파특성 분석 장치는, 지자계 및 전리층에서의 전자 및 분자 밀도 데이터를 1차원 기반의 유한 차분 시간 영역법에 적용하여, 상기 모델링에 기초하여 생성된 전리층에 대응되는 전리층 모델의 전자파 특성을 해석할 수 있다.
- [0030] 예를 들어, 전자기파 전파특성 분석 장치는, 상기 전리층 모델의 전자파 특성과, 실제 전리층의 전자파 특성이 대응되는 것으로 해석할 수 있다.
- [0031] 전리층 모델의 전자파 특성을 해석하는 세부 동작은, 후술하는 도 4의 전리층의 전자파 특성을 해석하는 방식과 대응될 수 있다.
- [0032] 230 동작에서, 전자기파 전파특성 분석 장치는, 상기 해석된 전자파 특성에 기초하여, 상기 전리층 모델에서 전자계 성분을 추출한 후, 포인팅 벡터 기반의 후처리 동작을 실행할 수 있다.
- [0033] 예를 들어, 상기 전리층 모델에서 전자계 성분을 추출하는 것은, 상기 해석된 전자파 특성에 기초하여, 상기 전리층 모델의 시간 영역에서의 데이터를 계산하며, 상기 시간 영역에서의 데이터에서 전자파의 반사 및 투과 위치에 대응하는 전자계 성분을 추출하는 동작을 포함할 수 있다.
- [0034] 예를 들어, 이산 시간 푸리에 변환을 통해, 상기 전자파의 반사 및 투과 위치에 대응하는 상기 전자계 성분을 주파수 영역의 전자계 성분으로 변환하는 동작을 더 포함할 수 있다.
- [0035] 240 동작에서, 전자기파 전파특성 분석 장치는, 상기 후처리 동작에 기초하여 전리층 모델에서의 반사 및 투과되는 전자파 정보를 확인하고 상기 확인된 전자파 정보에 기초하여 전리층 모델의 전자기파 전파특성을 예측할 수 있다.
- [0036] 예를 들어, 전자기파 전파특성 분석 장치는, 상기 전리층 모델에서 반사 및 투과 위치에 대응하는 전자계 성분을 확인하여, 상기 전리층 모델의 전자기파 전파특성을 예측할 수 있다. 예를 들어, 전자기파 전파특성 분석 장치는 상기 전리층 모델의 예측된 전자기파 전파특성을 전리층의 전자기파 전파특성으로 결정할 수 있다.
- [0037] 예를 들어, 포인팅 벡터 기반의 후처리 동작을 실행하는 동작은, 상기 추출된 전자계 성분에 기초하여 포인팅 벡터 기반의 전력 밀도를 계산하는 동작을 포함하며, 상기 전리층 모델의 전자기파 전파특성을 예측하는 동작은, 상기 전력 밀도의 크기와 방향을 추출하는 동작 및 상기 추출된 전력 밀도의 크기와 방향에 기초하여 상기 전리층 모델의 전자기파 전파특성을 예측하는 동작을 포함할 수 있다.
- [0038] 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 1차원 기반의 유한 차분 시간 영역법을 이용한 전리층의 전자파 특성의 해석을 위한 모델링을 설명하기 위한 도면이다.
- [0039] 도 3을 참조하면, 1차원 기반의 유한 차분 시간 영역법을 이용하여 전리층(302)의 등가 모델을 구현할 때, 직입사(304)의 경우 전자파 신호의 진행 방향과 전리층(302)이 서로 직교하기 때문에, 일반적인 직각 좌표계(x, y, z)를 적용하여 전리층(302)을 직선거리 l 로 모델링 할 수 있다. 반면, 사입사(306)의 경우에는 경사 각도(θ)만큼의 차이가 발생하기 때문에 전리층 모델은 이를 고려한 $L(=l/\cos\theta)$ 로 전리층(302)을 모델링 할 필요가 있다. 이때의 좌표계는 일반적인 직각 좌표계(308)가 아닌 사입사(306)의 전자파 진행 방향을 기준으로 수정된 직각 좌표계(X, Y, Z)(210)가 적용되며, 수정된 직각 좌표계(310)는 일반적인 직각 좌표계(308)와 경사 각도를 이용하여 쉽게 변환될 수 있으며, 이는 종래의 일반적인 수학식을 통해 계산될 수 있다.
- [0040] 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 1차원 해석 기법을 이용한 일반적인 물질과 전리층과 같은 비등방성 물질의 전자파 특성의 해석을 설명하기 위한 도면이다.
- [0041] 도 4의 (a)를 참조하면, 전리층이 아닌 물질인, 일반적인 등방성 물질(401)에 z 방향으로 진행하는 평면파(입사파(z 방향)(402))가 입사할 경우, 1차원 해석을 통해 계산되는 전자계 성분은, E_x, E_y, H_x, H_y (E: 전계, H: 자계, x, y는 각각 x 축 및 y 축 좌표)이며, 발생하는 반사파(404) 및 투과파(406)는 -z 방향, +z 방향으로 각각 진행한다. 전리층이 아닌 물질에 대한 1차원 해석을 하면, 전계 성분의 경우, $E_x \neq 0, E_y \neq 0, E_z = 0$ (E: 전계)이고, 자계성분의 경우, $H_x \neq 0, H_y \neq 0, H_z = 0$ (H: 자계)이며, 전자파 방향의 경우, 입사파(402)는 +z 방향, 반사파(404)는 -z 방향, 투과파(406)는 +z 방향인 것으로 해석될 수 있다.
- [0042] 도 4의 (b)를 참조하면, 전리층(411)의 경우, 비등방성 전자파 특성 때문에 전리층(411) 내에서 페러데이 회전 현상(408)이 발생한다. 이와 같은 페러데이 회전 현상(408)을 전리층(411)에서의 전자기파 전파특성 분석(해석)에 반영하기 위해서, 전리층(411) 내의 비등방성 전류 흐름을 정의하고 있는 다음의 수학식 1인 로렌츠 힘의

방정식 기반의 전류 밀도가 고려될 수 있다.

수학식 1

$$\frac{\partial \mathbf{J}}{\partial t} + v\mathbf{J} = \varepsilon_0 \omega_p^2 \mathbf{E} \pm \omega_b \times \mathbf{J}$$

[0043]

[0044]

(**E**: 전계, **J**: 전류밀도, ε_0 : 유전율, ω_p : 플라즈마 주파수, ω_b : 사이클로트론 주파수, v : 충돌 주파수)

[0045]

1차원 해석에 로렌츠 힘의 방정식을 결합하여 비등방성 특성을 고려한 경우, 계산되는 전자계 성분은 E_x, E_y, H_x, H_y (**E**: 전계, **H**: 자계, x, y 는 각각 x 축 및 y 축 좌표) 뿐만 아니라 비등방성 전자파 특성으로 인한 J_x, J_y, J_z (**J**: 전류밀도, x, y, z 는 각각 x 축, y 축, z 축 좌표) 성분도 포함되며, 이로 인하여 일반적인 1차원 해석에서 계산되지 않은 E_z 성분이 해석 결과에 포함된다.

[0046]

전리층(311)에 대한 1차원 해석을 하면, 전계 성분의 경우, $E_x \neq 0, E_y \neq 0, E_z \neq 0$ (**E**: 전계)이고, 자계 성분의 경우, $H_x \neq 0, H_y \neq 0, H_z = 0$ (**H**: 자계)이고, 비등방성 특성의 경우, $J_x \neq 0, J_y \neq 0, J_z \neq 0$ (**J**: 전류밀도)이며, 전자파 방향의 경우, 입사파(302)가 $+z$ 방향인 것으로 해석될 수 있다.

[0047]

계산된 E_z 성분으로 인하여 비등방성 전자파 특성을 갖는 전리층 내에서의 패러데이 회전 현상이 1차원 해석에서도 고려되게 되며, 이때의 반사파와 투과파는 임의의 방향으로 진행하게 될 수 있다.

[0048]

상술한 도 4에 따른 전리층의 전자파 특성 해석 방식은 본 발명의 실시 예의 전리층 모델에도 동일하게 적용할 수 있다.

[0049]

도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 전자기파 전파특성 분석 장치의 비등방성 전자파 특성이 고려된 1차원 유한 차분 시간 영역법을 이용한 전리층의 전자기파 전파특성 예측의 흐름도이다.

[0050]

510 동작에서, 전자기파 전파특성 분석 장치는, 지자계 및 전리층의 고도 별 전자 분자 밀도 데이터를 입력(수신)받을 수 있다.

[0051]

예를 들어, 전자기파 전파특성 분석 장치는, 통신 모듈 또는 입력 장치 등을 통해, 지자계 및 전리층의 고도 별 전자 분자 밀도 데이터를 입력(수신) 받을 수 있다.

[0052]

520 동작에서, 전자기파 전파특성 분석 장치는, 지자계 및 전리층의 고도 별 전자 분자 밀도 데이터를, 1차원 기반의 유한 차분 시간 영역법에 적용하여, 전리층 모델의 전자파 해석을 실행할 수 있다.

[0053]

상기 전리층 모델은, 상술한 도 3의 모델링 동작에 따라 구현(생성)될 수 있다.

[0054]

530 동작에서, 전자기파 전파특성 분석 장치는, 상기 전리층 모델의 전자파 해석에 기초하여, 상기 전리층 모델의 시간 영역에서의 데이터를 계산하여, 반사 및 투과 위치에서 계산된 전자계 성분을 추출할 수 있다.

[0055]

예를 들어, 전자기파 전파특성 분석 장치는, 상기 전리층 모델의 시간 영역에서의 전자계 성분 $E(t)$ (시간 영역에서의 전계 성분) 및 $H(t)$ (시간 영역에서의 자계 성분)를 계산할 수 있으며, 반사 및 투과 위치에 대응하는 전자계 성분(반사 및 투과 위치에서 계산된 전자계 성분)을 추출할 수 있다.

[0056]

540 동작에서, 전자기파 전파특성 분석 장치는, 상기 반사 및 투과 위치에 대응하는 전자계 성분을 주파수 영역으로 변환할 수 있다.

[0057]

예를 들어, 전자기파 전파특성 분석 장치는, 반사 및 투과 위치에서 추출된 상기 시간 영역 전자계 성분을 주파수 영역의 전자계 성분으로 변환할 수 있다.

[0058]

예를 들어, 전자기파 전파특성 분석 장치는, 430 동작에 따라 반사 및 투과 위치에서 추출된 상기 시간 영역 전자계 성분을 이산 시간 푸리에 변환을 통해 주파수 영역 $E(w)$ (주파수 영역에서의 전계 성분) 및 $H(w)$ (주파수 영역에서의 자계 성분)로 변환할 수 있다.

[0059]

550 동작에서, 전자기파 전파특성 분석 장치는, 상기 변환된 전자계 성분을 이용하여 포인팅 벡터 기반의 전력 밀도를 계산할 수 있다.

[0060] 예를 들어, 전자기파 전파특성 분석 장치는 다음의 수학적 식 2를 이용하여, 포인팅 벡터 기반의 전력 밀도를 계산할 수 있다.

수학적 식 2

$$\langle \mathbf{S}(\omega) \rangle = \frac{1}{2} \text{Re} [\mathbf{E}(\omega) \times \mathbf{H}(\omega)^*]$$

[0061]

[0062] ($\langle S(w) \rangle$): 시평균 전력 밀도 [W/m^2], w : 각주파수 [rad/s], $E(w)$: 전기계 [V/m], $H(w)$: 자기계 [A/m], *: 켈레 복소수 (complex conjugate), 상기 수학적 식 2의 주파수 영역 자기계 성분 $H(w)$ 는 벡터 성분으로 수학적으로 실수부와 허수부로 표현됨, 따라서, 켈레 복소수 연산이 적용되는 $H(w)$ 는 $H(w)$ 의 허수부에 덧셈 역원을 취하여 사용하는 의미임.)

[0063] 560 동작에서, 전자기파 전파특성 분석 장치는, 상기 계산된 시평균 전력 밀도의 크기 ($|\langle S(w) \rangle|$)와 방향(\hat{n})을 추출할 수 있다.

[0064] 예를 들어, 상기 방향은 다음의 수학적 식 3을 이용하여 계산할 수 있다.

수학적 식 3

$$\langle \mathbf{S}(\omega) \rangle, \hat{n} = \frac{\langle \mathbf{S}(\omega) \rangle}{|\langle \mathbf{S}(\omega) \rangle|}$$

[0065]

[0066] 예를 들어, 전자기파 전파특성 분석 장치는, 상기 전력 밀도의 크기와 방향 추출을 통해, 상기 전리층 모델에 대응하는 전리층의, 지상과 위성 간의 효율적인 통신을 위해 필수적으로 요구되는 전자파 정보를 도출(확인)할 수 있다.

[0067] 도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 전자기파 전파특성 분석 장치의 블록도이다.

[0068] 도 6을 참조하면, 전자기파 전파특성 분석 장치(600)는 제어부(601), 입출력 인터페이스(603), 통신 인터페이스(605), 및 메모리(607)를 포함할 수 있다.

[0069] 제어부(601)(제어 장치라고도 함)는, 전자기파 전파특성 분석 장치(600)의 적어도 하나의 다른 구성 요소들의 제어 및/또는 통신에 관한 연산이나 데이터 처리를 실행할 수 있다. 예를 들어, 제어부(601)는 전리층에서의 전자기파 전파특성 분석을 위한 연산이나 데이터 처리를 실행할 수 있다.

[0070] 입출력 인터페이스(603)는, 예를 들면, 사용자 또는 다른 외부 기기로부터 입력된 데이터 또는 명령을 전자기파 전파특성 분석 장치(600)의 다른 구성 요소들에 전달하거나, 또는 전자기파 전파특성 분석 장치(600)의 다른 구성 요소들로부터 수신된 데이터 또는 명령을 사용자 또는 다른 외부 기기로 출력할 수 있다.

[0071] 통신 인터페이스(605)는, 예를 들면, 전자기파 전파특성 분석 장치(600)와 외부 장치 간의 통신을 설정할 수 있다. 예를 들면, 통신 인터페이스(605)는 무선 통신 또는 유선 통신을 통해 네트워크에 연결되어 외부 장치와 통신할 수 있다.

[0072] 메모리(607)는, 휘발성 및/또는 비휘발성 메모리를 포함할 수 있다. 메모리(607)는, 예를 들면, 전자기파 전파특성 분석 장치(600)의 적어도 하나의 다른 구성 요소에 관계된 명령 또는 데이터를 저장할 수 있다.

[0073] 일 실시 예에 따르면, 상기 전자기파 전파특성 분석 장치(600)는, 제어부(601); 및

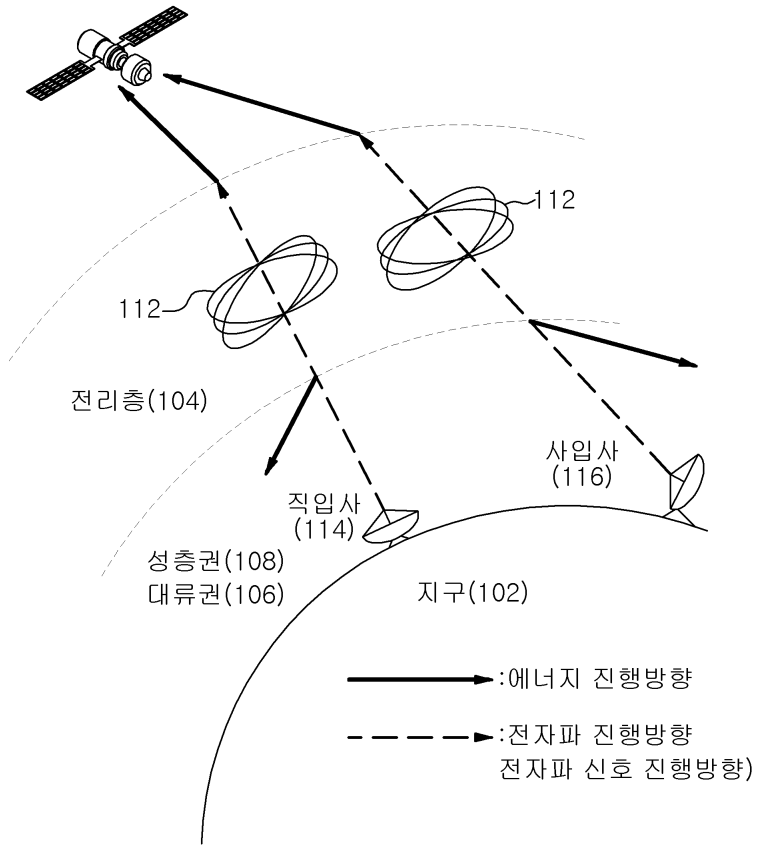
[0074] 상기 제어부(601)와 전기적으로 연결된 메모리를 포함하며, 상기 메모리(607)는, 상기 제어부(601)가, 1차원 기반의 유한 차분 시간 영역법을 이용하여 전리층의 전자파 특성 해석을 위한 모델링을 실행하며, 지자기 및 상기 전리층의 전자 및 분자 밀도 데이터를, 상기 1차원 기반의 유한 차분 시간 영역법에 적용하여, 상기 모델링에 기초하여 생성된, 상기 전리층에 대응되는 전리층 모델의 전자파 특성을 해석하며, 상기 해석된 전자파 특성에

기초하여, 상기 전리층 모델에서 전자계 성분을 추출한 후, 포인팅 벡터 기반의 후처리 동작을 실행하며, 상기 후처리 동작에 기초하여 상기 전리층 모델에서의 반사 및 투과되는 전자파 정보를 확인하고, 상기 확인된 전자파 정보에 기초하여 상기 전리층 모델의 전자기파 전파특성을 예측하도록 하는 명령을 포함할 수 있다.

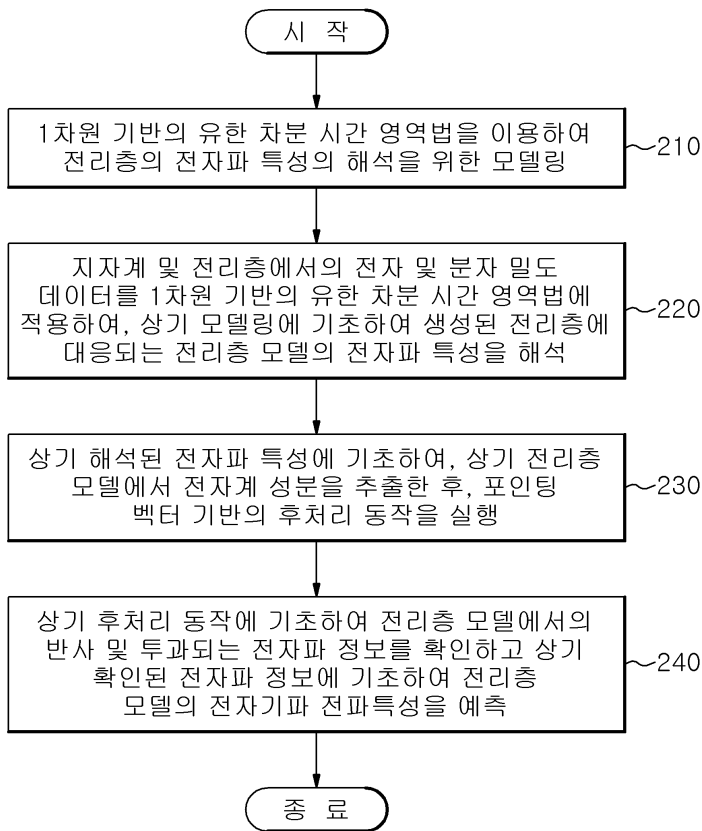
- [0075] 일 실시 예에 따르면, 상기 명령은, 상기 제어부(601)가, 상기 해석된 전자파 특성에 기초하여, 상기 전리층 모델의 시간 영역에서의 데이터를 계산하며, 상기 시간 영역에서의 데이터에서 전자파의 반사 및 투과 위치에 대응하는 전자계 성분을 추출하도록 하는 명령을 포함할 수 있다.
- [0076] 일 실시 예에 따르면, 상기 명령은, 상기 제어부(601)가, 이산 시간 푸리에 변환을 통해, 상기 전자파의 반사 및 투과 위치에 대응하는 상기 전자계 성분을 주파수 영역의 전자계 성분으로 변환하도록 하는 명령을 포함할 수 있다.
- [0077] 일 실시 예에 따르면, 상기 명령은, 상기 제어부(601)가, 상기 추출된 전자계 성분에 기초하여, 포인팅 벡터 기반의 전력 밀도를 계산하고, 상기 전력 밀도의 크기와 방향을 추출하도록 하는 명령을 포함할 수 있다.
- [0078] 본 문서의 다양한 실시예들은 기기(machine)(예: 컴퓨터)로 읽을 수 있는 저장 매체(machine-readable storage media)(예: 메모리(215)(내장 메모리 또는 외장 메모리))에 저장된 명령어를 포함하는 소프트웨어(예: 프로그램)로 구현될 수 있다. 기기는, 저장 매체로부터 저장된 명령어를 호출하고, 호출된 명령어에 따라 동작이 가능한 장치로서, 개시된 실시예들에 따른 전자 장치(예: 전자 장치(200))를 포함할 수 있다. 상기 명령이 프로세서(예: 프로세서(201))에 의해 실행될 경우, 프로세서가 직접, 또는 상기 프로세서의 제어하에 다른 구성요소들을 이용하여 상기 명령에 해당하는 기능을 수행할 수 있다. 명령은 컴파일러 또는 인터프리터에 의해 생성 또는 실행되는 코드를 포함할 수 있다. 기기로 읽을 수 있는 저장매체는, 비일시적(non-transitory) 저장매체의 형태로 제공될 수 있다. 여기서, '비일시적'은 저장매체가 신호(signal)를 포함하지 않으며 실제(tangible)하다는 것을 의미할 뿐 데이터가 저장매체에 반영구적 또는 임시적으로 저장됨을 구분하지 않는다.
- [0079] 일시예에 따르면, 본 문서에 개시된 다양한 실시예들에 따른 방법은 컴퓨터 프로그램 제품(computer program product)에 포함되어 제공될 수 있다.
- [0080] 일 실시 예에 따르면, 컴퓨터 프로그램을 저장하고 있는 컴퓨터 판독 가능 기록매체로서, 상기 컴퓨터 프로그램은, 프로세서에 의해 실행되면, 1차원 기반의 유한 차분 시간 영역법을 이용하여 전리층의 전자파 특성 해석을 위한 모델링을 실행하는 동작; 지자기 및 상기 전리층의 전자 및 분자 밀도 데이터를, 상기 1차원 기반의 유한 차분 시간 영역법에 적용하여, 상기 모델링에 기초하여 생성된, 상기 전리층에 대응되는 전리층 모델의 전자파 특성을 해석하는 동작; 상기 해석된 전자파 특성에 기초하여, 상기 전리층 모델에서 전자계 성분을 추출한 후, 포인팅 벡터 기반의 후처리 동작을 실행하는 동작; 및 상기 후처리 동작에 기초하여 상기 전리층 모델에서의 반사 및 투과되는 전자파 정보를 확인하고, 상기 확인된 전자파 정보에 기초하여 상기 전리층 모델의 전자기파 전파특성을 예측하는 동작을 포함하는 전리층에서의 전자기파 전파특성 분석 방법을 상기 프로세서가 수행하도록 하기 위한 명령어를 포함할 수 있다.
- [0081] 일 실시 예에 따르면, 컴퓨터 판독 가능한 기록매체에 저장되어 있는 컴퓨터 프로그램으로서, 상기 컴퓨터 프로그램은, 프로세서에 의해 실행되면, 1차원 기반의 유한 차분 시간 영역법을 이용하여 전리층의 전자파 특성 해석을 위한 모델링을 실행하는 동작; 지자기 및 상기 전리층의 전자 및 분자 밀도 데이터를, 상기 1차원 기반의 유한 차분 시간 영역법에 적용하여, 상기 모델링에 기초하여 생성된, 상기 전리층에 대응되는 전리층 모델의 전자파 특성을 해석하는 동작; 상기 해석된 전자파 특성에 기초하여, 상기 전리층 모델에서 전자계 성분을 추출한 후, 포인팅 벡터 기반의 후처리 동작을 실행하는 동작; 및 상기 후처리 동작에 기초하여 상기 전리층 모델에서의 반사 및 투과되는 전자파 정보를 확인하고, 상기 확인된 전자파 정보에 기초하여 상기 전리층 모델의 전자기파 전파특성을 예측하는 동작을 포함하는 전리층에서의 전자기파 전파특성 분석 방법을 상기 프로세서가 수행하도록 하기 위한 명령어를 포함할 수 있다.
- [0082] 이상의 설명은 본 발명의 기술사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경 등이 가능함을 쉽게 알 수 있을 것이다. 즉, 본 발명에 개시된 실시 예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것으로서, 이러한 실시 예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다.
- [0083] 따라서, 본 발명의 보호 범위는 후술되는 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

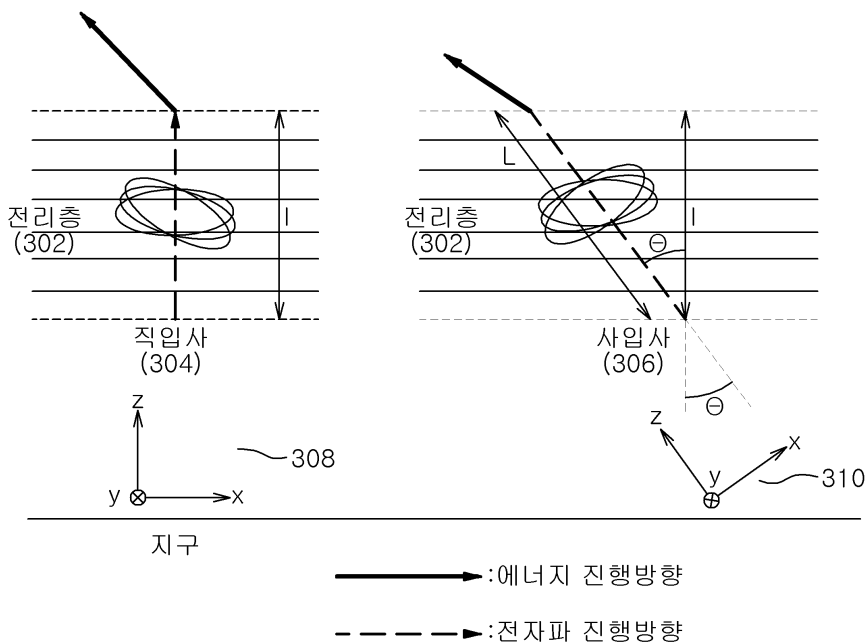
도면1



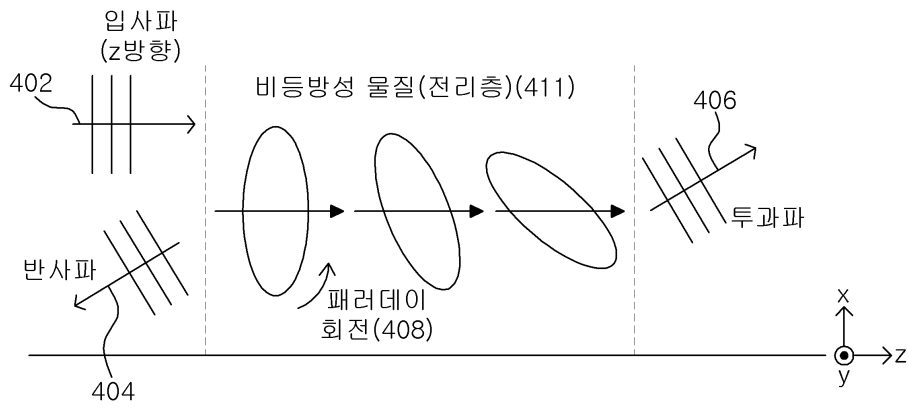
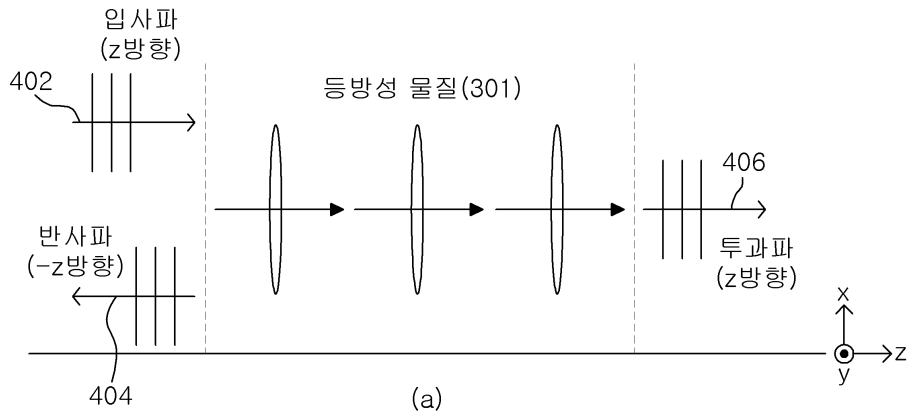
도면2



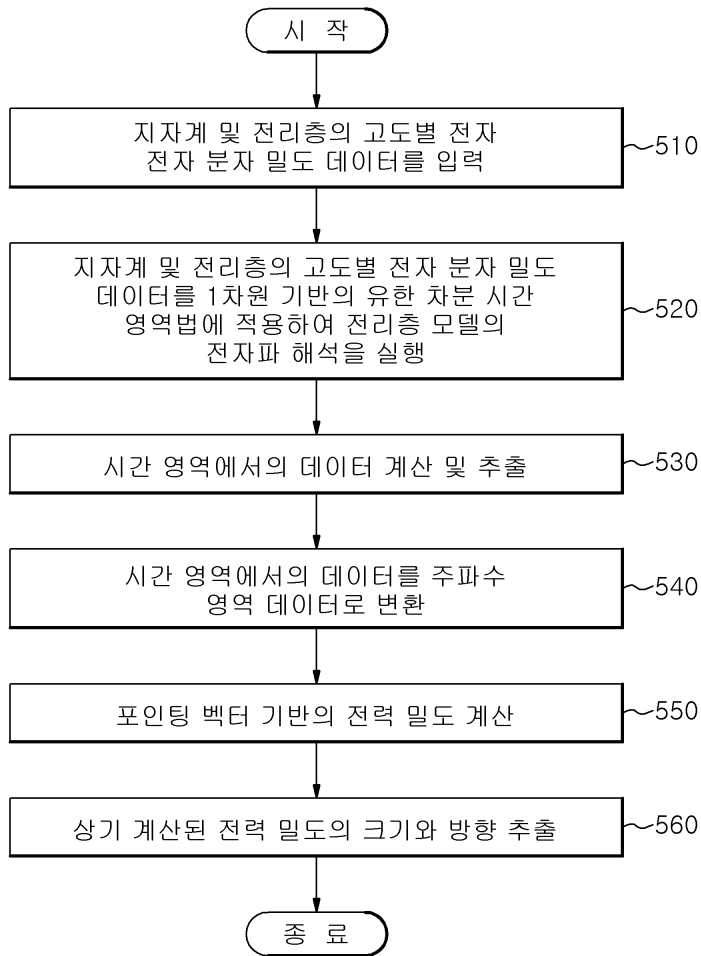
도면3



도면4



도면5



도면6

