



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년01월12일

(11) 등록번호 10-2201256

(24) 등록일자 2021년01월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01S 7/35 (2006.01) G01S 13/90 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G01S 7/352 (2013.01)

G01S 13/90 (2019.05)

(21) 출원번호 10-2019-0177583

(22) 출원일자 2019년12월30일

심사청구일자 2019년12월30일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020140058702 A

KR1020170080417 A

(73) 특허권자

인천대학교 산학협력단

인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)

(72) 발명자

전광길

인천광역시 연수구 해송로 70, 209동 805호(송도동, 송도웰카운티2단지)

(74) 대리인

특허법인충정

전체 청구항 수 : 총 4 항

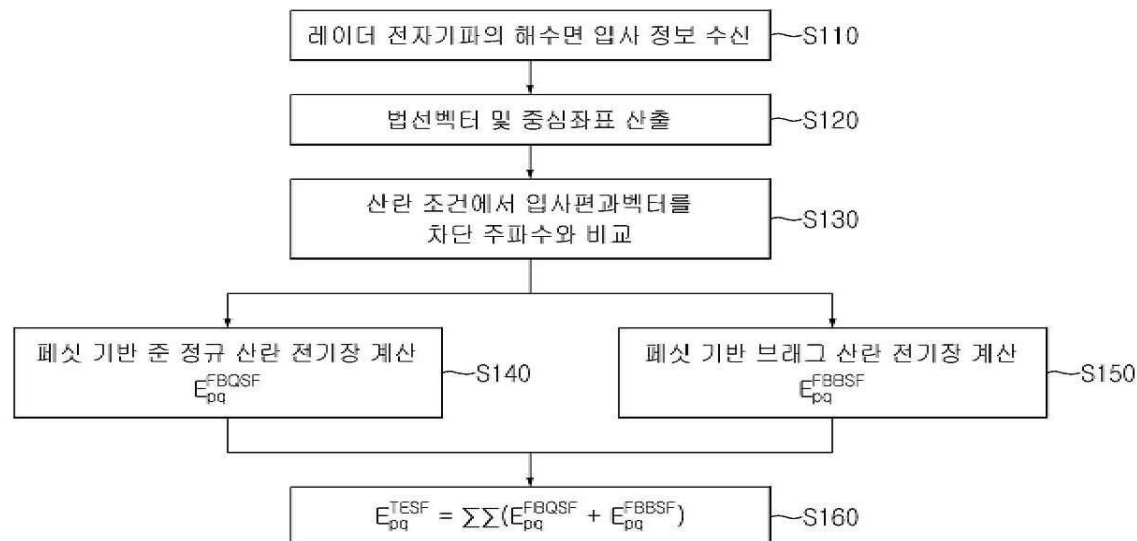
심사관 : 노영철

(54) 발명의 명칭 레이더 전자기파 측정 방법

## (57) 요약

본 발명은 레이더 전자기파 측정 방법에 관한 것으로서, 본 발명의 레이더 전자기파를 측정하는 장치에서 레이더 전자기파 측정 방법은, 레이더 전자기파의 해수면 입사 정보를 수신하는 단계; 상기 레이더 전자기파의 해수면으로 입사에 대한 해수면 상의 페킷에 대해 미리 정의한 로컬 좌표계에서의 법선 벡터 및 중심 좌표를 산출하는 단계(뒷면에 계속)

## 대표도



계; 상기 레이더 전자기파의 입사파 파동 단위 벡터( $\hat{k}_i$ )와 상기 법선 벡터의 내적이 0보다 작고( $\hat{k}_i \cdot \hat{n} < 0$ ) 상기 레이더 전자기파의 산란파 파동 단위 벡터( $\hat{k}_s$ )와 상기 법선 벡터의 내적은 0보다 크면( $\hat{k}_s \cdot \hat{n} > 0$ ), 입사 편광 벡터  $\vec{q} = k \cdot (\hat{k}_s - \hat{k}_i)$ 의 상기 법선 벡터에 수직한 성분(q1)을, 차단 파수와 비교하는 단계; 상기 입사 편광 벡터의 상기 법선 벡터에 수직한 성분(q1)이 상기 차단 파수 보다 작으면, 해수파의 대규모 중력과 모델에 의한 페킷 기반 준정규 산란 전기장  $E_{pq}^{FBQSF}$ 을 산출하는 단계; 상기 입사 편광 벡터의 상기 법선 벡터에 수직한 성분(q1)이 상기 차단 파수 이상이면, 해수파의 소규모 모세관 리플 파동 모델에 의한 페킷 기반 브래그 산란 전기장  $E_{pq}^{FBBSF}$ 을 산출하는 단계; 및 상기 페킷 기반 준정규 산란 전기장  $E_{pq}^{FBQSF}$  및 상기 페킷 기반 브래그 산란 전기장  $E_{pq}^{FBBSF}$ 을 합산하여 산란 전기장 값을 출력하는 단계를 포함한다.

공지예외적용 : 있음

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

레이더 전자기파를 측정하는 장치에서 레이더 전자기파 측정 방법에 있어서,

레이더 전자기파의 해수면 입사 정보를 수신하는 단계;

상기 레이더 전자기파의 해수면으로 입사에 대한 해수면 상의 폐짓에 대해 미리 정의한 로컬 좌표계에서의 법선 벡터 및 중심 좌표를 산출하는 단계;

상기 레이더 전자기파의 입사파 파동 단위 벡터( $\hat{k}_i$ )와 상기 법선 벡터의 내적이 0보다 작고( $\hat{k}_i \cdot \hat{n} < 0$ ) 상기 레이더 전자기파의 산란파 파동 단위 벡터( $\hat{k}_s$ )와 상기 법선 벡터의 내적은 0보다 크면( $\hat{k}_s \cdot \hat{n} > 0$ ), 입사 편광 벡터  $\vec{q} = k \cdot (\hat{k}_s - \hat{k}_i)$ 의 상기 법선 벡터에 수직인 성분(q1)을, 차단 파수와 비교하는 단계;

상기 입사 편광 벡터의 상기 법선 벡터에 수직인 성분(q1)이 상기 차단 파수 보다 작으면, 해수파의 대규모 중력과 모델에 의한 폐짓 기반 준정규 산란 전기장  $E_{pq}^{FBQSF}$ 을 산출하는 단계;

상기 입사 편광 벡터의 상기 법선 벡터에 수직인 성분(q1)이 상기 차단 파수이상이면, 해수파의 소규모 모세관 리플 파동 모델에 의한 폐짓 기반 브래그 산란 전기장  $E_{pq}^{FBBSF}$ 을 산출하는 단계; 및

상기 폐짓 기반 준정규 산란 전기장  $E_{pq}^{FBQSF}$  및 상기 폐짓 기반 브래그 산란 전기장  $E_{pq}^{FBBSF}$ 을 합산하여 해당 폐짓에 대한 산란 전기장 값을 출력하는 단계

를 포함하는 레이더 전자기파 측정 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 산란 전기장 값을, 해수면의 각 메쉬 부분에 대하여 산출하고 모두 합산하여, 소정의 복수의 메쉬 부분의 해수면 사이즈에 대한 산란 전기장 값을 출력하되, 주기적인 상기 해수면 입사 정보의 수신에 따라 실시간으로 상기 복수의 메쉬 부분의 해수면 사이즈에 대한 산란 전기장 값의 시간에 대한 변화 추이에 대한 정보를 제공하는 레이더 전자기파 측정 방법.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 폐짓 기반 준정규 산란 전기장  $E_{pq}^{FBQSF}$ 은, 하기의 수학적식을 이용해 산출하되,

$$E_{pq}^{FBQSF}(\hat{k}_s, \hat{k}_i) = ik \frac{e^{ikR}}{4\pi R} U_{pq} I_{FBQSF}(\cdot)$$

$$I_{FBQSF}(\cdot) = e^{-i(q_x x_0 + q_y y_0 + q_z z_0)} \iint_S e^{-i[q_x x + q_y y + q_z(z_x x + z_y y)]} dx dy$$

$$= e^{-i(q_x x_0 + q_y y_0 + q_z z_0)} \cdot \sin c\left(\frac{X_1}{2} \Delta x_g\right) \sin c\left(\frac{X_2}{2} \Delta y_g\right) \Delta x_g \Delta y_g$$

여기서, 파수  $k=2\pi/\lambda$  ( $\lambda$ 는 레이더 전자기파의 파장), R은 레이더 발생장치와 폐짓 사이 거리,  $U_{pq}$ 는 레이더 전자기파의 편광에 의존하는 계수, 폐짓 중심 좌표  $\vec{r}_0 = (x_0, y_0, z_0)$ ,  $X_1=q_x+q_z z_x$ ,  $X_2=q_x+q_z z_y$ ,  $z_x$ 는 폐짓의 x방향

기울기,  $z_y$ 는 페잇의 y방향 기울기,  $\Delta x_g \Delta y_g$ 는 각 메쉬 부분의 페잇에 대응된 해수와의 대규모 중력과 상의 면적인 레이더 전자기파 측정 방법.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 페잇 기반 브래그 산란 전기장  $E_{pq}^{FBBSF}$  은, 하기의 수학적식을 이용해 산출하되,

$$E_{pq}^{FBBSF}(\hat{k}_s, \hat{k}_i) = 2\pi \frac{e^{ikR}}{iR} \tilde{S}(\hat{k}_s, \hat{k}_i) \hat{E}_0$$

여기서, 파수  $k=2\pi/\lambda$  ( $\lambda$ 는 레이더 전자기파의 파장),  $R$ 은 레이더 발생장치와 페잇 사이 거리,  $\tilde{S}(\hat{k}_s, \hat{k}_i)$ 는 해수의 상대적 유전율(permittivity)과 레이더 전자기파의 편광에 의존하는 산란파의 진폭벡터, 입사 평면파  $\hat{E}_0 = \hat{q}E_0$ 에서 입사 편광 벡터  $\hat{q} = k \cdot (\hat{k}_s - \hat{k}_i)$ ,  $\hat{k}_i$ 는 입사파의 파동 단위 벡터,  $\hat{k}_s$ 는 산란파의 파동 단위 벡터,  $E_0$ 는 입사파의 전기장 세기인 레이더 전자기파 측정 방법.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은 레이더 전자기파 측정 방법에 관한 것으로서, 특히, 동적 해수면에서의 레이더 전자기파 산란 특성의 시간 변화 추이를 측정하는 방법에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0002] 원격탐사기술은 인공위성, 항공기 등을 이용한 원격탐사가 점차 널리 이용되고 있다. 특히, 화산폭발, 지진, 태풍 등의 재난상황이나 빙하, 조수, 파도, 해양오염과 같은 환경모니터링에 있어서 원격탐사가 매우 유용하다. 일반적인 원격탐사장비는 인공위성이나 항공기에 탑재된 레이더를 이용한다. 그러나 레이더는 최초에 군사목적으로 개발된 것으로 항공기 등과 같이 움직이는 물체를 감지하는데 장점이 있으나, 파도, 조수, 화산재, 태풍 등 지구환경의 변화를 직접 측정하지 못한다.

[0003] 종래의 원격탐사방법은 레이더 등의 거리측정기능을 이용하여 지구환경의 변화를 간접적으로 추정한다. 그러나 조수, 화산재, 태풍 등은 전파반사가 용이하지 않게 해수, 미립자, 구름 등이 실시간으로 변화시키기는 양상을 보이고 있다. 따라서 종래의 원격탐사방법으로는 다양한 지구환경에 대응하는 원만한 측정이 어렵고 측정값의 신뢰성이 낮다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0004] 따라서, 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은, 마이크로웨이브 원격 감지, 해저 환경 감시, 해저 타겟 식별, 합성개구레이더(SAR)영상 등의 분야에 신뢰성있는 데이터를 제공하기 위하여, 동적 해수면에서의 레이더 전자기파 산란 특성의 시간 변화 추이를 측정하는 방법을 제공하는 데 있다.

#### 과제의 해결 수단

[0005] 먼저, 본 발명의 특징을 요약하면, 상기의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일면에 따른 레이더 전자기파를 측정하는 장치에서 레이더 전자기파 측정 방법은, 레이더 전자기파의 해수면 입사 정보를 수신하는 단계; 상기 레이더 전자기파의 해수면으로 입사에 대한 해수면 상의 페잇에 대해 미리 정의한 로컬 좌표계에서의 법선 벡터 및 중심 좌표를 산출하는 단계; 상기 레이더 전자기파의 입사파 파동 단위 벡터( $\hat{k}_i$ )와 상기 법선 벡터의 내적이 0보다 작고( $\hat{k}_i \cdot \hat{n} < 0$ ) 상기 레이더 전자기파의 산란파 파동 단위 벡터( $\hat{k}_s$ )와 상기 법선 벡터의 내적은

0보다 크면( $\hat{k}_s \cdot \hat{n} > 0$ ), 입사 편광 벡터  $\vec{q} = k \cdot (\hat{k}_s - \hat{k}_i)$ 의 상기 법선 벡터에 수직인 성분(q1)을, 차단 파수와 비교하는 단계; 상기 입사 편광 벡터의 상기 법선 벡터에 수직인 성분(q1)이 상기 차단 파수 보다 작으면, 해수파의 대규모 중력과 모델에 의한 페릿 기반 준정규 산란 전기장  $E_{pq}^{FBQSF}$ 을 산출하는 단계; 상기 입사 편광 벡터의 상기 법선 벡터에 수직인 성분(q1)이 상기 차단 파수이상이면, 해수파의 소규모 모세관 리플 파동 모델에 의한 페릿 기반 브래그 산란 전기장  $E_{pq}^{FBBSF}$ 을 산출하는 단계; 및 상기 페릿 기반 준정규 산란 전기장  $E_{pq}^{FBQSF}$  및 상기 페릿 기반 브래그 산란 전기장  $E_{pq}^{FBBSF}$ 을 합산하여 해당 페릿에 대한 산란 전기장 값을 출력하는 단계를 포함한다.

[0006] 상기 산란 전기장 값을, 해수면의 각 메쉬 부분에 대하여 산출하고 모두 합산하여, 소정의 복수의 메쉬 부분의 해수면 사이즈에 대한 산란 전기장 값을 출력하되, 주기적인 상기 해수면 입사 정보의 수신에 따라 실시간으로 상기 복수의 메쉬 부분의 해수면 사이즈에 대한 산란 전기장 값의 시간에 대한 변화 주이에 대한 정보를 제공한다.

[0007] 상기 페릿 기반 준정규 산란 전기장  $E_{pq}^{FBQSF}$ 은, 하기의 수학식을 이용해 산출하되,

$$E_{pq}^{FBQSF}(\hat{k}_s, \hat{k}_i) = ik \frac{e^{ikR}}{4\pi R} U_{pq} I_{FBQSF}(\cdot)$$

$$I_{FBQSF}(\cdot) = e^{-i(q_x x_0 + q_y y_0 + q_z z_0)} \iint_S e^{-i[q_x x + q_y y + q_z(z_x x + z_y y)]} dx dy$$

$$= e^{-i(q_x x_0 + q_y y_0 + q_z z_0)} \cdot \sin c\left(\frac{X_1}{2} \Delta x_g\right) \sin c\left(\frac{X_2}{2} \Delta y_g\right) \Delta x_g \Delta y_g$$

[0009]

[0010] 여기서, 파수  $k=2\pi/\lambda$  ( $\lambda$ 는 레이더 전자기파의 파장), R은 레이더 발생장치와 페릿 사이 거리,  $U_{pq}$ 는 레이더 전자기파의 편광에 의존하는 계수, 페릿 중심 좌표  $\vec{r}_0 = (x_0, y_0, z_0)$ ,  $X_1=q_x+q_z z_x$ ,  $X_2=q_x+q_z z_y$ ,  $z_x$ 는 페릿의 x방향 기울기,  $z_y$ 는 페릿의 y방향 기울기,  $\Delta x_g \Delta y_g$ 는 각 메쉬 부분의 페릿에 대응된 해수파의 대규모 중력과 상의 면적이다.

[0011] 상기 페릿 기반 브래그 산란 전기장  $E_{pq}^{FBBSF}$ 은, 하기의 수학식을 이용해 산출하되,

$$E_{pq}^{FBBSF}(\hat{k}_s, \hat{k}_i) = 2\pi \frac{e^{ikR}}{iR} \tilde{S}(\hat{k}_s, \hat{k}_i) \hat{E}_0$$

[0013] 여기서, 파수  $k=2\pi/\lambda$  ( $\lambda$ 는 레이더 전자기파의 파장), R은 레이더 발생장치와 페릿 사이 거리,  $\tilde{S}(\hat{k}_s, \hat{k}_i)$ 는 해수의 상대적 유전율(permittivity)과 레이더 전자기파의 편광에 의존하는 산란파의 진폭벡터, 입사 평면파  $\hat{E}_0 = \hat{q} E_0$ 에서 입사 편광 벡터  $\vec{q} = k \cdot (\hat{k}_s - \hat{k}_i)$ ,  $\hat{k}_i$ 는 입사파의 파동 단위 벡터,  $\hat{k}_s$ 는 산란파의 파동 단위 벡터,  $E_0$ 는 입사파의 전기장 세기이다.

## 발명의 효과

[0014] 본 발명에 따른 레이더 전자기파 측정 방법에 따르면, 동적 해수면에서의 레이더 전자기파 산란을 효과적으로 수집 및 처리하여, 마이크로웨이브 원격 감지, 해저 환경 감시, 해저 타겟 식별, 합성개구레이더(SAR)영상 등의 분야에 응용을 위하여 신뢰성있는 데이터를 제공할 수 있다.

## 도면의 간단한 설명

[0015] 본 발명에 관한 이해를 돕기 위해 상세한 설명의 일부로 포함되는 첨부도면은, 본 발명에 대한 실시예를 제공하고 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술적 사상을 설명한다.

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 동적 해수면에서의 레이더 전자기파 측정 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 2는 본 발명의 동적 해수면에서의 레이더 전자기파의 입사와 반사 관련 정보를 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 레이더 전자기파의 해수면으로 입사에 대한 해수면 상의 폐짓에 미리 정의한 로컬 좌표계 상에서, 대규모 중력과 및 소규모 모세관 리플 파동 모델을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 본 발명의 차단 파수에 대하여 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 본 발명의 본 발명의 일 실시예에 따른 동적 해수면에서의 레이더 전자기파 측정 장치의 구현 방법의 일례를 설명하기 위한 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하에서는 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명에 대해서 자세히 설명한다. 이때, 각각의 도면에서 동일한 구성요소는 가능한 동일한 부호로 나타낸다. 또한, 이미 공지된 기능 및/또는 구성에 대한 상세한 설명은 생략한다. 이하에 개시된 내용은, 다양한 실시 예에 따른 동작을 이해하는데 필요한 부분을 중점적으로 설명하며, 그 설명의 요지를 흐릴 수 있는 요소들에 대한 설명은 생략한다. 또한 도면의 일부 구성요소는 과장되거나 생략되거나 또는 개략적으로 도시될 수 있다. 각 구성요소의 크기는 실제 크기를 전적으로 반영하는 것이 아니며, 따라서 각각의 도면에 그려진 구성요소들의 상대적인 크기나 간격에 의해 여기에 기재되는 내용들이 제한되는 것은 아니다.

[0017] 본 발명의 실시예들을 설명함에 있어서, 본 발명과 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 그리고, 후술되는 용어들은 본 발명에서의 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. 상세한 설명에서 사용되는 용어는 단지 본 발명의 실시 예들을 기술하기 위한 것이며, 결코 제한적이어서는 안 된다. 명확하게 달리 사용되지 않는 한, 단수 형태의 표현은 복수 형태의 의미를 포함한다. 본 설명에서, "포함" 또는 "구비"와 같은 표현은 어떤 특성들, 숫자들, 단계들, 동작들, 요소들, 이들의 일부 또는 조합을 가리키기 위한 것이며, 기술된 것 이외에 하나 또는 그 이상의 다른 특성, 숫자, 단계, 동작, 요소, 이들의 일부 또는 조합의 존재 또는 가능성을 배제하도록 해석되어서는 안 된다.

[0018] 또한, 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되는 것은 아니며, 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

[0019] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 동적 해수면에서의 레이더 전자기파 측정 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0020] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 해수면에서의 레이더 전자기파 측정을 수행하는 장치에서의 레이더 전자기파 측정 방법은, 레이더 전자기파의 해수면 입사 정보를 수신하는 단계(S110), 해수면 상의 폐짓에 미리 정의한 로컬 좌표계에서 법선 벡터 및 중심 좌표를 산출하는 단계(S120), 산란 조건에서 입사 편광 벡터의 상기 법선 벡터에 수직인 성분을 차단 파수와 비교하는 단계(S130), 상기 입사 편광 벡터의 성분이 상기 차단 파수 보다 작으면 해수파의 대규모 중력과 모델에 의한 폐짓 기반 준정규 산란 전기장(FBQSF, facet-based quasi-specular scattering field)  $E_{pq}^{FBQSF}$  을 산출하는 단계(S140), 상기 입사 편광 벡터의 성분이 상기 차단 파수이상이면 해수파의 소규모 모세관 리플 파동 모델에 의한 폐짓 기반 브래그 산란 전기장(FBBSF, facet-based Bragg scattering fields)  $E_{pq}^{FBBSF}$  을 산출하는 단계(S150),  $E_{pq}^{FBQSF}$  및  $E_{pq}^{FBBSF}$  을 합산하여 산란 전기장 값을 출력하는 단계(S160)를 포함한다.

[0021] 이와 같은 본 발명의 레이더 전자기파 측정 방법은, 동적 해수면에서의 레이더 전자기파 산란을 효과적으로 수집 및 처리하여, 마이크로웨이브 원격 감지, 해저 환경 감시, 해저 타겟 식별, 합성개구레이더(SAR)영상 등의 분야에 응용을 위하여 신뢰성있는 데이터를 제공할 수 있도록 하였다. 본 발명의 레이더 전자기파 측정 방법에서의 해수면 입사 정보의 수신 및 산란 전기장 값의 출력은, 메모리에 저장 관리 및 LAN(Local Area Network), 인터넷, 이동통신망 등에서의 요청에 따른 송수신이 가능하도록 구현될 수 있다.

[0022] 먼저, 본 발명의 레이더 전자기파 측정 장치는, 레이더 전자기파의 해수면 입사 정보를 수신한다(S110). 상기 레이더 전자기파 측정 장치는, 해수면 주변 정보를 수집하는 소정의 장치를 통해, 해수면 입사 정보로서, 예를

들어, 계산 주기(T), 바람 속도, 바람방향, 레이더주파수(f), 입사각( $\theta_i$ ), 계산 대상의 해수면 크기(가로길이\*세로길이), 상기 해수면 크기를 가로 N, 세로 M개의 단위 페싯(facet)으로 분리할 때의 단위 페싯의 메쉬 크기( $\Delta x, \Delta y$ ), 레이더 발생장치와 페싯 사이 거리(R) 등을 수신할 수 있다(계산 대상의 해수면 가로길이 =  $\Delta x * N$ , 계산 대상의 해수면 세로길이 =  $\Delta y * M$ ). 또한, 이외에도 상기 레이더 전자기파 측정 장치는, 소정의 주기로 위와 같은 해수면 입사 정보를 감지하는 각각의 센서로부터 직접 수신할 수도 있다.

[0023] 도 2는 본 발명의 동적 해수면에서의 레이더 전자기파의 입사와 반사 관련 정보를 설명하기 위한 도면이다.

[0024] 도 2를 참조하면, 해수면에 레이더 전자기파(입사파의 파동 단위 벡터  $\hat{k}_i$ )가 입사각( $\theta_i$ )로 입사될 때, 해수면에서 산란되는 전자기파(산란파의 파동 단위 벡터  $\hat{k}_s$ )의 전기장을 계산하기 위하여, 스트래튼-추(Stratton-Chu)의 단위 면적  $\Delta S$ 에 대해 이중 적분을 이용한 산란 전자기파의 전기장  $E_{pq}^s$ 은 [수학식1]과 같이 입사 평면파  $\hat{E}_0 = \hat{q}E_0$ 에서 입사 편광(polarization) 벡터  $\vec{q} = k \cdot (\hat{k}_s - \hat{k}_i)$ 를 이용하여 나타낼 수 있다. 여기서, R은 레이더 발생장치와 페싯 사이 거리, 파수  $k = 2\pi / \lambda$  ( $\lambda$ 는 레이더 전자기파의 파장),  $\vec{r}$ 은 입사지점으로부터의 거리 벡터,  $\vec{E}$ 는 입사 레이더 전자기파(입사파)의 전기장 벡터,  $\vec{H}$ 는 입사 레이더 전자기파의 자기장 벡터,  $\hat{n}$ 은 페싯의 면에 수직인 단위 법선 벡터,  $\eta$ 는 산란과 관련된 계수이다.

[0025] [수학식1]

$$E_{pq}^s(\hat{k}_s, \hat{k}_i) = ik \frac{e^{ikR}}{4\pi R} \hat{k}_s \iint_S [\hat{n} \times \vec{E} - \eta \hat{n} \times (\hat{n} \times \vec{H})] e^{-i\vec{q} \cdot \vec{r}} dS$$

[0027] 도 2와 같이, 산란 전자기파의 전기장을 구하기 위하여, 해수면의 페싯 상에서의 입사파의 로컬 좌표계(x,y,z)와 산란파의 로컬 좌표계(x',y',z') 상에서의 각각의 구면좌표계값 거리 r,  $\hat{k}_i, \hat{k}_s$ 의 z/z'축과의 각도  $\theta_i, \theta'_i / \theta_s, \theta'_s$ , z축과  $\hat{k}_s$ 를 포함하는 평면이 xz/x'z' 평면과 이루는 각도  $\Phi_s, \Phi'_s$  등이 이용된다.

[0028] 도 2와 같이, 해수면의 파동(해수파)은 대규모 중력파(Large-scale gravity waves)와 소규모 모세관 리플 파동(Small-scale capillary ripples)으로 구성된다.

[0029] 본 발명에서는 이와 같은 해수파의 동적 영향에 의한 레이더 전자기파의 입사에 대한 반사파에의 영향을 분석하기 위한 산란파의 전기장을 산출하는 것에 대한 것이며, 하기하는 바와 같이 동적 해수면에서의 레이더 전자기파 산란을 효과적으로 수집 및 처리하여, 마이크로웨이브 원격 감지, 해저 환경 감시, 해저 타겟 식별, 합성개구레이더(SAR)영상 등의 분야에 응용을 위하여 신뢰성있는 데이터를 제공할 수 있도록 하였다.

[0030] 위와 같이, 레이더 전자기파의 해수면 입사 정보를 수신하면, 다음에, 본 발명의 레이더 전자기파 측정 장치는, 레이더 전자기파의 해수면으로 입사에 대한 해수면 상의 위와 같은 단위 페싯(facet)에 대해 미리 정의한 로컬 좌표계에서의 페싯의 면에 수직인 단위 법선 벡터  $\hat{n}$  및 중심 좌표  $\vec{r}_0 = (x_0, y_0, z_0)$ 를 산출한다(S120).  $\hat{n} = (-z_x \hat{x} - z_y \hat{y} + \hat{z}) / \sqrt{1 + z_x^2 + z_y^2}$ 으로 나타낼 수 있고,  $z_x$ 는 페싯의 x방향 기울기,  $z_y$ 는 페싯의 y방향 기울기이다.

[0031] 도 3은 레이더 전자기파의 해수면으로 입사에 대한 해수면 상의 페싯에 미리 정의한 로컬 좌표계 상에서, 대규모 중력파 및 소규모 모세관 리플 파동 모델을 설명하기 위한 도면이다. 이하의 설명에서 이를 참조한다. 도 3에서,  $\vec{r}_c$ 는 페싯 중심  $\vec{r}_0 = (x_0, y_0, z_0)$ 에서 해수파의 리플 파동 위치로의 방향 벡터이다.

[0032] 다음에, 본 발명의 레이더 전자기파 측정 장치는, 산란 조건에서 입사 편광 벡터  $\vec{q} = k \cdot (\hat{k}_s - \hat{k}_i)$ 의 법선 벡터  $\hat{n}$ 에 수직인 성분을 차단 파수(cutoff wavenumber)와 비교한다(S130). 즉, 산란 조건으로서, 상기 레이더 전자기파의 입사파 파동 단위 벡터( $\hat{k}_i$ )와 상기 법선 벡터의 내적이 0보다 작고( $\hat{k}_i \cdot \hat{n} < 0$ ), 상기 레이더 전자기파의



산란파 파동 단위 벡터( $\hat{k}_s$ )와 상기 법선 벡터의 내적은 0보다 크면( $\hat{k}_s \cdot \hat{n} > 0$ ), 입사 편광 벡터  $\vec{q} = k \cdot (\hat{k}_s - \hat{k}_i)$ 의 상기 법선 벡터에 수직한 성분(q1)을(도 3 참조), 차단 파수와 비교한다.

[0033] 도 4는 본 발명의 차단 파수에 대하여 설명하기 위한 도면이다. 도 4와 같이, 본 발명에서는, 레이더 전자기파의 파수가 차단 파수보다 작을 때 해수면의 파동(해수파)은 대규모 중력파(Large-scale gravity waves)로 가정되어 산란파에 영향을 미치는 것으로 모델링되며, 레이더 전자기파의 파수가 차단 파수보다 클 때 소규모 모세관 리플 파동(Small-scale capillary ripples)으로 가정되어 산란파에 영향을 미치는 것으로 모델링되었다. 차단 파수는 해수면 주변 환경에 따라 적절히 설정될 수 있다.

[0034] 다음에, 본 발명의 레이더 전자기파 측정 장치는, 상기 입사 편광 벡터의 상기 법선 벡터에 수직한 성분(q1)이 상기 차단 파수 보다 작으면(레이더 전자기파의 입사각이 임계치보다 작은 경우에 해당) 해수파의 대규모 중력파 모델에 의한 페릿 기반 준정규 산란 전기장(FBQSF, facet-based quasi-specular scattering field)  $E_{pq}^{FBQSF}$ 을 산출한다(S140).

[0035] 상기 페릿 기반 준정규 산란 전기장  $E_{pq}^{FBQSF}$ 은, 하기의 [수학식2]을 이용해 산출한다. 여기서, 파수  $k=2\pi/\lambda$  ( $\lambda$ 는 레이더 전자기파의 파장), R은 레이더 발생장치와 페릿 사이 거리,  $U_{pq}$ 는 레이더 전자기파의 편광에 의존하는 계수, 페릿 중심 좌표  $\vec{r}_0 = (x_0, y_0, z_0)$ ,  $X_1=q_x+q_z z_x$ ,  $X_2=q_x+q_z z_y$ ,  $z_x$ 는 페릿의 x방향 기울기,  $z_y$ 는 페릿의 y방향 기울기,  $\Delta x_g \Delta y_g$ 는 각 메쉬 부분의 페릿에 대응된 해수파의 대규모 중력파 상의 면적이다(도 3 참조).

[0036] [수학식2]

[0037]

$$E_{pq}^{FBQSF}(\hat{k}_s, \hat{k}_i) = ik \frac{e^{ikR}}{4\pi R} U_{pq} I_{FBQSF}(\cdot)$$

$$I_{FBQSF}(\cdot) = e^{-i(q_x x_0 + q_y y_0 + q_z z_0)} \iint_S e^{-i[q_x x + q_y y + q_z (z_x x + z_y y)]} dx dy$$

$$= e^{-i(q_x x_0 + q_y y_0 + q_z z_0)} \cdot \sin c\left(\frac{X_1}{2} \Delta x_g\right) \sin c\left(\frac{X_2}{2} \Delta y_g\right) \Delta x_g \Delta y_g$$

[0038]

[0039] 다음에, 본 발명의 레이더 전자기파 측정 장치는, 상기 입사 편광 벡터의 상기 법선 벡터에 수직한 성분(q1)이 상기 차단 파수 이상이면(레이더 전자기파의 입사각이 임계치보다 커질 때에 해당) 해수파의 소규모 모세관 리플 파동 모델에 의한 페릿 기반 브래그 산란 전기장(FBBSF, facet-based Bragg scattering fields)  $E_{pq}^{FBBSF}$ 을 산출한다(S150).

[0040] 상기 페릿 기반 브래그 산란 전기장  $E_{pq}^{FBBSF}$ 은, 하기의 [수학식3]을 이용해 산출한다. 여기서, 파수  $k=2\pi/\lambda$  ( $\lambda$ 는 레이더 전자기파의 파장), R은 레이더 발생장치와 페릿 사이 거리,  $\tilde{S}(\hat{k}_s, \hat{k}_i)$ 는 해수의 상대적 유전율(permittivity)과 레이더 전자기파의 편광에 의존하는 산란파의 진폭벡터, 입사 평면파  $\hat{E}_0 = \hat{q} E_0$ 에서 입사 편광 벡터  $\vec{q} = k \cdot (\hat{k}_s - \hat{k}_i)$ ,  $\hat{k}_i$ 는 입사파의 파동 단위 벡터,  $\hat{k}_s$ 는 산란파의 파동 단위 벡터,  $E_0$ 는 입사파의 전기장 세기이다.

[0041] [수학식3]

[0042]

$$E_{pq}^{FBBSF}(\hat{k}_s, \hat{k}_i) = 2\pi \frac{e^{ikR}}{iR} \tilde{S}(\hat{k}_s, \hat{k}_i) \hat{E}_0$$

[0043] 다음에, 본 발명의 레이더 전자기파 측정 장치는, 상기 페릿 기반 준정규 산란 전기장  $E_{pq}^{FBQSF}$  및 상기 페릿 기반 브래그 산란 전기장  $E_{pq}^{FBBSF}$ 을 합산하여 해당 페릿에 대한 산란 전기장 값을 출력한다(S160).

[0044] 예를 들어, 계산될 해수면 크기를 가로 N, 세로 M개의 단위 페릿(facet)을 갖는 메쉬로 분리할 때(N, M은 양의 정수), 단위 페릿의 메쉬 크기( $\Delta x$ ,  $\Delta y$ )에 대하여, 위와 같이 계산된 상기 페릿 기반 준정규 산란 전기장



$E_{pq}^{FBQSF}$  및 상기 페킷 기반 브래그 산란 전기장  $E_{pq}^{FBBSF}$  을 합산하여, 대상 해수면에 대하여 [수학식4]와 같이 산란 전기장 값  $E_{pq}^{TESF}$  을 출력한다.

[0045] [수학식4]

$$E_{pq}^{TESF} = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N (E_{pq}^{FBQSF} + E_{pq}^{FBBSF})$$

[0047] 즉, 단위 페킷에 대한 상기 산란 전기장 값을, 계산 대상 해수면의 각 메쉬 부분에 대하여 산출하고 모두 합산하여, 소정의 복수의 메쉬 부분의 해수면 사이즈( $\Delta x * N$ ,  $\Delta y * M$ )에 대한 산란 전기장 값  $E_{pq}^{TESF}$  을 출력할 수 있다. 이와 같은 산란 전기장 값은, 주기적인 상기 해수면 입사 정보의 수신에 따라 실시간으로 상기 복수의 메쉬 부분의 해수면 사이즈에 대하여 산출될 수 있으며, 이에 따라 본 발명의 레이더 전자기와 측정 장치는, 산란 전기장 값  $E_{pq}^{TESF}$  의 시간에 대한 변화 추이(time-evolving)에 대한 정보(시간에 따른 산란 전기장 값, 소정의 시간에 대한 평균, 편차, 또는 이들의 통계 정보 등)를 제공할 수 있다.

[0048] 도 5는 본 발명의 본 발명의 일 실시예에 따른 동적 해수면에서의 레이더 전자기와 측정 장치의 구현 방법의 일례를 설명하기 위한 도면이다.

[0049] 본 발명의 일 실시예에 따른 동적 해수면에서의 레이더 전자기와 측정을 수행하는 레이더 전자기와 측정 장치는, 하드웨어, 소프트웨어, 또는 이들의 결합으로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 레이더 전자기와 측정 장치는 위와 같은 기능/단계/과정들을 수행하기 위한 적어도 하나의 프로세서를 갖는 도 5와 같은 컴퓨팅 시스템(1000) 또는 인터넷 상의 서버 형태로 구현될 수 있다.

[0050] 컴퓨팅 시스템(1000)은 버스(1200)를 통해 연결되는 적어도 하나의 프로세서(1100), 메모리(1300), 사용자 인터페이스 입력 장치(1400), 사용자 인터페이스 출력 장치(1500), 스토리지(1600), 및 네트워크 인터페이스(1700)를 포함할 수 있다. 프로세서(1100)는 중앙 처리 장치(CPU) 또는 메모리(1300) 및/또는 스토리지(1600)에 저장된 명령어들에 대한 처리를 실행하는 반도체 장치일 수 있다. 메모리(1300) 및 스토리지(1600)는 다양한 종류의 휘발성 또는 불휘발성 저장 매체를 포함할 수 있다. 예를 들어, 메모리(1300)는 ROM(Read Only Memory)(1310) 및 RAM(Random Access Memory)(1320)을 포함할 수 있다.

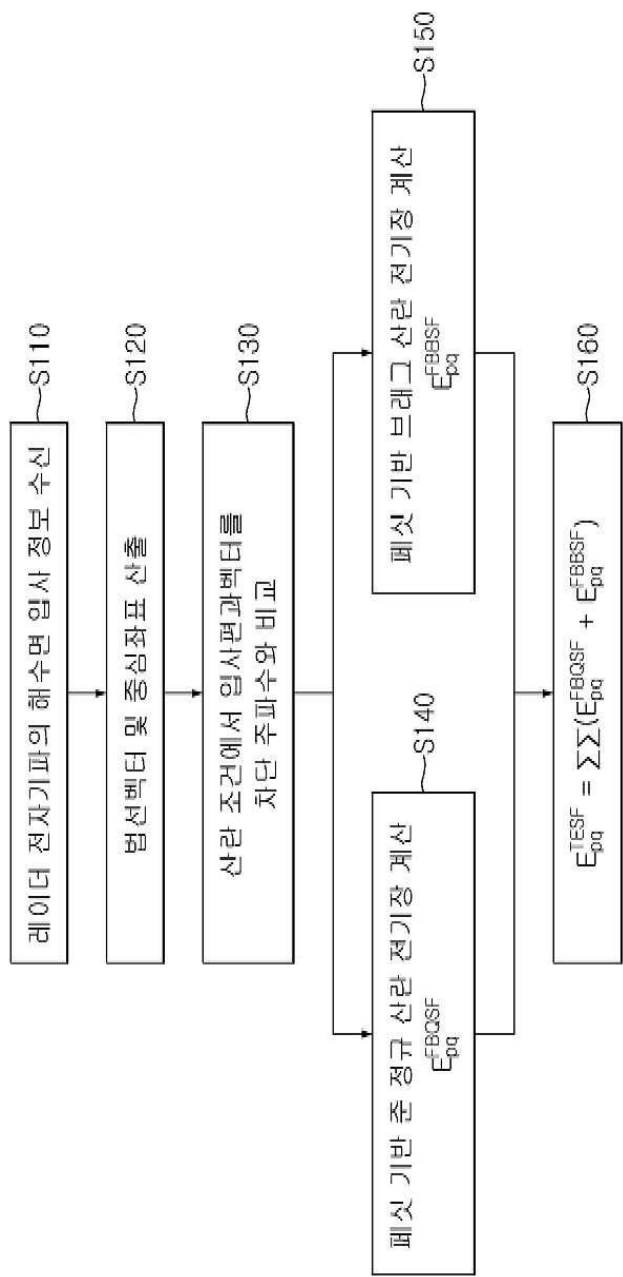
[0051] 따라서, 본 명세서에 개시된 실시예들과 관련하여 설명된 방법 또는 알고리즘의 단계는 프로세서(1100)에 의해 실행되는 하드웨어, 소프트웨어 모듈, 또는 그 2 개의 결합으로 직접 구현될 수 있다. 소프트웨어 모듈은 RAM 메모리, 플래시 메모리, ROM 메모리, EPROM 메모리, EEPROM 메모리, 레지스터, 하드 디스크, 착탈형 디스크, CD-ROM과 같이 컴퓨터 등 장치로 판독 가능한 저장/기록 매체(즉, 메모리(1300) 및/또는 스토리지(1600))에 상주할 수도 있다. 예시적인 저장 매체는 프로세서(1100)에 커플링되며, 그 프로세서(1100)는 저장 매체로부터 정보를 판독할 수 있고 저장 매체에 정보를 기입할 수 있다. 다른 방법으로, 저장 매체는 프로세서(1100)와 일체형일 수도 있다. 프로세서 및 저장 매체는 주문형 집적회로(ASIC) 내에 상주할 수도 있다. ASIC는 사용자 단말기 내에 상주할 수도 있다. 다른 방법으로, 프로세서 및 저장 매체는 사용자 단말기 내에 개별 컴포넌트로서 상주할 수도 있다.

[0052] 상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 레이더 전자기와 측정 방법에 따르면, 동적 해수면에서의 레이더 전자기와 산란을 효과적으로 수집 및 처리하여, 마이크로웨이브 원격 감지, 해저 환경 감시, 해저 타겟 식별, 합성개구레이더(SAR)영상 등의 분야에 응용을 위하여 신뢰성있는 데이터를 제공할 수 있다.

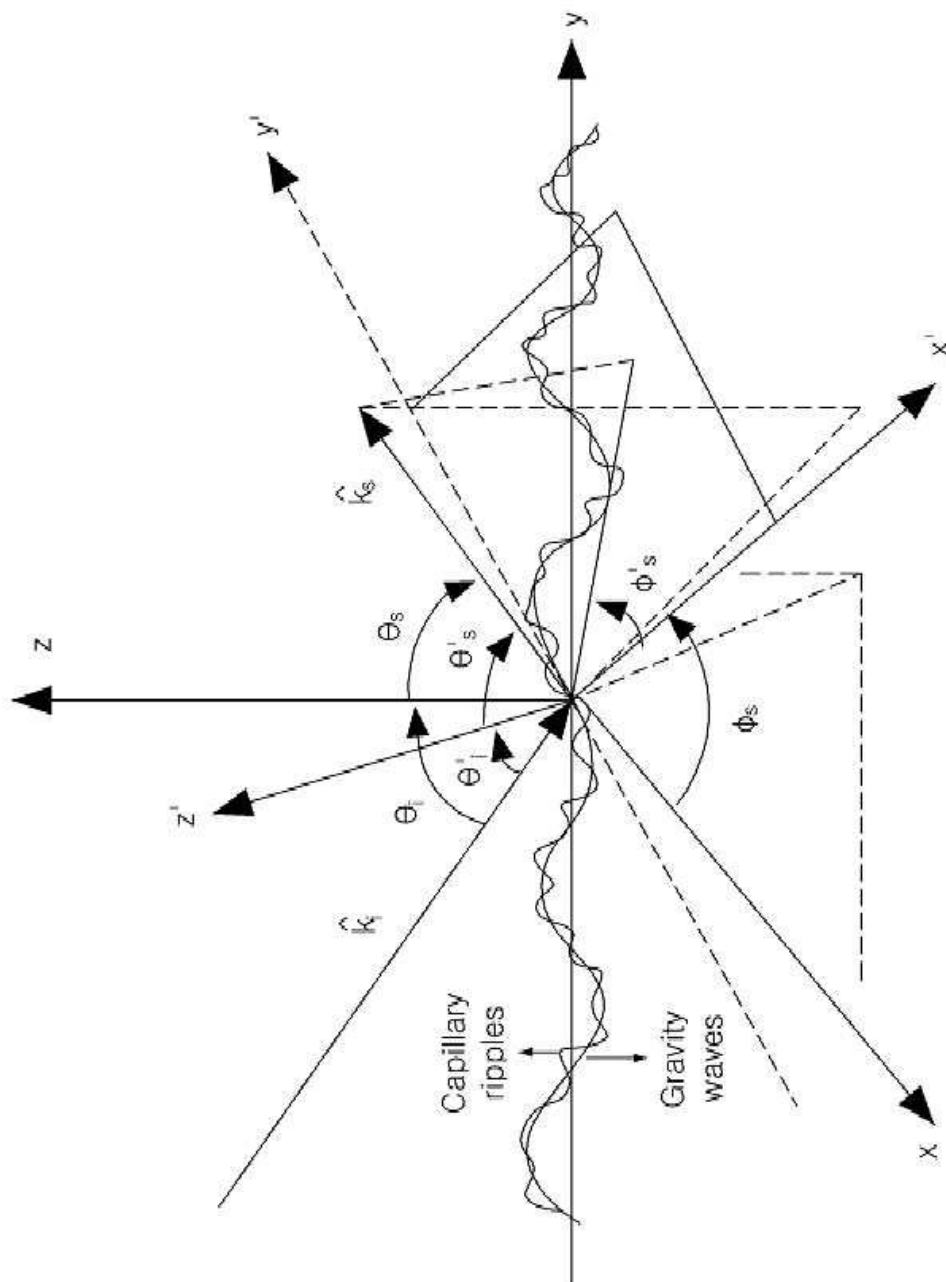
[0053] 이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

도면1

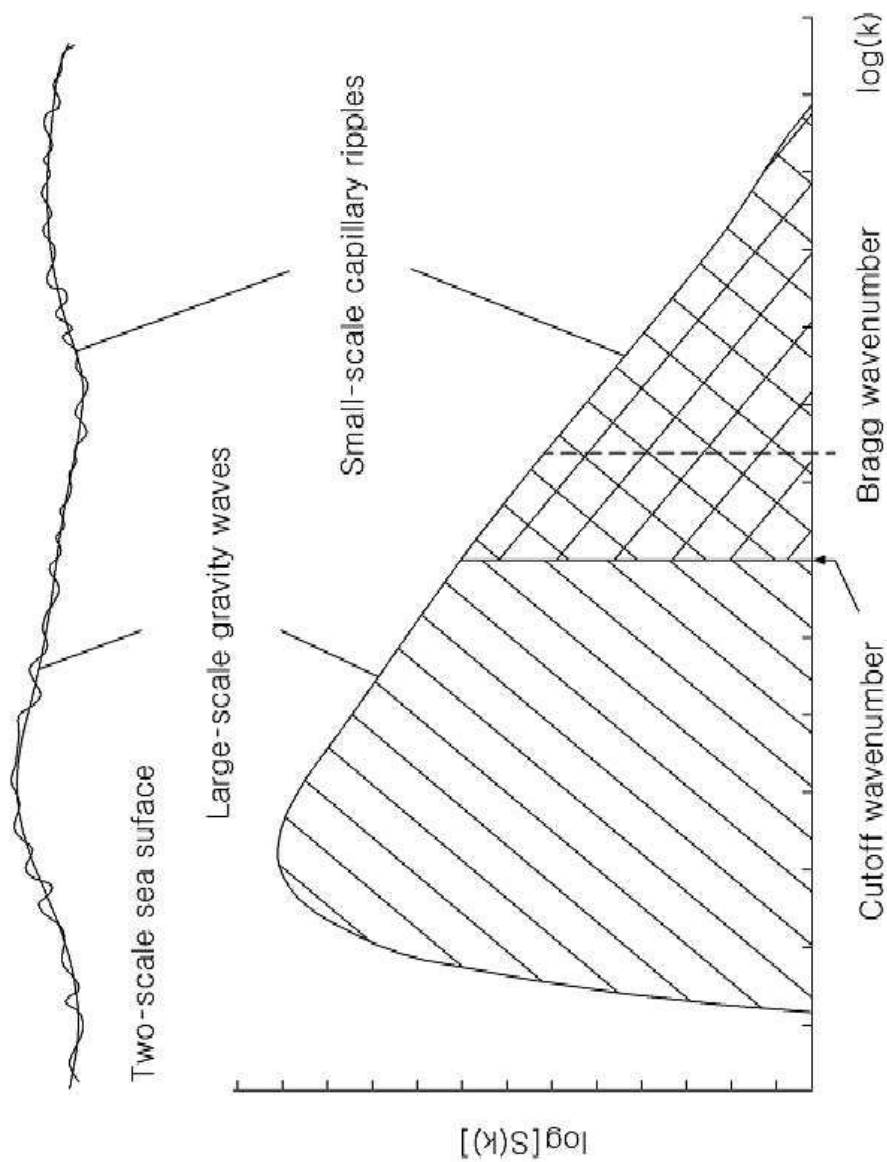


도면2





도면4



도면5

