(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0050467
(43) 공개일자 2022년04월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01V 3/12 (2006.01) *G01S 13/90* (2006.01)
G01S 7/28 (2006.01) *G01S 7/41* (2006.01)
G01W 1/02 (2022.01) *G06N 20/00* (2019.01)
G06N 3/08 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01V 3/12 (2013.01)
G01S 13/90 (2022.01)
(21) 출원번호 10-2020-0134183
(22) 출원일자 2020년10월16일
심사청구일자 2020년10월16일

(71) 출원인
인천대학교 산학협력단
인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)
(72) 발명자
전광길
인천광역시 연수구 해송로 70, 209동 805호(송도동, 송도웰카운티2단지)
(74) 대리인
특허법인충정

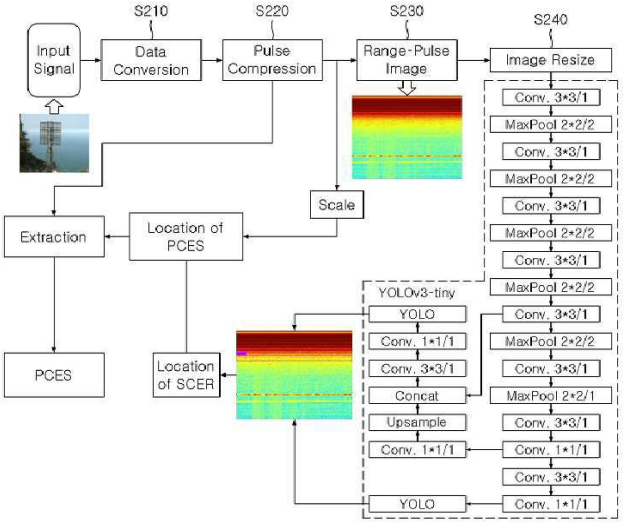
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 **해수면 전파 반사율을 이용한 딥 러닝 해양 클러터 데이터 측정 시스템**

(57) 요 약

본 발명은 딥 러닝을 이용한 해양 클러터 반사율 측정 시스템에 관한 것으로서, 본 발명의 해양 클러터 데이터를 수집하여 처리하는 해양 클러터 처리 시스템에서 해양 클러터 처리 방법은, 레이더 수신기를 통해 수집되는 해양 클러터 데이터를 이진 데이터로 변환하고 펄스 압축 데이터로 변환해 소정의 픽셀 사이즈의 레인지 펄스 이미지를 생성하는 단계, 및 학습 신경망을 이용해 상기 레인지 펄스 이미지로부터 검출한 해양 클러터 유효 영역을 기초로 해양 클러터 반사율을 산출하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
G01S 7/2813 (2013.01)
G01S 7/417 (2013.01)
G01W 1/02 (2022.01)
G06N 20/00 (2021.08)
G06N 3/08 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

해양 클러터 데이터를 수집하여 처리하는 해양 클러터 처리 시스템에서 해양 클러터 처리 방법에 있어서,

레이더 수신기를 통해 수집되는 해양 클러터 데이터를 이진 데이터로 변환하고 펄스 압축 데이터로 변환해 소정의 픽셀 사이즈의 레인지 펄스 이미지를 생성하는 단계; 및

학습 신경망을 이용해 상기 레인지 펄스 이미지로부터 검출한 해양 클러터 유효 영역을 기초로 해양 클러터 반사율을 산출하는 단계

를 포함하는 해양 클러터 처리 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 해양 클러터 반사율을 산출하는 단계는,

상기 해양 클러터 유효 영역과 상기 해양 클러터 유효 영역에서의 해양 클러터 반사율을 산출하기 위한 학습 모델의 학습 파라미터들을 업데이트하는 단계

를 포함하는 해양 클러터 처리 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 학습 모델은, 레이더 신호의 주파수 및 그레이징 각도를 입력 파라미터로 포함하며, 상기 레이더 신호의 반사파를 수신하는 동안의 파도 높이, 파도 방향, 풍속, 바람 방향, 파도 주기, 최대 파도 높이, 또는 최대 파도 주기 중 어느 하나 이상의 해수 상태 정보를 상기 입력 파라미터로 더 포함하는 해양 클러터 처리 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 해양 클러터 반사율을 산출하는 단계에서,

레이더 신호의 그레이징 각도에 의해 해수면 상의 전자기파 산란 영역에 대응되는 복수의 레인지 셀들을 구분하고, 상기 복수의 레인지 셀들 중 신호 대 잡음비가 10dB 이상이며 타겟 또는 코채널 간섭이 없는 영역을 상기 해양 클러터 유효 영역으로 검출하는 해양 클러터 처리 방법.

청구항 5

해양 클러터 데이터를 수집하여 처리하는 해양 클러터 처리 시스템에서 해양 클러터 처리 기능을 수행하기 위한, 컴퓨터가 판독 가능한 코드를 기록한 기록 매체에 있어서,

레이더 수신기를 통해 수집되는 해양 클러터 데이터를 이진 데이터로 변환하고 펄스 압축 데이터로 변환해 소정의 픽셀 사이즈의 레인지 펄스 이미지를 생성하는 기능; 및

학습 신경망을 이용해 상기 레인지 펄스 이미지로부터 검출한 해양 클러터 유효 영역을 기초로 해양 클러터 반사율을 산출하는 기능

을 구현하기 위한 기록 매체.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 해양 클러터 반사율을 산출하는 기능은,

상기 해양 클러터 유효 영역과 상기 해양 클러터 유효 영역에서의 해양 클러터 반사율을 산출하기 위한 학습 모델의 학습 파라미터들을 업데이트하는 기능

을 포함하는 기록 매체.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 학습 모델은, 레이더 신호의 주파수 및 그레이징 각도를 입력 파라미터로 포함하며, 상기 레이더 신호의 반사파를 수신하는 동안의 파도 높이, 파도 방향, 풍속, 바람 방향, 파도 주기, 최대 파도 높이, 또는 최대 파도 주기 중 어느 하나 이상의 해수 상태 정보를 상기 입력 파라미터로 더 포함하는 기록 매체.

청구항 8

제5항에 있어서,

상기 해양 클러터 반사율을 산출하는 기능에서,

레이더 신호의 그레이징 각도에 의해 해수면 상의 전자기파 산란 영역에 대응되는 복수의 레인지 셀들을 구분하고, 상기 복수의 레인지 셀들 중 신호 대 잡음비가 10dB 이상이며 타겟 또는 코채널 간섭이 없는 영역을 상기 해양 클러터 유효 영역으로 검출하는 기록 매체.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 해양 클러터 반사율 측정 시스템에 관한 것으로서, 특히, 심층 심경망의 딥 러닝을 이용해 해양 클러터의 유효 영역의 검출을 통해 해양 클러터 반사율을 검출하는 해양 클러터 반사율 측정 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 레이더는 해양 기반 환경 원격 감지 및 군사 감시 분야에서 중요한 역할을 한다. SAR(Synthetic aperture Radar)을 사용하여 해양, 해류, 지표면 및 기타 원격 대상의 레이더 이미지를 얻을 수 있다. 공중 레이더는 해양에서 후방 산란 신호를 감지하여 해양에서 선박을 감지하고 분류함으로써 군사 분야에서 매우 중요한 역할을 한다. 해안 기반 레이더는 일반적으로 오랜 시간 동안 해수면 상태를 모니터링하기 위해 고정된 위치에 있다. 레이더에 의해 수신된 전자기 산란 에코를 해양 클러터(sea clutter)라고 한다. 레이더의 성능을 향상시키기 위해 해저면 분석은 연구의 초점이자 핫스팟이다.

[0003] 해양 클러터(clutter)는 해안 기반 레이더의 성능에 영향을 미치는 주요 요인 중 하나이다. 원격 감지 분야에서 레이더와 해양학의 관계는 갈수록 가까워지고 있다. 연구원들은 해수 반사, 진폭 및 도플러 특성과 같은 해양 클러터 특성을 연구함으로써, 산란 메커니즘에 따라 생성된 전자기파 레이더 또는 이론적 데이터에 의해 측정된 해양 클러터를 효과적으로 억제하고, 군사 산업 및 Industry 4.0에서 해양 감시 기능을 향상시키기 위한 전자기파 레이더 성능 평가 또는 레이더 시스템 설계에 적용할 수 있다. 주변의 해역들에서 해수면 온도, 풍속, 공기 습도, 파괴 파 및 해저 마찰은 다양한 규모의 중력파 및 모세관 파에 대해 다른 변조 효과를 가지며, 바람에 의한 해면에 의해 생성되는 화이트 캡 커버리지 및 에어로졸(aerosol)은 또한 다르고, 환경을 복잡하고 가변적으로 만든다. 해양 조건에서 해양 클러터 반사는 파고 또는 풍속의 증가와 함께 증가하는 경향을 나타낸다. 해양 환경의 파라미터 간에 복잡한 관계가 존재하지만, 해수면 연구의 부족으로 인해 해수면 반사를 계산하기가 쉽지 않다.

[0004] 해양 클러터 모델에서 파라미터를 학습하려면 대량의 전처리 해양 클러터 데이터가 필요하다. 다양한 종류의 레이더를 사용하여 해양 클러터 빅 데이터를 수집할 수 있다. 예를 들어, 해안 기반 레이더는 고정된 지역에서 오랫동안 해양 클러터 데이터를 지속적으로 수집할 수 있다. 항공 레이더와 선박 레이더는 단기간에 일련의 데이터를 수집할 수 있다. 수집된 해양 클러터 데이터는 모바일 하드 디스크에 저장되어 정보 처리 센터로 전송된다. 해양 클러터 전처리 프로세스는 데이터 변환, 데이터 필터링 및 해양 클러터 결함 영역 추출을 포함하며, 전처리된 데이터는 최종적으로 데이터 저장 서버에 저장된다.

[0005] 현재, 간섭을 포함하여 측정된 해양 클러터 데이터로부터 순수 해양 클러터 데이터를 추출하는 전처리는 주로 수동으로 수행되는데, 이는 많은 시간이 필요하다. 또한, 처리되지 않은 측정된 해양 클러터 빅데이터는 서버의 많은 저장 공간을 차지하기 때문에 새로 수집된 해양 클러터 데이터가 저장될 때 조기 측정된 해양 클러터 데이터를 제 시간에 처리 및 폐기 할 수 없어 심각한 자원 낭비가 발생한다. 위에서 언급한 두 가지 점을 바탕으로, 빠르고 효과적인 해양 전처리 기술이 시급히 필요한 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 따라서, 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은, 해수면의 다양한 개발 조건 하에서 지능형 레이더 및 Industry 4.0에 대한 해양 클러터 반사율을 지능적으로 예측하기 위해, 심층 신경망의 딥 러닝에 기초한 SFM(Structure from Motion) 해양 클러터 모델을 이용해, 다중 해양 환경 파라미터, 레이더 파라미터, 그레이징 각도(grazing angle)의 결합된 특성을 고차원 공간에 매핑하여 해양 클러터의 유효 영역을 검출을 통해 해양 클러터 반사율을 검출할 수 있는, 해양 클러터 반사율 측정 시스템을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 먼저, 본 발명의 특징을 요약하면, 상기의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일면에 따른 해양 클러터 데이터를 수집하여 처리하는 해양 클러터 처리 시스템에서 해양 클러터 처리 방법은, 레이더 수신기를 통해 수집되는 해양 클러터 데이터를 이진 데이터로 변환하고 펄스 압축 데이터로 변환해 소정의 픽셀 사이즈의 레인지 펄스 이미지를 생성하는 단계; 및 학습 신경망을 이용해 상기 레인지 펄스 이미지로부터 검출한 해양 클러터 유효 영역을 기초로 해양 클러터 반사율을 산출하는 단계를 포함한다.

[0008] 상기 해양 클러터 반사율을 산출하는 단계는, 상기 해양 클러터 유효 영역과 상기 해양 클러터 유효 영역에서의 해양 클러터 반사율을 산출하기 위한 학습 모델의 학습 파라미터들을 업데이트하는 단계를 포함한다.

[0009] 상기 학습 모델은, 레이더 신호의 주파수 및 그레이징 각도를 입력 파라미터로 포함하며, 상기 레이더 신호의 반사파를 수신하는 동안의 파도 높이, 파도 방향, 풍속, 바람 방향, 파도 주기, 최대 파도 높이, 또는 최대 파도 주기 중 어느 하나 이상의 해수 상태 정보를 상기 입력 파라미터로 더 포함한다.

[0010] 상기 해양 클러터 반사율을 산출하는 단계에서, 레이더 신호의 그레이징 각도에 의해 해수면 상의 전자기파 산란 영역에 대응되는 복수의 레인지 셀들을 구분하고, 상기 복수의 레인지 셀들 중 신호 대 잡음비가 10dB 이상이며 타겟 또는 코채널 간섭이 없는 영역을 상기 해양 클러터 유효 영역으로 검출한다.

[0011] 그리고, 본 발명의 다른 일면에 따른 해양 클러터 데이터를 수집하여 처리하는 해양 클러터 처리 시스템에서 해양 클러터 처리 기능을 수행하기 위한, 컴퓨터가 판독 가능한 코드를 기록한 기록 매체는, 레이더 수신기를 통해 수집되는 해양 클러터 데이터를 이진 데이터로 변환하고 펄스 압축 데이터로 변환해 소정의 픽셀 사이즈의 레인지 펄스 이미지를 생성하는 기능; 및 학습 신경망을 이용해 상기 레인지 펄스 이미지로부터 검출한 해양 클러터 유효 영역을 기초로 해양 클러터 반사율을 산출하는 기능을 구현한다.

발명의 효과

[0012] 본 발명에 따른 해양 클러터 반사율 측정 시스템에서 해양 클러터 반사율 획득 방법에 따르면, 심층 신경망의 딥 러닝에 기초한 SFM 해양 클러터 모델에 해양 클러터 레인지-펄스(RP, Range-Pulse) 이미지를 적용해, 복수의 컨볼루션 레이어를 통해 해양 클러터 유효 영역의 저급 및 고수준 특징들을 점차 추출하고 앵커 메커니즘을 통해 해양 클러터 유효 영역의 위치를 예측하며, 해양 클러터 반사율을 획득할 수 있다. SFM 해양 클러터 모델의 파라미터로서는 파도 높이, 파도 방향, 풍속, 바람 방향, 파도 주기, 최대 파도 높이, 최대 파도 주기, 그레이징 각도 등을 사용한다. 본 발명에서는 UHF 대역 해안 기반 레이더에 의해 수집된 해양 클러터 데이터의 처리를 통해 초당 274 프레임 (FPS)의 처리 속도와 75.3 %의 반사율 검출 정확도를 달성하였다.

도면의 간단한 설명

[0013] 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 1a는 본 발명의 레이더 시스템의 수신기가 수신하는 전자기파 산란 신호로부터 추출한 해양 클러터 RP(Range-Pulse)이미지의 일례이다.

도 1b는 본 발명의 레이더 시스템(레이더 송신기와 레이더 수신기)에서 해양 클러터 데이터를 수집하는 관계에 대한 도식적인 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 해양 클러터 반사율 측정 시스템에서의 클러터 처리기가 수행하는 레이더 신호 반사파의 처리 과정을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 해양 클러터 반사율 측정 시스템에서의 클러터 처리기가 수행하는 SFM(Structure from Motion) 해양 클러터 모델을 이용한 심층 신경망의 학습 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 해양 클러터 반사율 측정 시스템에서의 클러터 처리기가 심층 신경망의 학습으로 계산한 해양 클러터 반사율을 실제의 해양 클러터 반사율과 비교한 그래프이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 해양 클러터 반사율 측정 시스템의 구현 방법의 일례를 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 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.

[0015] 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.

[0016] 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.

[0017] 본 발명의 해양 클러터 반사율 측정 시스템은, 레이더 신호의 송수신을 위한 안테나, 송신기, 듀플렉서, 수신기 등을 포함하는 레이더 시스템 및 레이더 수신기에서 수집하는 레이더 신호 반사파의 처리를 수행하는 클러터 처리기를 포함한다. 이외에도, 본 발명의 해양 클러터 반사율 측정 시스템은 필요한 데이터의 입력과 처리 결과의 출력을 위한 디스플레이 장치 등 사용자 인터페이스를 포함할 수 있다. 레이더 시스템의 송신기를 통해 일련의 짧은 펄스 전자기파 신호를 전송하고 안테나를 통해 해면으로 전파시키며, 수신기를 통해 반사파의 산란 신호를 획득하는 영역은 선박, 빙원 및 섬과 같은 표적을 포함할 수 있다.

[0018] 먼저, 도 1a, 도 1b를 참조하여 본 발명에서 기술하는 해양 클러터 유효 영역에 대하여 기술한다.

[0019] 도 1a는 본 발명의 레이더 시스템의 수신기가 수신하는 전자기파 산란 신호로부터 추출한 해양 클러터 RP(Range-Pulse, 레인지-펄스) 이미지의 일례이다. 도 1a에서, 가로축은 해양 클러터 획득 시간을 나타내고, 도 1a에서 세로축은 그레이징 각도(레이더 신호 입사파의 진행 방향과 해수 경계면의 법선 사이의 각도, 입사각의 여각)에 의해 결정된 레인지 셀을 나타내고, 여기서 작은 레인지 셀은 작은 그레이징 각도에 대응하고, 큰 레인지 셀은 큰 그레이징 각도에 대응한다.

[0020] 도 1b는 본 발명의 레이더 시스템(레이더 송신기와 레이더 수신기)에서 해양 클러터 데이터를 수집하는 관계에

대한 도식적인 도면이다. 도 1b와 같이 레이더 수신기가 그레이징 각도에 의해 결정되는 해수면 상의 소정의 반경(중심 0) 내의 각 레인지 셀(range cell)에 대하여 해양 클러터 데이터를 수집한다고 가정한다.

[0021] 도 1a와 같이, 레이더 시스템의 수신기가 수신하는 전자기파 산란 신호에는 해양 클러터 유효 신호, 타겟 간섭 신호, 동일 채널 간섭 신호 및 노이즈 등이 포함된다.

[0022] 도 1에서, 1) 누설 영역(10), 즉 짧은 펄스 신호는 도 1a의 0 ~ 25 번째 레인지 셀에 표시된 것처럼 송신 안테나 대신 레이더 송신기에 의해 전송되고 레이더 수신기에 의해 직접 수신된다. 2) 사각 지대(20), 즉 짧은 펄스 신호는 송신 안테나에 의해 송출되고 전자기 산란 신호는 해양-육지 인터페이스에서 생성된 다음 도 1의 25 ~ 50 번째 레인지 셀과 같이 레이더 수신기에 의해 수신된다. 3) 전자기파 산란 영역(30), 즉 짧은 펄스 신호는 송신 안테나를 통해 해수면으로 전송되고 다양한 복잡한 효과로 인해 해수면에서 전자기파 산란이 발생하고 전자기파 산란 신호는 도 1a의 50 ~ 450 번째 레인지 셀과 같이 레이더 수신기에 의해 수신된다.

[0023] 도 1a의 RP 이미지의 전자기파 산란 영역(30)에서, 수평 줄무늬는 레인지 셀에 타겟이 있을 수 있음을 나타내고, 수직 줄무늬는 코채널(cochannel) 간섭이 있을 수 있음을 나타낸다. 각 레인지 셀의 신호 대 잡음비가 10 dB 미만인 경우, 해당 현재 영역을 노이즈 영역으로 정의할 수 있다. 각 레인지 셀의 신호 대 잡음비가 10dB 이상이고 타겟 또는 코채널 간섭이 없는 경우 해당 현재 영역을 도 1a의 박스로 표시한 영역으로 표시한 것처럼 해양 클러터 유효 영역(800)으로 정의할 수 있다.

[0024] 해양 클러터 유효 영역 추출은 해양 클러터 전처리에서 매우 중요한 부분이다. 전자기파 산란 신호의 평균 진폭은 레이더 신호의 획득 동안 전자기파 산란 신호의 평균 변동 레벨을 반영할 수 있으며 순간적인 변화를 반영하지 않는다. 사각 지대 영역 및 타겟 영역에서 신호의 평균 진폭이 크기 때문에 레이더 신호의 평균 진폭을 사각 지대 영역 영역, 해양 클러터 유효 영역 및 타겟 영역을 구별하기 위해 사용할 수 있다. 코채널 간섭이 약한 전자기파 산란 신호의 진폭은 특정 순간에만 증가하며, 평균 진폭에 따라 현재 신호가 해양 클러터인지 구별하기가 어렵다. 이와 같은 방법으로, 해양 클러터 유효 영역은 주로 펄스 압축 신호의 평균 진폭 및 수동으로 코채널 간섭을 판단한 경험에 기초하여 추출될 수 있다.

[0025] 지역 바람, 바람 영역 및 파도 등에 의해 영향을 받아 해양 클러터의 진폭은 시간에 따라 무작위로 변화하여 시각적으로 다양한 해양 클러터 영역을 형성한다. 수동으로 추출된 일부 특징(가장자리, 밝기 등)을 기반으로 해양 클러터 유효 영역을 식별하기 어렵기 때문에 기존의 기계 학습 방법은 RP 이미지에서 해양 클러터 유효 영역을 정확하게 감지할 수 없다. 또한, 해양 클러터 전처리 작업자는 해양 클러터 유효 영역을 보다 정확하게 추출할 수 있지만 추출 효율은 낮으며 추출 결과는 주관적으로 영향을 받는다.

[0026] 따라서, 본 발명에서는, 해양 클러터 반사율 측정 시스템에서의 클러터 처리기를 통해, 심층 신경망의 딥 러닝에 기초한 SFM 해양 클러터 모델에 해양 클러터 RP(Range-Pulse) 이미지를 적용해, 복수의 컨볼루션 레이어를 통해 해양 클러터 유효 영역의 저급 및 고수준 특징들을 점차 추출하고 앵커 메커니즘을 통해 해양 클러터 유효 영역의 위치를 예측하며, 레이더 신호의 송신파에 대한 반사파의 반사율을 나타내는 해양 클러터 반사율을 획득할 수 있도록 하였다. SFM(Structure from Motion) 해양 클러터 모델의 파라미터로서는 파도 높이, 파도 방향, 풍속, 바람 방향, 파도 주기, 최대 파도 높이, 최대 파도 주기, 그레이징 각도 등을 사용한다.

[0027] 이를 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 해양 클러터 반사율 측정 시스템은, 레이더 시스템을 통해 수집되는 해양 클러터 데이터를 전처리하고, 전처리된 데이터의 시계열적 정보를 클러터 처리기로 입력함으로써, 클러터 처리기는 해양 클러터의 유효 영역을 검출을 통해 해양 클러터 반사율을 검출한다. 이를 기초로, 클러터 처리기는 클러터 특성을 예측 및 예측 에러의 보정 등을 통해 상기 수집된 데이터에서 해양 클러터를 제거하여 타겟을 검출할 수 있다. 상기 클러터 처리기는, 반도체 프로세서 등 하드웨어를 포함할 수 있고, 이외에도 상기의 과정들을 수행하기 위하여 상기 하드웨어와 연동하여 동작하는 기록매체에 저장된 응용 프로그램 등의 소프트웨어를 더 포함할 수 있다.

[0028] 상기 레이더 시스템의 송신기의 레이더 신호 전송 과정에서는, 타겟 물체를 탐지하기 위하여 레이더 송신기를 통해 송신 안테나에서 해양으로 전자기파 형태의 레이더 신호를 방사하도록 한다. 여기서, 레이더 송신기는 UHF-대역, S-대역, 또는 IPIX(X-Band dual-polarized) 형태 등 다양한 레이더 신호를 생성하여 송출할 수 있다.

[0029] 레이더 송신기를 통해 송출된 레이더 신호는 해수면에서의 산란되고 반사되며, 레이더 수신기는 해수면에서의 산란되고 반사되는 레이더 신호 반사파를 수신하고 처리하여 해양 클러터를 포함하는 데이터(해양 클러터 데이터)를 메모리에 저장되도록 수집한다. 예를 들어, 본 발명의 일 실시예에 따른 해양 클러터 반사율 측정 시스템

이 실제로 현장에서 이용되기 전에, 캐나다의 IPIX(X-Band dual-polarized) 레이더 시스템, 중국의 UHF-대역 레이더 시스템, 링산 아일랜드의 S-대역 레이더 시스템 등의 해양 레이더에 의해 미리 수집된 해양 클러터를 포함하는 데이터(해양 클러터 데이터)가, 클러터 처리기의 클러터 예측에 대한 학습을 위해 이용될 수 있다.

[0030] 메모리에 수집되는 해양 클러터 데이터는 클러터 처리기에 의해 처리되어 해양 클러터의 유효 영역이 검출되고 이를 통해 해양 클러터 반사율이 검출되며, 이를 이용하여 클러터 처리기는 클러터 크기 등 특성을 예측하며, 클러터를 제거해 타겟 물체를 검출할 수 있다.

[0031] 이하 본 발명의 클러터 처리기에서 수행하는 레이더 신호 반사파의 처리 과정을 도 2를 참조하여 설명한다.

[0032] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 해양 클러터 반사율 측정 시스템에서의 클러터 처리기가 수행하는 레이더 신호 반사파의 처리 과정을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0033] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 해양 클러터 반사율 측정 시스템에서의 클러터 처리기는, 데이터 전처리 과정(S210), 펄스 압축 과정(S220), RP 이미지에서 RP 이미지 생성 과정(S230), 해양 클러터 유효 영역 검출 과정(S240) 등을 수행한다.

[0034] 데이터 전처리 과정(S210)에서, 클러터 처리기는, 먼저, 레이더 수신기의 메모리에 수집되는 로(raw) 데이터 형태의 입력 해양 클러터 데이터를 전처리하여 클러터 처리기에서 처리될 수 있는 포맷의 데이터로 변환한다(S210). 입력 해양 클러터 데이터의 전처리 과정은 수동으로 처리되어 클러터 처리기에 입력될 수도 있다. 전처리된 데이터의 시간 순서에 따른 정보(시계열적 정보), 즉, 해양 클러터 데이터 x_t가 클러터 처리기로 실시간 입력될 수 있다. 여기서, 레이더 수신기에 의해 수집된 로(raw) 데이터는, 이진(binary) 데이터로 변환된다.

[0035] 펄스 압축 과정(S220)에서, 클러터 처리기는, 상기 변환된 이진 데이터를 정합 필터링(matched filtering) 방법으로 펄스 압축 데이터(pulse compressed data)로 변환한다(S220). 펄스 압축 데이터에는 누설 신호(leaked signals), 사각 지대 신호(blind spot signals), 유효 해양 클러터 영역 데이터(effective sea clutter region data) 및 노이즈 데이터가 포함된다. 이와 같은 펄스 압축 기술은 좁은 펄스의 높은 거리 분해능을 유지하고 넓은 펄스의 강력한 검출 기능을 얻을 수 있도록, RP 이미지 생성 과정(S230)에서 검출된 해양 클러터 유효 영역(800)(SCER)의 정보를 피드백 받아 그에 대응되는 펄스 압축 데이터의 유효 신호(PCES)가 처리되도록 할 수 있다.

[0036] RP 이미지 생성 과정(S230)에서, 클러터 처리기는 상기 펄스 압축 데이터를 도 1a와 같이 소정의 픽셀 사이즈(예, 416*416)의 RP(Range-Pulse) 이미지로 변환한다(S230).

[0037] 해양 클러터 유효 영역 검출 과정(S240)에서, 클러터 처리기는 회선 연산(Conv, 콘볼루션), 불필요한 특징이 필터에 의해 제거되도록 최적의 필터가 사용되고(max-pooling), 업샘플링(Upsample) 등을 통해 RP 이미지를 처리해, 예를 들어, YOLO 심층 신경망 모델을 통해 해양 클러터 유효 영역(800)(SCER)을 검출할 수 있다(S240). 해양 클러터 유효 영역 검출 과정(S240)을 수행하기 위하여, 클러터 처리기는 RP 이미지로부터 특징들을 추출하고, 심층 신경망의 다수의 콘볼루션 블록을 이용해 이전 블록의 특징들로부터 다음 블록에서 더 복잡한 특징들을 추정해 나간다. 해양 클러터 유효 영역(800)은 해양 클러터 반사율을 검출하기 위하여 사용된다.

[0038] 이후, 클러터 처리기는 해양 클러터 유효 영역(800)에 대한 소정의 픽셀 사이즈(예, 416*416)로의 변환과 위와 같은 방법으로 펄스 압축 데이터를 생성하여, 클러터 크기 등 특성을 예측하고 클러터를 제거해 타겟 물체를 검출할 수 있다.

[0039] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 해양 클러터 반사율 측정 시스템에서의 클러터 처리기가 수행하는 SFM(Structure from Motion) 해양 클러터 모델을 이용한 심층 신경망의 학습 과정을 설명하기 위한 도면이다.

[0040] 본 발명의 클러터 처리기(300)는, 입력 파라미터들을 수신하는 입력층(310), 심층신경망 학습을 통해 해양 클러터 반사율을 추정하기 위한 학습 파라미터들을 업데이트하기 위한 은닉층(320), 해양 클러터 반사율을 출력하는 출력층(330)을 포함하는, 심층 신경망 학습을 위한 SFM 해양 클러터 모델을 이용한다.

[0041] 입력층(310)은 미리 주어지는 입력 파라미터들로서, 레이더 신호의 주파수를 포함하는 레이더 파라미터, 레이더 신호의 반사파를 수신하는 동안의 해수 상태 정보(예, 파도 높이, 파도 방향, 풍속, 바람 방향, 파도 주기, 최대 파도 높이, 최대 파도 주기 등)를 포함하는 해양 환경 파라미터, 그레이징 각도 등을 수신한다.

[0042] 은닉층(320)은, RP 이미지로부터 해양 클러터 유효 영역(800)을 검출하고 이를 통해 해양 클러터 반사율을 검출하기 위한 해양 클러터 특징들을 추출하되 이전 콘볼루션 블록의 특징들로부터 다음 콘볼루션 블록에서 더 복잡

한 특징들을 추정해 나가도록 접속 노드들을 통해 접속되어 완전히 연동하며(fully connected), 심층 신경망 학습을 위한 다수의 콘볼루션 블록에서의 콘볼루션 연산 처리를 수행한다. 각각의 콘볼루션 블록은 상기 입력 파라미터들에 대한 반복 과정을 통해, 해양 클러터 반사율에 대한 예측 결과의 에러를 줄이도록, 해양 클러터 유효 영역(800)과 그에 대한 해양 클러터 반사율을 검출하기 위한 소정의 학습 모델 함수(H)(예, 비선형 함수)에 포함된 학습 파라미터들을 업데이트한다. 타겟으로부터 반사되는 레이더 전자기파 신호로부터, 훈련된 클러터 처리기가 위와 같이 해양 클러터를 예측하기 위하여 MSE(Mean Square Error, 평균제곱오차)를 줄여나가기 위하여 해양 클러터의 동적 특성의 변화의 학습량을 늘려 나가야 한다.

[0043] 이와 같은 학습을 통하여, 클러터 처리기(300)는, 도 1a와 같이, 레인지 셀에 따라 RP 이미지에서의 누설 영역(10), 사각 지대 영역(20), 전자기파 산란 영역(30)을 정확하게 구분하게 된다.

[0044] 또한, 클러터 처리기(300)는, 도 1a와 같이 RP 이미지에서 레이더 신호의 그레이징 각도에 의해 해수면 상의 전자기파 산란 영역(30)에 대응되는 복수의 레인지 셀들(도 1a의 예에서 50~450)을 구분하고, 신호 대 잡음비가 10dB 이상이고 타겟 또는 코채널 간섭이 없는, 레인지 셀의 영역을 해양 클러터 유효 영역(800)으로 검출할 수 있다. 클러터 처리기(300)는, 해양 클러터 유효 영역(800)에 대하여 학습 모델에 따라 해당 해양 클러터 반사율을 계산할 수 있다.

[0045] 해양 클러터 반사율(레이더 반사율)은, 타겟이 레이더 전자기파 에너지를 차단 또는 회귀시키는 효율의 척도를 나타낸다. 해양 클러터 반사율은 타겟의 크기, 모양, 측면, 전기 전도도 및 유전적 특성 등에 따라 달라질 수 있다. 또한, 해양 클러터 반사율은 레이더 타겟에 의한 반사, 산란, 회절에 의해 영향을 받는다.

[0046] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 해양 클러터 반사율 측정 시스템에서의 클러터 처리기가 심층 신경망의 학습으로 계산한 해양 클러터 반사율을 실제의 해양 클러터 반사율과 비교한 그래프이다.

[0047] 도 4와 같이, UHF 대역 해안 기반 레이더에 의해 수집된 해양 클러터 데이터에 대하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 해양 클러터 반사율 측정 시스템에서의 클러터 처리기에서의 학습 결과가, 실제의 해양 클러터 반사율과 매우 잘 일치하는 것을 확인하였다. 또한, 본 발명에서는 UHF 대역 해안 기반 레이더에 의해 수집된 해양 클러터 데이터의 처리를 통해 초당 274 프레임 (FPS)의 처리 속도와 75.3 %의 반사율의 검출 정확도를 달성하였다.

[0048] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 해양 클러터 반사율 측정 시스템의 구현 방법의 일례를 설명하기 위한 도면이다.

[0049] 위와 같은 본 발명의 일 실시예에 따른 해양 클러터 처리를 위한 해양 클러터 반사율 측정 시스템은, 하드웨어, 소프트웨어, 또는 이들의 결합으로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 해양 클러터 반사율 측정 시스템은 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 정보(코드)를 판독할 수 있고 저장 매체에 정보(코드)를 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 해양 클러터 반사율 측정 시스템에서의 클러터 처리기는, 심층 신경망의 딥러닝에 기초한 SFM 해양 클러터 모델에 해양 클러터 레인지-펄스(RP, Range-Pulse) 이미지를 적용해, 복수의 컨볼루션 레이어를 통해 해양 클러터 유효 영역의 저급 및 고수준 특징들을 점차 추출하고 앵커 메커니즘을 통해

해양 클러터 유효 영역의 위치를 예측하며, 해양 클러터 반사와 관련된 해양 클러터 반사 정보를 획득할 수 있다. SFM(Structure from Motion) 해양 클러터 모델의 파라미터로서는 파도 높이, 파도 방향, 풍속, 바람 방향, 파도 주기, 최대 파도 높이, 최대 파도 주기, 그레이징 각도 등을 사용한다.

[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.

부호의 설명

[0054] 클러터 처리기(300)

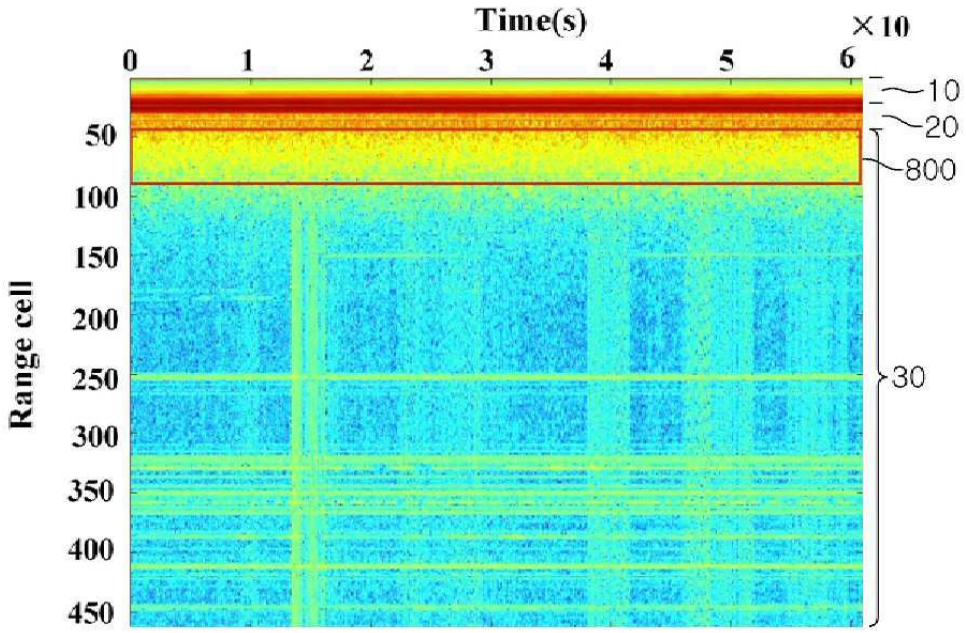
입력층(310)

은닉층(320)

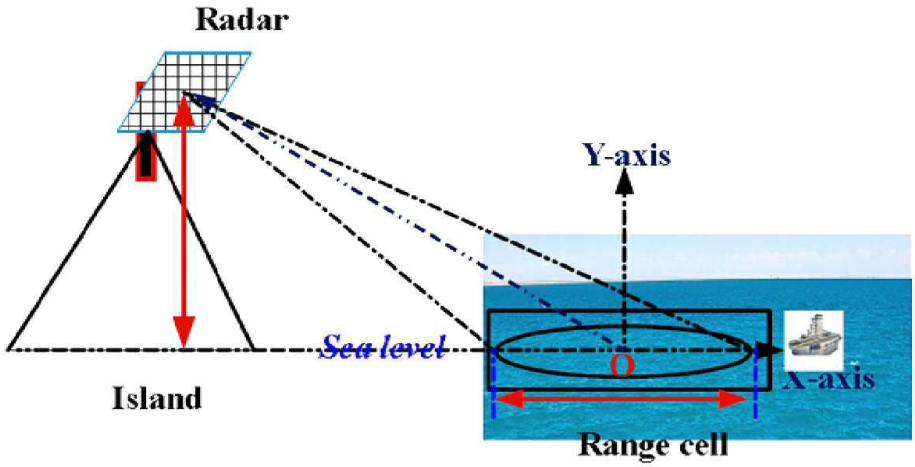
출력층(330)

도면

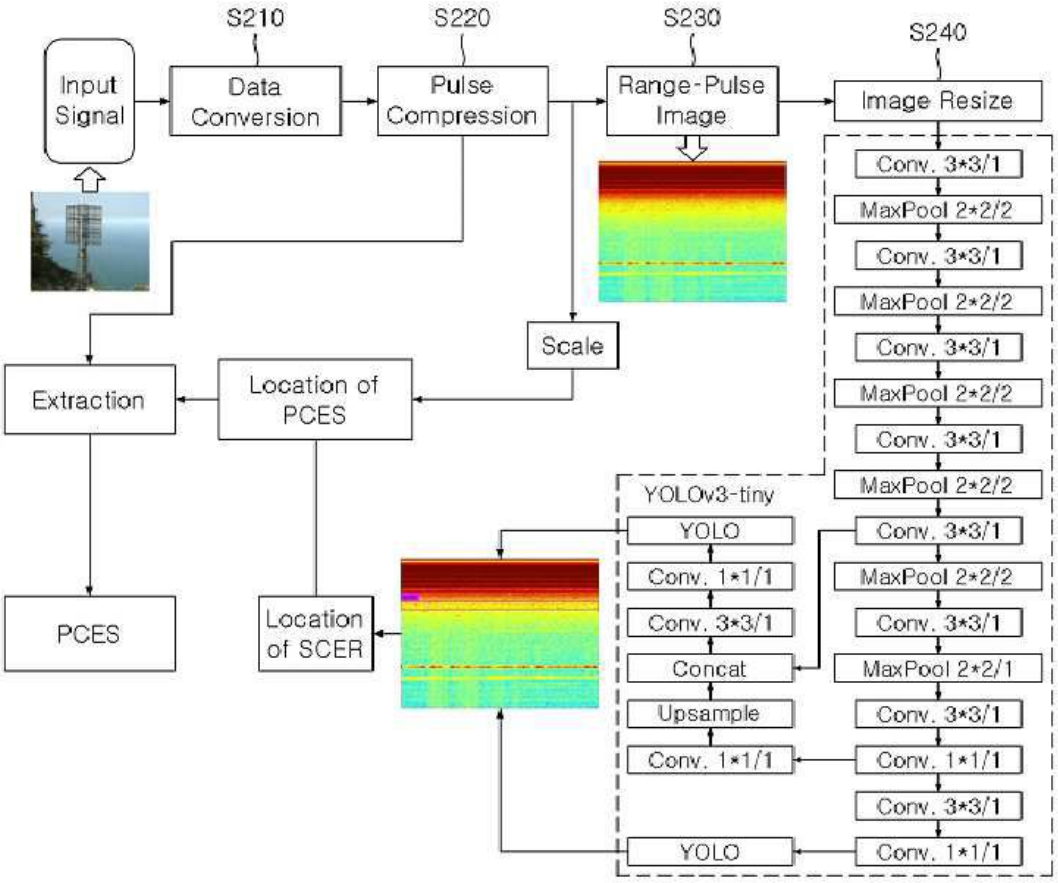
도면1a



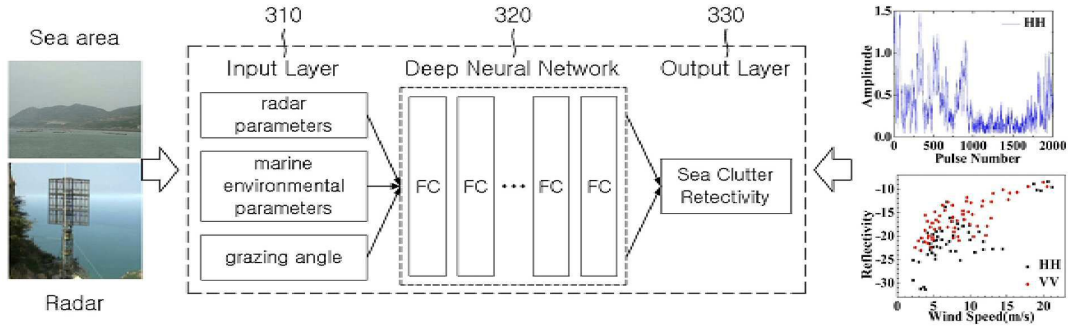
도면1b


Radar
Y-axis
Sea level
O
X-axis
Island
Range cell

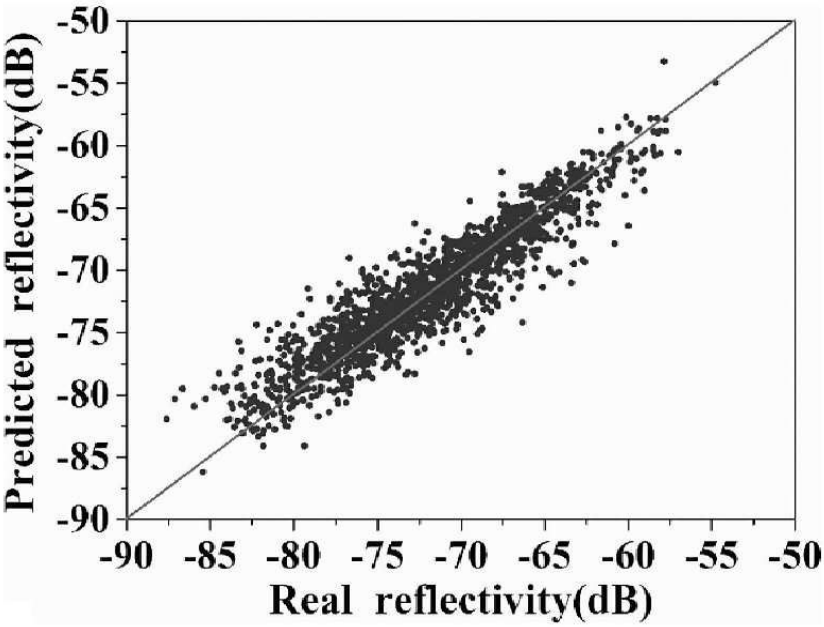
도면2


S210
S220
S230
S240
Input Signal
Data Conversion
Pulse Compression
Range-Pulse Image
Image Resize
Conv. 3*3/1
MaxPool 2*2/2
Conv. 3*3/1
MaxPool 2*2/2
Conv. 3*3/1
MaxPool 2*2/2
Conv. 3*3/1
MaxPool 2*2/2
Scale
Extraction
Location of PCES
YOLOv3-tiny
YOLO
Conv. 1*1/1
Conv. 3*3/1
Concat
Upsample
Conv. 1*1/1
YOLO
Conv. 3*3/1
MaxPool 2*2/2
Conv. 3*3/1
MaxPool 2*2/1
Conv. 3*3/1
Conv. 1*1/1
Conv. 3*3/1
Conv. 1*1/1
PCES
Location of SCER

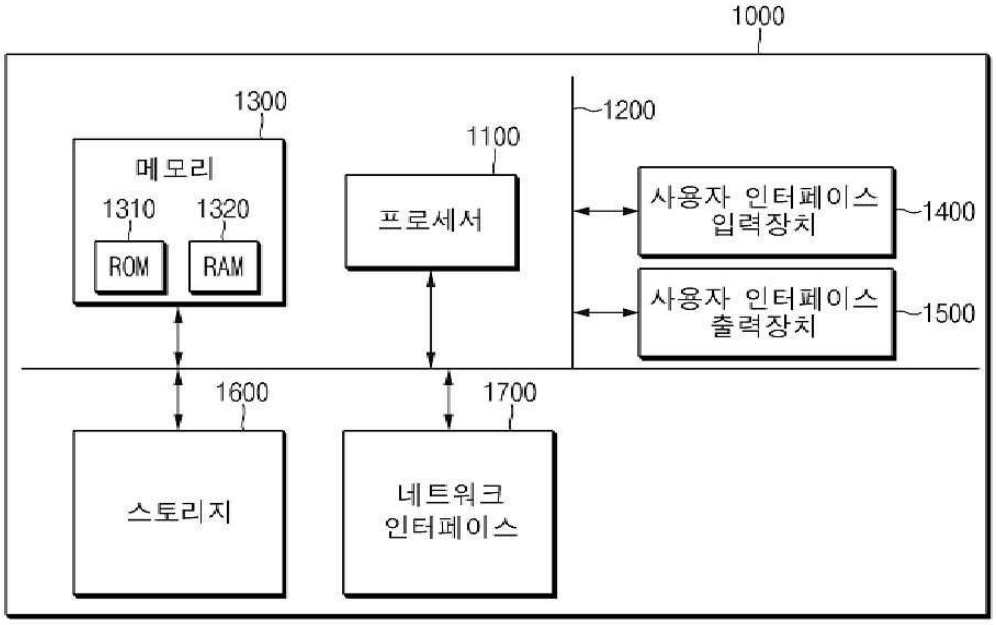
도면3


Sea area
Radar
310
320
330
Input Layer
Deep Neural Network
Output Layer
radar parameters
marine environmental parameters
grazing angle
FC
FC
FC
FC
Sea Clutter Retectivity
HH
Amplitude
Pulse Number
Reflectivity
HH
VV
Wind Speed(m/s)

도면4


Predicted reflectivity(dB)
Real reflectivity(dB)
-50
-55
-60
-65
-70
-75
-80
-85
-90

도면5


1000
1300
메모리
1310
1320
ROM
RAM
1100
프로세서
1200
사용자 인터페이스
입력장치
1400
사용자 인터페이스
출력장치
1500
1600
스토리지
1700
네트워크
인터페이스