



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년07월05일
(11) 등록번호 10-1046405
(24) 등록일자 2011년06월28일

(51) Int. Cl.
G01H 15/00 (2006.01) G01H 3/06 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-0099517
(22) 출원일자 2009년10월20일
심사청구일자 2009년10월20일
(65) 공개번호 10-2011-0042719
(43) 공개일자 2011년04월27일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020070105488 A
KR1020080031566 A
KR1020060029661 A

(73) 특허권자
한국해양연구원
경기 안산시 상록구 사동 1270번지
(72) 발명자
강돈혁
경기도 안산시 상록구 사1동 1314-8, 401호
이윤호
서울특별시 강남구 도곡1동 현대아파트 2동 1011호
김민석
경기도 화성시 석우동 예당마을 롯데캐슬아파트 143-1602
(74) 대리인
김동석, 윤의섭

전체 청구항 수 : 총 6 항

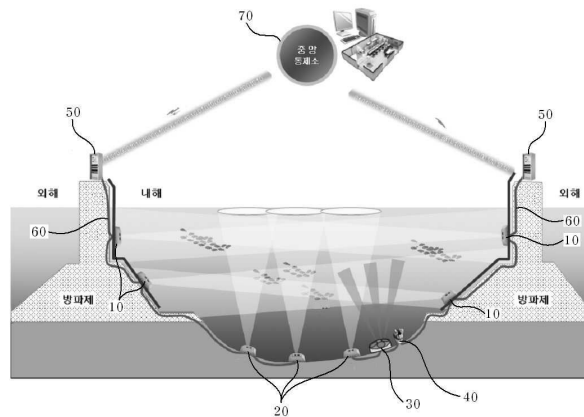
심사관 : 김도균

(54) 실시간 해양생물 유입 탐지 시스템 및 그 동작방법

(57) 요약

본 발명은 예측 불가능하게 연안으로 이동하는 해양 생물의 대량 유입을 보다 빠른 시간에 파악하기 위한, 실시간 해양생물 유입 탐지시스템 및 그 동작방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 연안에 운용 중인 원자력발전소, 화력발전소, 가스발전소 등 해수를 냉각수로 사용하는 발전소에서 해양생물의 다량 유입 등으로 인한 피해를 방지하기 위하여, 불규칙하게 대량 유입하는 해양 생물의 유입을 음향 탐지 기술을 통하여 실시간으로 해양생물 유입 상태를 알 수 있는 탐지 시스템 및 그 동작방법에 관한 것이다.

대표도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

해양생물 중에 따른 주파수의 음향신호를 발생시키고, 상기 발생된 음향신호가 상기 해양생물에 반사된 음향 특성 정보를 수신하여 저장하는 음향센서부;

해류 흐름 및 유입 생물 이동 속도를 관측하여, 관측된 정보를 저장하는 관측센서부;

음향 탐지 해역의 환경 정보를 측정하고, 측정된 정보를 저장하는 환경센서부;

상기 음향센서부, 관측센서부 및 환경센서부에 저장된 정보를 케이블망을 통하여 수신하고, 상기 음향센서부, 관측센서부 및 환경센서부에 전원공급 및 상기 센서부들의 상태를 모니터링하는 기지국;

상기 기지국이 수신한 정보를 네트워크 시스템을 통하여 전송받아서 자료처리 과정을 거쳐 생물체 유입 유무 및 유입량을 판단하는 중앙통제소;를 포함하고,

상기 기지국은 상기 케이블망을 통하여 수신된 정보를 상기 중앙통제소로 전송하는 자료전송서버를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 실시간 해양생물 유입 탐지 시스템.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 음향센서부는 해수면에 수평방향으로 음향신호를 발생시키는 다수의 수평형 음향센서와 수직 방향으로 음향신호를 발생시키는 다수의 수직형 음향센서를 포함하는 것을 특징으로 하는 실시간 해양생물 유입 탐지 시스템.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 환경센서부에서 측정되는 환경은 해수의 온도, 해수의 염분인 것을 특징으로 하는 실시간 해양생물 유입 탐지 시스템.

청구항 4

음향센서부에서 해양생물 중에 따른 주파수의 음향신호를 발생시키고, 상기 발생된 음향신호의 반사된 음향 특성 정보를 수신하여 저장하며, 관측센서부에서 해류 흐름 및 유입 생물 이동 속도를 관측하고, 관측된 정보를 저장하며, 환경센서부에서 음향 탐지 해역의 환경 정보를 측정하고, 측정된 정보를 저장하는 단계;

상기 음향센서부, 관측센서부 및 환경센서부에 저장된 정보를 기지국에서 케이블망을 통하여 수신하는 단계;

상기 기지국이 수신한 정보를 네트워크 시스템을 통하여 중앙통제소에서 전송받아 자료처리 과정을 거쳐 생물체 유입 유무 및 유입량을 판단하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 실시간 해양생물 유입 탐지 시스템 동작방법.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 음향센서부는 해수면에 수평방향으로 음향신호를 발생시키는 다수의 수평형 음향센서와 수직 방향으로 음향신호를 발생시키는 다수의 수직형 음향센서를 포함하는 것을 특징으로 하는 실시간 해양생물 유입 탐지 시스템 동작방법.

청구항 6

제 4항에 있어서,

상기 환경센서부에서 측정되는 환경은 해수의 온도, 해수의 염분인 것을 특징으로 하는 실시간 해양생물 유입 탐지 시스템 동작방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 예측 불가능하게 연안으로 이동하는 해양 생물의 대량 유입을 보다 빠른 시간에 파악하기 위하여 음향 시스템 구성을 통하여 실시간으로 탐지하는 실시간 해양생물 유입 탐지 시스템 및 그 동작방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 해양생물의 음향 탐지의 적용은 이미 1980년대에 이르러 기술적인 방법이 확립되어 경제적으로 중요한 종이나 생태계 측면에서 중요한 종에 대한 음향 조사는 해양에서 다양하게 이루어지고 있다. 해양에서의 음향 탐지 방법은 대부분의 경우 선박에 설치된 음향 센서를 이용하여 조사 선박이 이동하면서 이루어지고 있다. 1990년 후반 전자공학의 발달과 더불어 해양생물 탐사를 위한 음향 탐지 방법도 많은 발전이 있었다. 시스템의 경량화와 자료 전송의 대용량화 및 음향 센서의 정밀도 향상으로 전체적으로 음향 탐지 시스템이 소형화되면서 정밀도가 향상되었다.

[0003] 이러한 음향 시스템의 발전으로 인해 연근해 및 원양의 해양생물 탐사에 다양한 형태로 응용이 되었으나 모든 조사가 현장에서 선박을 통한 1회성 조사 및 일정 시간 간격을 두고 탐사하는 주기적인 조사에 한정되었다. 따라서 특정 지점에서 장기적이며 연속적인 해양생물 탐지를 위한 음향 탐사는 해양 선진국인 일부 국가에 의해서만 매우 제한적으로 시도되었다.

[0004] 우리나라의 경우에는 1990년대 초반부터 선박에 설치된 음향 센서를 이용하여 연근해 및 원양에서 해양생물 탐사를 하고 있으나 아직까지도 고정된 음향 시스템을 이용하여 연속적이며 장기적인 해양생물 탐지를 실시한 기술이 적용된 예가 없는 상태이다. 특히 연안의 국가기간산업 시설에 불규칙하게 대량 유입되는 해양생물에 대한 실시간, 연속적 탐지 기술은 전혀 응용한 사례가 없어 이에 대한 기술이 필요한 상황이다.

[0005] 최근 지구 온난화의 증가, 천적 생물의 감소, 연안 구조물의 증가 등으로 인해 급증하는 해파리는 연안으로 밀려들면서 많은 피해를 유발하고 있다. 특히, 연안에 건설되어 해수를 냉각수로 운영하고 있는 원자력발전소, 화력발전소, 가스발전소는 해파리 뿐만 아니라 새우, 멸치 등의 예측 불가능한 대량 유입(도 1)으로 인해 안정성이 최우선인 국가의 중요 기간산업 시설임에도 불구하고 발전 정지와 출력 저하 등 다양한 형태의 피해를 유발하고 있다. 국토해양부 2008년도 자료에 의하면 해파리 1종 만으로도 매년 580억 원의 유·무형의 피해를 유발하고 있으며, 이러한 직접적인 경제적 피해 이외에 국가 기간산업 시설의 안정적 운용에 대한 심리적인 피해도 큰 상황이다.

[0006] 일반적으로 해양생물의 분포나 이동 특성은 해양 자체에서는 생태계 구조 내에서 수용 가능한 범위를 가지고 있으나 이들 종이 특정 시기에 특정 연안에 대량으로 유입이 되면 해수를 활용하는 시설에는 산업 재해를 유발하는 기능을 한다. 따라서 산업 재해 유발 생물들이 연안의 특정 지역으로 대량으로 유입될 때 유입 생물의 제거를 위한 시스템 운용에 앞서 먼저 해양생물의 음향 탐지를 통한 유입 여부 판단 과정을 위한 음향 탐지 시스템의 구축 기술 확립이 시급하다. 해양에 존재하는 어류, 치어, 동물플랑크톤 심지어는 매우 작은 크기를 가진 식물 플랑크톤까지 대부분의 해양 생물은 사용 주파수의 적절한 선택에 따라 음향 신호를 반사하게 된다. 이러한 음향 신호의 반사 원리는 생물의 체내와 해수와의 밀도비 및 음속비에 의한 물리적 차이 때문으로 많은 연구 결과를 통해 대상 생물의 음향 반사를 일으키는 물리적 차이들이 파악되고 있다.

[0007] 해양 생물체 가운데 생태학적 측면 혹은 수산 자원학적 측면에서 중요 대상 종은 음향 조사를 통해 자원량 및 시·공간 분포를 파악하고 있다. 이때 필요한 음향 자료는 임의의 해수 체적 내의 생물체에 맞고 되돌아오는 수신음압 (time integral pressure squared of the Gated Volume, [tips]_{GV})과 개개 생물체의 평균 후방반사 강

도(target strength, TS)에 의한 반사 단면적 ($\langle \sigma_{bs} \rangle$) 이다.

수학식 1

$$TS = 10 \cdot \log_{10}[\sigma_{bs}]$$

수학식 2

$$[tips]_{GV} \approx \Psi_D(t_2 - t_1) c \frac{R_0^2 10^{-\alpha R/5}}{2R^2} n_b \langle \sigma_{bs} \rangle [tips]_0$$

여기서 Ψ_D 는 적분된 빔 패턴(integrated beam pattern)이고, $t_2 - t_1$ 는 적분 구간 시간차, c 는 해수 중에서의 음파의 속도, α 는 해수의 음파 흡수 계수, R 은 음향 센서와 생물체까지의 거리, n_b 는 탐지 생물체의 밀도, $\langle \sigma_{bs} \rangle$ 는 음향 반사 단면적을 의미한다.

주파수(f)에 대한 체적 후방 산란강도 계수 (volume backscattering coefficient, $sv(f)$)는 다음의 식으로 표시한다.

수학식 3

$$s_v(f) = n_b \langle \sigma_{bs} \rangle$$

따라서, 식 (1)에서 $sv(f)$ 는 다음의 식으로 정리할 수 있다.

수학식 4

$$s_v(f) \approx 2 \frac{[tips]_{GV} R^2 10^{\alpha R/5}}{\Psi_D [tips]_0 (t_2 - t_1) c R_0^2}$$

최종적으로 해수 체적에 대한 생물의 유입 강도를 나타내는 음향 적분치인 체적 후방산란강도 (volume backscattering strength, S_V)는 다음과 같이 계산한다.

수학식 5

$$S_V = 10 \cdot \log_{10}[(s_v)/(s_{v,ref})] dB$$

음향 시스템이 설치된 특정 지역의 탐지 영역에서 수신된 음향 신호의 합인 식 (4)는 최종 결과이며, 이 값과 식 (2)의 관계식으로부터 생물의 음향 반사 강도 값을 알게 되면 최종적으로 생물체의 밀도까지 추정이 가능하게 된다.

이러한 접근 방법은 일반적으로 선박에 설치된 어군탐지기에서 사용하는 방법과 차이가 없으나 본 기술에서는 측면 방향과 해수면 방향으로의 음향 시스템 설치 기술이 제안되었으므로 식 (4)는 동일하나 식 (2)에서 표현하는 생물체의 평균 음향 반사 함수 부분이 측면 혹은 해수면 방향에서의 함수로 표현된다.

한편, 해양생물의 대량 유입에 따른 이동 속도는 생물의 유입에 따른 제거 시스템과의 연동과 생물체의 양을 추정하는데 중요한 요소이다. 해양에서 생물체의 이동 속도는 생물체에 대한 음파의 도플러 효과를 이용하는데 이러한 속도 측정은 기존의 생물 채집 자료로는 파악할 수 없는 한계를 가지고 있다. 그러나 음향 자료의 활용은 해류의 측정 및 생물체의 이동 속도를 측정할 수 있는 장점이 있기에 현재까지는 주로 해류 유속의 자료로만 한정해서 사용하고 있는 실정이다.

유속 이외에 음향 자료 해석 및 생물 대량 유입 환경 자료로 활용하기 위하여 수온, 염분 측정기를 연동한 시

시스템 구성은 음향 자료에 비해 자료의 양이 크지 않으나 활용 가치는 크므로 통합적인 자료 양산이 중요하나 생물의 음향 탐지 자료와 연동된 환경 관측 센서 구축은 미비하여 이에 대한 구축이 필요하다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0021] 본 발명은 예측 불가능하게 연안에 대량 유입되는 해양 생물의 실시간 탐지를 위한 음향 시스템 구축에 대한 기술이다. 특히, 연안에 위치하여 해수를 냉각수로 활용하는 다양한 형태의 발전소 취수구에 대량 유입되는 해양 생물에 의한 피해를 최소화하기 위하여 실시간이며 연속적으로 생물 유입 탐지를 하기 위한 시스템 구성을 핵심 기술로 하였다. 예측 불가능하게 연안에 대량 유입되는 생물의 탐지를 위해 종래에는 표층의 시각적 탐지 혹은 잠수 다이버에 의한 일시적인 수중 탐지를 하였으므로 야간 혹은 수층 아래로 유입되는 생물체에 대한 연속적인 탐지가 불가능한 문제점이 있었다. 따라서, 본 발명을 통하여 이러한 제한적이며 한시적인 문제점을 해결하기 위하여 해수 유입 지점에 고정형 음향 시스템을 설치하여 음향 센서로부터 수신되는 음압의 세기로 생물 유입 시기와 강도를 탐지하고자 한다.

[0022] 제안하는 음향 탐지 시스템은 연안에 인접한 시스템이므로 유·무선망 구축이 가능하므로 모든 음향 자료는 실시간으로 연속적으로 육상 제어국까지 전송하여 자료 처리 과정을 통해 생물의 대량 유입을 탐지할 수 있다. 또한 유속 및 생물체 이동 속도와 수온, 염분 등 환경 자료는 해당 센서에서 관측한 후 실시간으로 전송망을 통해 육상 제어국의 자료 처리 과정으로 입력된다.

과제 해결수단

[0023] 본 발명에서는 해양생물 중에 따른 적합한 주파수의 음향신호를 발생시키고, 상기 발생된 음향신호가 상기 해양생물에 반사된 음향 특성 정보를 수신하여 저장하는 음향센서부, 해류 흐름 및 유입 생물 이동 속도를 관측하여, 관측된 정보를 저장하는 관측센서부, 음향 탐지 해역의 환경 정보를 측정하고, 측정된 정보를 저장하는 환경센서부와, 상기 센서부들에 저장된 정보를 케이블망을 통하여 수신하고, 상기 센서부들에 전원공급 및 상기 센서부들의 상태를 모니터링하는 기지국과, 기지국이 수신한 정보를 네트워크 시스템을 통하여 전송받아서 자료처리 과정을 거쳐 생물체 유입 유무를 판단하는 중앙통제소를 포함하고, 기지국은 케이블망을 통하여 수신된 정보를 중앙통제소로 전송하는 자료전송서버를 더 포함하는 실시간 해양생물 유입 탐지 시스템이 제공된다. 음향센서부는 해수면에 수평방향으로 음향신호를 발생시키는 다수의 수평형 음향센서와 수직 방향으로 음향신호를 발생시키는 다수의 수직형 음향센서를 포함하는 것이 바람직하고, 환경센서부에서 측정되는 환경은 해수의 온도, 해수의 염분 등의 해수 환경을 측정하여 해양생물이 해수에 다량으로 유입되는 환경 조건을 측정한다.

[0024] 한편, 본 발명에 따른 실시간 해양생물 유입 탐지 시스템의 동작방법은 음향센서부에서 해양생물 중에 따른 적절한 주파수의 음향신호를 발생시키고, 발생된 음향신호가 해양생물에 반사된 음향 특성 정보를 수신하여 저장하며, 관측센서부에서 해류 흐름 및 유입 생물 이동 속도를 관측하고, 관측된 정보를 저장하며, 환경센서부에서 음향 탐지 해역의 환경 정보를 측정하고, 측정된 정보를 저장하는 단계와, 상기 각 센서부들에 저장된 정보를 기지국에서 케이블망을 통하여 수신하는 단계 및, 기지국이 수신한 정보를 네트워크 시스템을 통하여 중앙통제소에서 전송받아 자료처리 과정을 거쳐 생물체 유입 유무를 판단하는 단계를 포함한다.

효과

[0025] 본 발명은 다수의 수평형, 수직형 음향 센서, 관측센서 및 환경 센서와, 기지국, 중앙 통제소 등으로 구성된 생물 음향 탐지 시스템으로 궁극적으로는 해양 생물의 음향 반사 강도와 체적 산란강도를 이용하여 생물의 대량 유입을 실시간으로 탐지하는 것이다. 이 방법은 종래에 사용하는 표층의 시각 탐지나 수중의 다이빙 방법이 가지는 불연속적이며 시간 제약적인 한정적인 생물 유입 탐지 방법의 문제점을 극복할 수 있다.

[0026] 생물 유입에 대해서 실시간, 연속적인 방법으로 탐지할 수 있으며, 음향 자료와 환경 자료의 결합으로 유입 환경을 파악할 수 있으며, 또한 음향 및 환경 자료의 DB화로 자료 축적이 가능하며 중앙 통제소에서 최종 처리된 자료는 육상 네트워크를 통해 어디서든 실시간으로 생물 유입을 모니터링 할 수 있는 효과를 제공한다.

[0027] 이러한 생물 유입의 음향 탐지망 구축은 산업적으로는 우리나라 연안에서 해수를 대량으로 사용하는 국가기간 산업 시설에 유입되는 해양생물 탐지 및 제거를 위한 시스템 구축에 직접적으로 활용이 가능하며, 또한 자연과 학 측면에서는 특정 지역에 존재하는 해양생물의 실시간 변동이나 장기 변동을 파악할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0028] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예에 대해 도면을 참조하여 설명한다.

[0029] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 해양 생물의 대량 유입 탐지 시스템의 구성을 나타낸 개략도이다. 시스템 구성은 해수면에 대하여 수평 방향의 다수의 수평형 음향센서(10), 수직 방향의 다수의 수직형 음향 센서(20), 해류 흐름 및 유입 생물 이동 속도를 관측하는 관측센서부(30), 음향 탐지 해역의 수온, 염분 등의 환경 자료를 측정하는 환경센서부(40), 음향 센서에 의해 수신된 음향 자료 저장, 관측 센서에 의한 관측자료 저장, 환경 센서에 의한 환경 자료 저장 및, 각 센서부들에 대한 전원 공급 및 각 센서부들의 센서 상태 모니터링 기능을 수행하며, 중앙통제소로 자료를 전송 할 수 있는 자료 전송 서버를 포함하는 기지국(50)으로 구성된다. 또한, 기지국에서는 수집된 음향 및 환경 자료 등은 네트워크 시스템에 의하여 중앙 통제소(70)로 전송한다. 상기 각 센서부들의 전원 공급 및 음향 및 환경 자료등은 케이블망(60)을 통하여 송수신하게 된다. 중앙 통제소(70)에서는 기지국을 통한 자료가 통합되어 자료 처리 과정을 거쳐 생물체 유입 유무를 최종 판단하게 된다.

[0030] 수평 및 수직 방향 음향 센서(10,20)는 각각 분할법 형태를 가진 복수의 주파수로 구성된다. 이 같은 이유는 대상 생물체의 종 분리를 위해서는 단일 주파수로는 불가능하여 최근에 대두되고 있는 주파수 분리법을 적용하기 위함이다. 즉, 복수의 음향 자료를 이용한 가상 에코그램을 생성하여 유입종을 분리해내는 주파수 분리법을 적용하기 위함이다. 식 (4)에서 계산되는 Sv 값은 복수의 주파수에 대해 동일한 생물체라 할지라도 각각 다른 값의 Sv 값을 산출한다. 식 (5)로부터 계산되는 ΔMVBS 값으로 대상 종을 분리해 내게 된다. 이때 분리된 ΔMVBS 값과 후방 반사강도 자료로부터 대상 생물의 밀도를 계산하게 된다.

수학식 6

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n S_{vij} - \sum_{k=1}^p \sum_{l=1}^q S_{vkl} = \Delta MVBS$$

Frequency 1 (m×n)	Frequency 2 (p×q)	ΔMVBS
$\begin{bmatrix} SV_{11} & SV_{12} & \dots & SV_{1n} \\ SV_{21} & SV_{22} & \dots & SV_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ SV_{m1} & SV_{m2} & \dots & SV_{mn} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} SV_{11} & SV_{12} & \dots & SV_{1q} \\ SV_{21} & SV_{22} & \dots & SV_{2q} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ SV_{p1} & SV_{p2} & \dots & SV_{pq} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} \Delta SV_{11} & \Delta SV_{12} & \dots & \Delta SV_{1n} \\ \Delta SV_{21} & \Delta SV_{22} & \dots & \Delta SV_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \Delta SV_{m1} & \dots & \dots & \Delta SV_{mn} \end{bmatrix}$

[0031]

[0032] 관측센서부(30)에서 보여주고 있는 유속 및 생물체 이동 속도는 도플러 유속계를 적용한다. 최근 소형의 도플러 유속계는 3차원 형태의 이동을 파악할 수 있으므로 시스템에 입력된 시간 간격으로 측정된 자료를 기지국(50)으로 전송할 수 있다.

[0033] 환경센서부(40)에서는 환경 자료인 수온, 염분 등 음향 자료 해석 및 생물 유입 환경 자료를 지정한 매 시간 간격으로 측정하여 기지국(50)으로 전송할 수 있다.

[0034] 기지국(50)은 무인으로 운영되는 소형 기지국으로 구성할 수 있으며, 수중 센서부에서 관측된 자료 통합, 수중 전원부의 접속 및 제어, 중앙 통제소로의 자료 전송 및 수중 센서부들의 상태 모니터링 기능을 수행할 수 있다. 기지국(50)에서 중앙통제소로의 자료 전송은 네트워크 시스템에 의하는데, 네트워크 시스템은 연안과 가까운 지점에서의 시스템 운영이고 또한 육상 전원을 이용할 수 있으므로 100 Mbps 급 이상의 유선 온라인망으로 구성하여 대용량의 음향 자료 전송이 가능하게 구성할 수 있다.

[0035] 케이블망(60)은 연안과 가까운 지점이므로 수중 센서부에 전원 공급, 음향 및 환경 자료 전송, 수중 센서 상태 점검을 위한 명령 전송의 기능을 하기 위해 육상으로부터 전원선 및 자료 전송선을 설치할 수 있다.

[0036] 중앙통제소(70)는 네트워크 망을 통해 수신되는 대용량 음향 자료 및 환경 자료를 통합, 저장하여 DB를 구성하

며, 저장된 자료를 음향 자료처리 알고리즘 (식 1, 5, 6)을 통해 생물 유입 유무를 판정한다. 또한 수중 센서의 이상 유무를 주기적으로 유선을 통하여 점검하는 제어 기능도 수행한다.

[0037] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 실시간 해양생물 유입 탐지 시스템 동작방법을 설명하는데 제공되는 흐름도이다.

[0038] S10단계는 각 센서부에서 각각의 정보를 감지하는 단계를 나타낸 것으로, 음향센서부(10, 20)에서는 해수면에 수평과 수직방향으로 해양 생물중에 따른 적절한 주파수의 음향신호를 발생시키고, 발생된 음향신호의 반사된 음향 특성 정보를 수신하여 저장하고, 관측센서부(30)에서 해류 흐름 및 유입 생물 이동 속도를 관측하며, 관측된 정보를 저장하고, 환경센서부(40)에서 음향 탐지 해역의 환경 정보 측정하여, 측정된 정보를 저장하는 단계를 나타낸다.

[0039] S20단계는 음향센서부(10,20), 관측센서부(30) 및 환경센서부(40)에 의해 감지된 정보를 기지국(50)에서 케이블망(60)을 통하여 수신하는 단계를 나타낸 것으로, 자료의 수집 단계를 나타낸다.

[0040] S30단계는 기지국(50)이 수신한 정보를 중앙통제소(70)에서 전송받아 자료처리 과정을 거쳐 생물체 유입 유무를 판단하는 단계를 나타낸다. S30단계에서는 해수면의 수평방향과 수직방향의 음향 정보 및 해류, 환경 정보 등을 분석하고, 수신된 정보를 융합하여 DB를 구축하고, 최종적으로 생물체 유입 여부를 판단하게 된다. 이때, 기존에 구축된 DB 자료인 주요한 해상 유입생물에 대한 주파수별 음향 반사강도 자료로부터 대상 생물의 종 판별 및 유입량 계산에 활용될 수 있다. S30단계에서 중앙통제소(70)에서 최종적으로 결정되는 사항은 생물 유입 여부와 생물량이 된다. 이때 생물 유입 여부는 각 수중 센서부(10,20,30,40)에서 출력되는 음향 자료 값으로부터 식 (1)과 (5)에 의해 계산되는 유입 생물의 Sv 값을 기준으로 결정하게 된다. 즉 Sv 값이 생물에 의한 음향 임계값을 넘어서면 생물 유입으로 판정하게 되고, 이때 식 (7)에 의해 시간에 따른 생물 변동량을 계산하여 유입량을 추정하게 된다.

수학식 7

[0041]
$$F = \rho \cdot v \cdot \cos\theta \cdot S$$

[0042] 식에서 ρ는생물 밀도 (kg/m3), v는 생물의 이동 속도 (m/s), θ는 음향 센서의 음파 발사 각도 (deg), S는 음향 시스템 설치 지역의 단면적 (m²), F는 시간에 따른 생물 변동량 (kg/s)이다.

- 실험예

[0044] 음향 센서에 의한 생물 유입 탐지 기술은 유입 생물의 음향 특성 파악이다. 유입 생물의 음향 특성을 파악하여 미리 DB화함으로써, 이를 이용하여 생물체 유입 여부 및 유입량을 결정할 수 있는 것이다. 이를 위하여 원자력 발전소와 같이 연안 국가산업시설에 불규칙하게 대량 유입되는 생물 중에 대한 음향 특성을 측정하였으며(1), 또 다른 선행 연구의 하나로 음향 센서를 이용한 연속 자료 수신으로부터 생물체 탐지 가능성을 검증하였다(2).

[0045] - (1) 해상 실험을 통한 유입 생물 중의 음향 특성의 예

[0046] 해상 실험을 통하여 대량 유입되는 생물 종인 해파리, 멸치에 대한 음향 특성을 파악하기 위하여 38, 120, 200, 420 kHz 주파수를 대상으로 2008, 2009년 하계 시기에 음향 특성을 측정하였다. 도 4는 대량 유입 해양 생물의 음향 특성 측정을 위한 실험 장치를 나타낸 개략도이다. 도 4에서 수평방향의 음향 센서(10)와 수직 방향의 음향센서(20)를 설치한 후 일정 수심에 연안에 대량 유입되는 생물인 해파리(22)를 대상으로 식 (1)과 (4)의 음향 자료를 연속적으로 측정하였다. 수중카메라(21)를 통하여 영상을 담았고, 무게추(24)로 해파리를 고정하였다. 측정된 음향 자료는 실시간으로 중앙통제소(70)와 유사한 기능을 수행하는 음향 자료 저장 및 처리기(23)로 유선 전송된 후 자료가 처리되어 시각적으로 표출된다.

[0047] 도 5는 해상 실험을 통한 대량 유입 해양 생물의 음향 특성 에코그램(a: 해파리 38 kHz, b: 해파리 120 kHz, c: 멸치 120 kHz)을 나타낸다. 도 5(a), (b)는 해파리의 경우를 나타낸 음향 탐지 신호로 음향 센서로부터 4 m

거리에서 수신된 신호 특성이다. 도 5 (c)는 멸치 어군 존재에 의한 음향 탐지 신호의 예이다. 생물 유입이 없는 음향 신호는 깨끗한 상태를 보이지만 멸치 떼가 유입되는 상태에서의 음향 신호는 강도 차이가 뚜렷하여 음향 자료 저장과 함께 멸치 떼 유입을 실시간으로 파악할 수 있음을 보여주고 있다.

[0048] 도 6은 보름달물해파리의 주파수별 음향 특성을 나타낸 그래프이다. 보름달물해파리는 원자력발전소 취수구 해역에 빈번하게 대량 유입되는 종이다. 각각의 주파수에 따라서, 후방 반사강도 값에 차이가 있음을 보여주고 있다.

[0049] 도 7은 음향 모델을 이용한 크릴새우의 음주파수별 음향 반사 특성을 나타낸 그래프이다. 크릴새우의 경우 크기가 작아 개체 음향 특성을 해파리나 멸치와 같이 측정하기가 매우 어렵다. 이러한 작은 음향 산란체의 경우에는 음향 모델을 이용하여 음향 반사 특성을 계산하여 사용하게 된다. 그림의 크릴 길이에 따른 주파수별 음향 반사 특성을 이용하여 크릴의 음향 탐지에 활용하게 된다. 이러한 음향 특성은 수평 방향과 수직 방향의 음향 센서로부터 수신된 음향 자료로부터 생물의 대량 유입을 실시간으로 신속히 파악할 수 있는 핵심 키로 활용할 수 있으며, 주파수 별 자료로부터 식 (6)에 의해 중 분리를 실시하고, 식 (7)에 의해 일정 해수 체적을 통과한 음향 자료로부터 이동량을 계산하게 된다.

[0050] - (2) 해상 실험을 통한 생물 유입의 음향 탐지 예

[0051] 현장 검증 실험을 통한 생물 유입의 음향 탐지 가능성을 파악하기 위하여 약 65 시간에 걸쳐 연속적으로 특정 연안에서 음향 신호를 수신하였다. 도 8은 생물이 탐지된 음향 신호의 예를 보여주고 있다. 이때 음향 자료는 본 발명에서 제안하는 방법 가운데 하나인 수평방향의 음향센서(10)로부터 반사된 값을 음향 시스템 제어 및 저장매체(11)로 수신하였다. 사용 주파수는 예비 실험으로 음향 탐지의 가능성을 보기 위하여 200 kHz 하나로 시스템을 구성하였다. 관측 기간 동안 내내 인위적인 모든 요소를 배제시키고 매 5초당 음파를 발사하여 디지털화된 음향 자료를 저장하였다. 65 시간의 연속 음향 관측 자료를 식 (5)를 이용하여 생물 유입에 따른 음향 강도의 합인 S_v 값으로 계산하여 생물의 탐지 유무를 계산하였다. 도 8의 에코그램으로부터 음향탐지 영역에 존재하는 신호로부터 생물이 존재함을 알 수 있다.

[0052] 도 9는 65시간 동안 연속적으로 수신한 음향 자료로부터 생물 탐지된 최종 결과이다. 연속 관측 결과에서 생물 신호를 의미하는 S_v 값을 -65 dB로 하였을 때 총 4회(그래프의 동그라미 친 부분)의 생물에 의한 음향 신호가 탐지되었으며, 이 가운데 2회(그래프의 첫번째, 두번째 동그라미)는 생물 존재 시간이 긴 것으로 탐지되었다. 이러한 음향 탐지 방법은 현재의 인력 중심으로 운용되고 있는 시각적인 방법/다이빙을 이용한 방법에서는 파악하기 불가능한 단점을 해결할 수 있는 연속적이며 장기적인 생물 음향 탐지 기술을 보여주고 있다.

[0053] 이상 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 본 발명은 상술한 특정의 실시예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변형실시가 가능하다. 또한, 첨부한 도면으로부터 용이하게 유추할 수 있는 사항은 상세한 설명에 기재되어 있지 않더라도 본 발명의 내용에 포함되는 것으로 보아야 할 것이며, 다양한 변형실시들은 본 발명의 기술적 사상이나 전망으로부터 개별적으로 이해되어서는 안 될 것이다.

도면의 간단한 설명

[0054] 도 1은 연안에 대량 유입되어 피해를 유발하는 주요 대상 생물인 (a)해파리, 새우류(b), 멸치(c), 대량의 해양 유입생물(d)을 나타낸 사진,

[0055] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 해양 생물의 대량 유입 탐지 시스템의 구성을 나타낸 개략도,

[0056] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 해양 생물의 대량 유입 탐지 시스템의 동작 방법을 설명하는데 제공되는 흐름도,

[0057] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 대량 유입 해양 생물의 음향 특성 측정을 위한 실험 장치를 나타낸 개략도,

[0058] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 해상 실험을 통한 대량 유입 해양 생물의 음향 특성 에코그램(a: 해파리 38 kHz, b: 해파리 120 kHz, c: 멸치 120 kHz),

[0059] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 보름달물해파리의 주파수별 음향 특성을 나타낸 그래프,

[0060] 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 음향 모델을 이용한 크릴새우의 음주파수별 음향 반사 특성을 나타낸 그래프

프,

[0061] 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 해양 생물의 대량 유입 탐지 시스템의 구성을 나타낸 개략도 및 음향 탐지된 생물 신호를 나타낸 그래프,

[0062] 도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 생물 음향 탐지의 검증을 위한 65 시간 동안의 연속 음향 그래프이다.

[0063] * 도면의 주요 부분에 대한 설명 *

[0064] 10 : 수평형 음향센서 20 : 수직형 음향센서

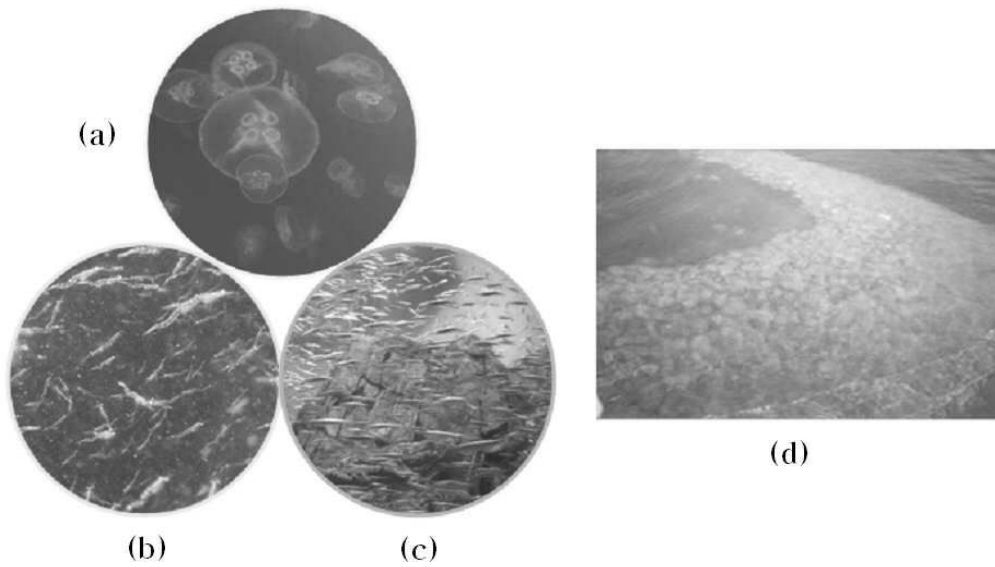
[0065] 30 : 관측센서 40 : 환경센서

[0066] 50 : 기지국 60 : 케이블망

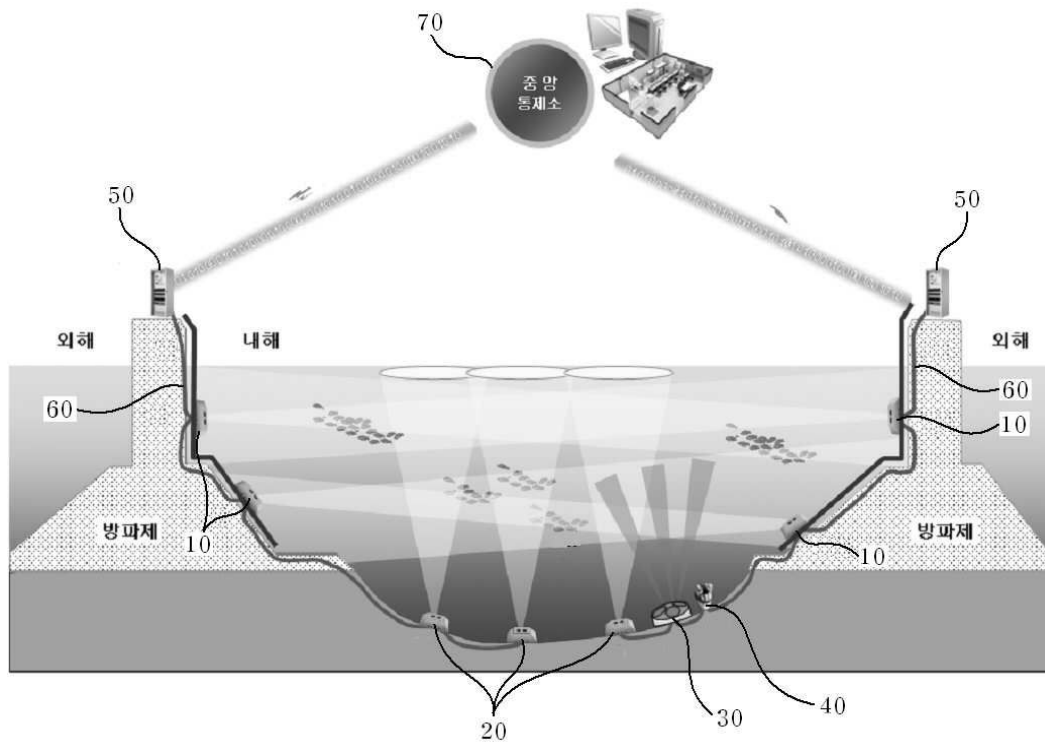
[0067] 70 : 중앙통제소

도면

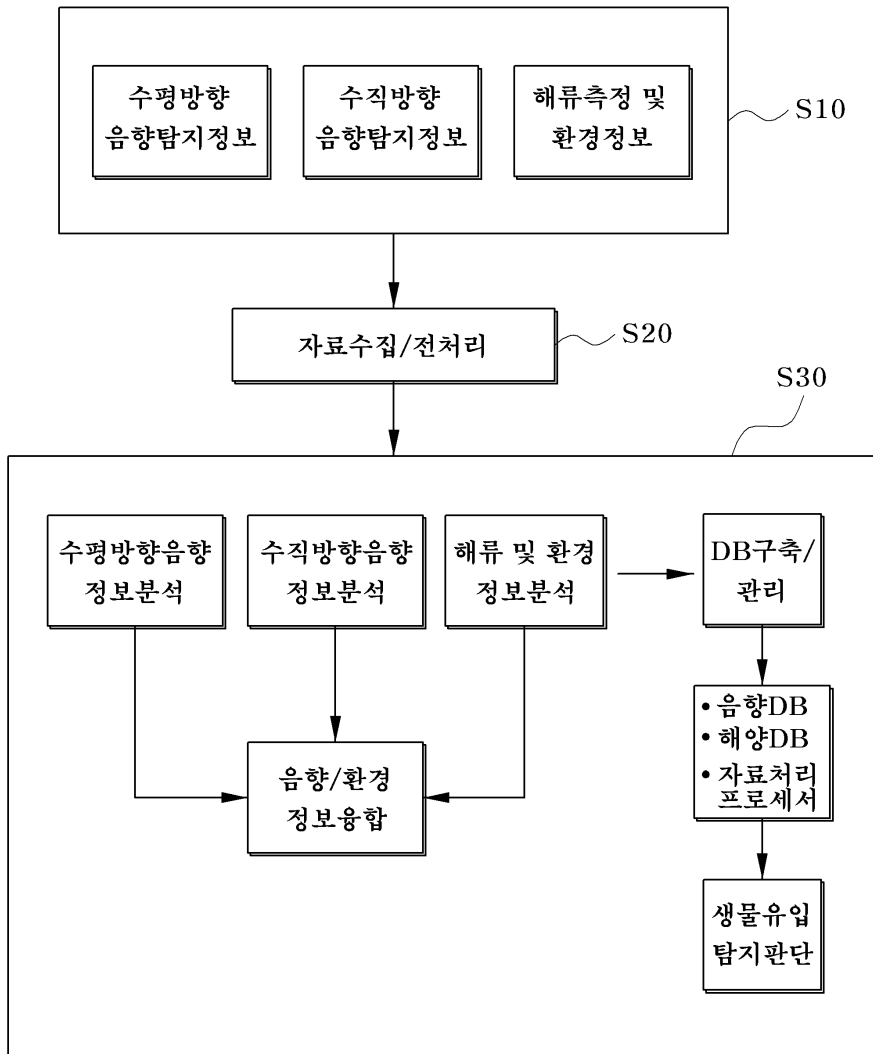
도면1



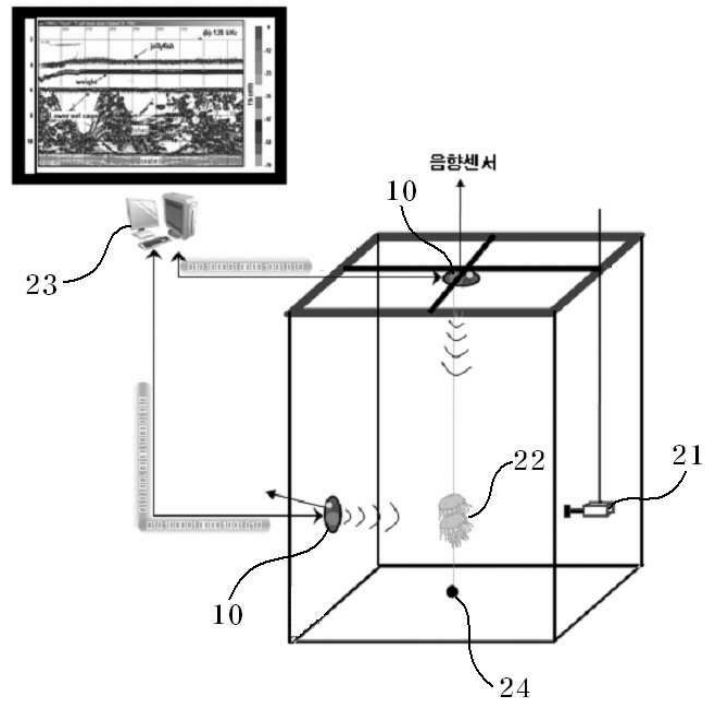
도면2



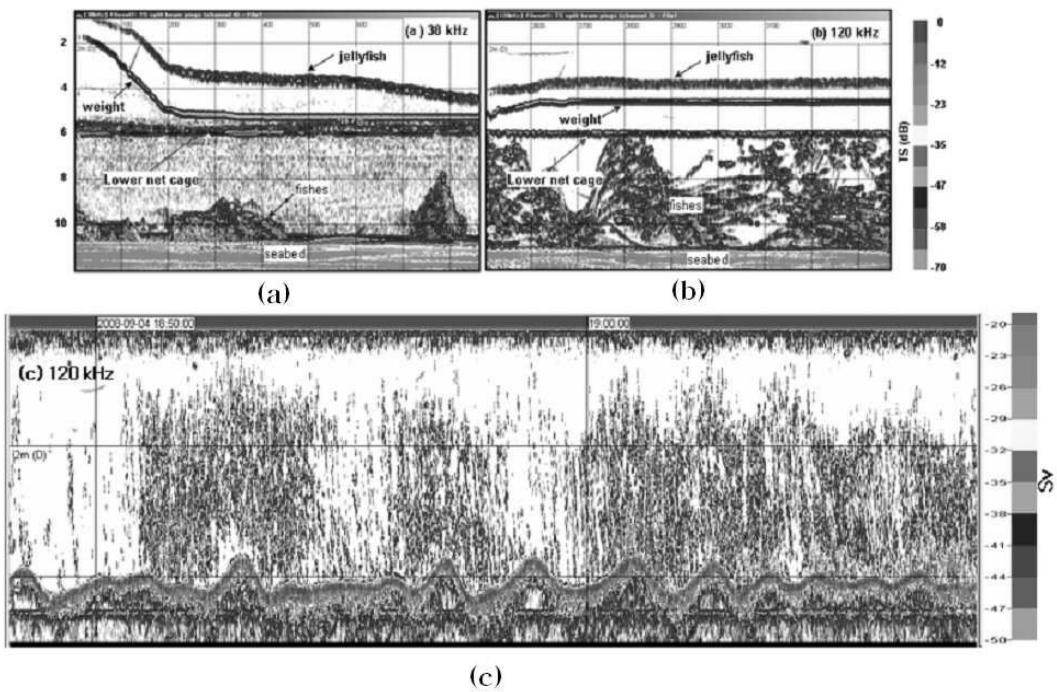
도면3



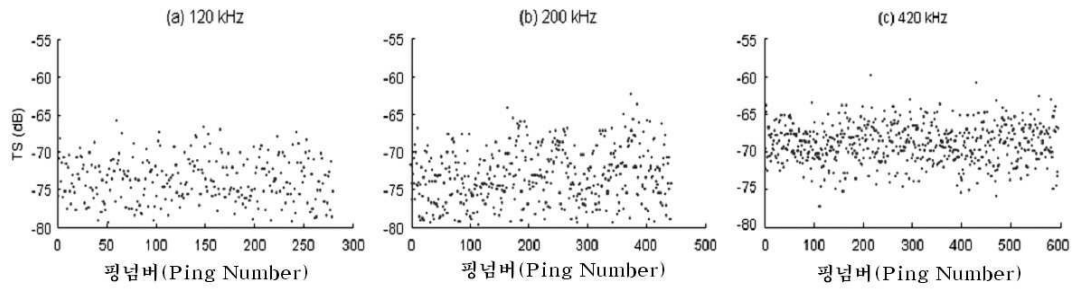
도면4



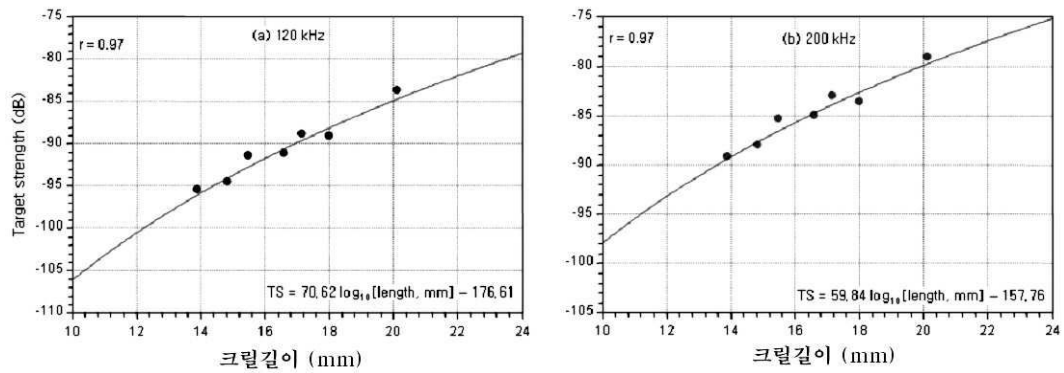
도면5



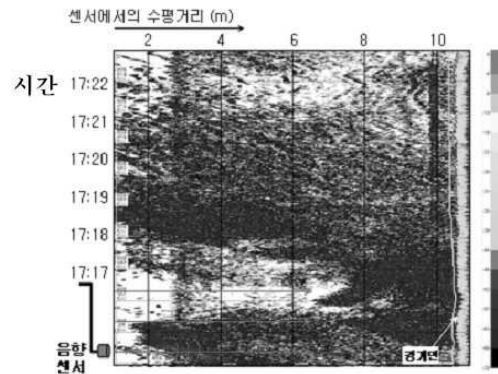
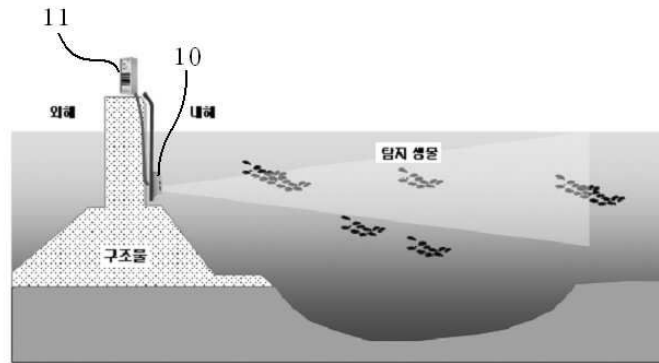
도면6



도면7



도면8



도면9

