



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년05월27일

(11) 등록번호 10-1523278

(24) 등록일자 2015년05월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*G01S 15/66* (2006.01) *G01S 3/80* (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2013-0129496  
 (22) 출원일자 2013년10월29일  
 심사청구일자 2013년10월29일  
 (65) 공개번호 10-2015-0049231  
 (43) 공개일자 2015년05월08일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR1020040036731 A  
 JP06093016 B2  
 JP11201811 A  
 KR1020030000681 A

(73) 특허권자  
**국방과학연구소**  
 대전광역시 유성구 북유성대로488번길 160 (수남동)  
 (72) 발명자  
**최상문**  
 경남 창원시 진해구 석동로 80, 409동 205호 (석동, 벚꽃그린주공아파트)  
**김완진**  
 부산 연제구 화지로 84, 203-605 (거제동, 유림아시아드타워)  
**이상국**  
 경남 창원시 성산구 창이대로881번길 8, 204동 402호 (대방동, 대동디지털황토아파트)  
 (74) 대리인  
**한양특허법인**

전체 청구항 수 : 총 8 항

심사관 : 임창연

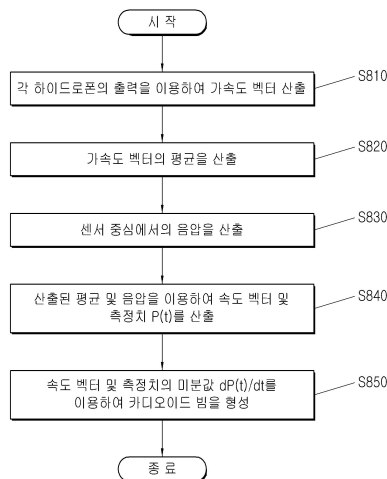
(54) 발명의 명칭 **다수의 무지향성 하이드로폰을 이용한 벡터 빔형성 방법**

**(57) 요약**

본 발명은 예인 소나 시스템의 센서 기술에 관한 것으로서, 더 상세하게는 가속도계를 가지지 않는 다수의 무지향성 하이드로폰만으로 구성된 센서에서 카디오이드 빔을 형성하는 벡터 빔 형성 방법에 대한 것이다.

본 발명에 따르면, 무지향성 하이드로폰만으로 센서가 구성된 경우에도 하이드로폰의 조합을 통해 속도 및/또는 가속도 벡터의 형성이 가능하도록 함으로써 가속도계를 포함하지 않는 벡터하이드로폰의 제작이 가능하다.

**대표도** - 도8



**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

다수의 무지향성 하이드로폰이 일정한 거리로 배열되는 소나 센서 시스템의 벡터 빔 형성 방법에 있어서,  
 상기 다수의 무지향성 하이드로폰의 각 출력을 이용하여 가속도 벡터를 산출하는 단계;  
 산출된 가속도 벡터를 이용하여 가속도 벡터 평균을 산출하는 단계;  
 상기 소나 센서 시스템의 중심에서 음압을 산출하는 단계;  
 산출된 가속도 벡터 평균 및 음압을 이용하여 속도 벡터 및 측정치를 산출하는 단계; 및  
 산출된 속도 벡터 및 측정치를 이용하여 벡터 빔을 형성하는 단계;  
 을 포함하는 것을 특징으로 하는 벡터 빔 형성 방법.

**청구항 2**

제 1 항에 있어서,  
 상기 소나 센서 시스템은 선배열 소나 시스템인 것을 특징으로 하는 벡터 빔 형성 방법.

**청구항 3**

제 1 항에 있어서,

상기 가속도 벡터는 수학식 
$$\rho \mathbf{a}_x = \frac{\partial \mathbf{P}}{\partial x} \approx \frac{(P_1 - P_2)}{d} \frac{(P_1 - P_3)}{d} \quad \rho \mathbf{a}_y = \frac{\partial \mathbf{P}}{\partial y} \approx \frac{(P_1 - P_4)}{d} \frac{(P_2 - P_3)}{d}$$
 (여기서,  $\rho \mathbf{a}_x$ 는 X축의 가속도 벡터를,  $\rho \mathbf{a}_y$ 는 Y축의 가속도 벡터를 나타내며, P1,P2,P3,P4는 무지향성 하이드로폰의 각 출력을 나타내며, d는 무지향성 하이드로폰간의 거리를 나타낸다)으로 정의되며,

상기 속도 벡터는 수학식 
$$\mathbf{v}_x(t) = \int \mathbf{a}_x(t) dt = \frac{1}{\rho} \int \frac{\partial \mathbf{P}(t)}{\partial x} dt, \quad \mathbf{v}_y(t) = \int \mathbf{a}_y(t) dt = \frac{1}{\rho} \int \frac{\partial \mathbf{P}(t)}{\partial y} dt$$
 으로 정의되는 것을 특징으로 하는 벡터 빔 형성 방법.

**청구항 4**

제 3 항에 있어서,

파수(wave number)  $k$ 와  $d$ 의 곱인  $kd$ 는 0보다 크고 1보다 작은 것을 특징으로 하는 벡터 빔 형성 방법.

**청구항 5**

제 3 항에 있어서,

신호 대 잡음비를 향상시키는 상기 가속도 벡터 평균은 동일한 축상에서 얻어지는 가속도 벡터의 평균인 것을 특징으로 하는 벡터 빔 형성 방법.

**청구항 6**

제 5 항에 있어서,

$$\rho \mathbf{a}_x = \frac{\partial \mathbf{P}}{\partial \mathbf{x}} \approx \frac{1}{2} \left\{ \left[ \frac{(P_1 - P_2)}{d} \right] + \left[ \frac{(P_4 - P_3)}{d} \right] \right\}$$

$$\rho \mathbf{a}_y = \frac{\partial \mathbf{P}}{\partial \mathbf{y}} \approx \frac{1}{2} \left\{ \left[ \frac{(P_1 - P_4)}{d} \right] + \left[ \frac{(P_2 - P_3)}{d} \right] \right\}$$

상기 가속도 벡터 평균은 수학적 으로 정의되는 것을 특징으로 하는 벡터 빔 형성 방법.

**청구항 7**

제 4 항에 있어서,

$$P(t) = \frac{1}{4} (P_1 + P_2 + P_3 + P_4)$$

상기 음압은 수학적 에 의해 산출되는 것을 특징으로 하는 벡터 빔 형성 방법.

**청구항 8**

제 7 항에 있어서,

$$C_a(\psi) = E[|C_a(t)|^2]$$

상기 벡터 빔은 카디오이드 빔(Cardioid Beam)이며, 수학적

$C_a(t) = \frac{dP(t)}{dt} + c a_x(t) \sin \psi + c a_y(t) \cos \psi$  이며, c는 수중에서의 음속을,  $\mathbf{a}_x(t)$ 와  $\mathbf{a}_y(t)$ 는 각각 X축 방향과 Y축 방향에

$$C_v(\psi) = E[|C_v(t)|^2]$$

대한 가속도 벡터를 나타내며,  $\Psi$ 는 도래각을 나타낸다) 또는

$C_v(t) = P(t) + c v_x(t) \sin \psi + c v_y(t) \cos \psi$  이며,  $\mathbf{v}_x(t)$ 와  $\mathbf{v}_y(t)$ 는 각각  $\mathbf{a}_x(t)$ 와  $\mathbf{a}_y(t)$ 을 미분한 속도 벡터를 나타낸다)에 의해 산출되는 것을 특징으로 하는 벡터 빔 형성 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 예인 소나 시스템의 센서 기술에 관한 것으로서, 더 상세하게는 가속도계를 가지지 않는 다수의 무지향성 하이드로폰만으로 구성된 센서에서 카디오이드 빔을 형성하는 벡터 빔 형성 방법에 대한 것이다.

[0002] 특히, 본 발명은 무지향성 하이드로폰에서 측정된 음압 신호를 이용하여 기존의 벡터 하이드로폰에서 측정되는 가속도 벡터 또는 속도 벡터 및 압력 신호에 대응하는 성분을 구성하는 방법에 대한 것이다.

**배경 기술**

[0003] 선배열(Line Array) 소나는 예인 소나 시스템과 같이 다수의 무지향성 하이드로폰(Omni-Directional Hydrophone)으로 구성된다. 이를 사용하는 경우에 도 1과 같이 임의의 방향  $\theta$ 에서 평면파(Plane Wave) 신호가 수신된다고 가정하면, 도 2와 같이 선배열 소나의 구조적 특성상 장축상의 배열 기준점을 중심으로 빔이 대칭적으로 형성되어 좌/우 방위 구분이 되지 않는 문제점이 있었다.

[0004] 이러한 문제를 해결하기 위해 예인되는 선배열 소나의 칩로(Array Heading)를 변경시켜 허위 표적을 제거하는 방법이 사용되었으나, 칩로가 즉각적으로 변경되지 않으며 선배열 소나의 길이가 긴 경우에는 칩로 변경에 상당

한 시간이 소요되기 때문에 좌/우 방위 분리에 많은 시간이 소요되는 단점이 있었다.

[0005] 이러한 단점을 극복하기 위해 단일 선배열 대신 이중 선배열 소나(Parallel Twin Array) 삼중 배열 (Triplet Array)과 같은 다중 배열을 이용해 좌/우 방위분리 방법들이 연구되어 왔다.

[0006] 그러나, 선배열의 크기가 커져 운용이 어려워지는 문제가 있어 최근에는 벡터 하이드로폰(Vector Hydrophone, VH)을 이용하여 입사 신호의 방위를 추정하는 방법에 관한 방법들이 제시되고 있다.

[0007] 벡터 하이드로폰(Vector Hydrophone)은 다수의 가속도계(Accelerator)에서 출력되는 측정치를 이용하여 도 3과 같이 다이폴 빔(Dipole Beam)을 형성하고, 이를 무지향성 센서에서 측정되는 신호의 미분 결과와 더하여 도 4와 같이 카디오이드 빔을 형성함으로써 음원이 입사하는 방향, 즉 신호의 도래각 (Direction of Arrival)을 측정할 수 있다.

[0008] 가속도계의 출력을 이용하여 카디오이드 빔  $C_a(\psi)$ 을 형성하는 방법은 수학적 식 1과 같으며, 가속도계의 출력을 적분하여 구한 속도 벡터로 카디오이드 빔 (Cardioid Beam)  $C_v(\psi)$ 을 형성하는 방법은 수학적 식 2와 같다.

### 수학적 식 1

[0009] 
$$C_a(\psi) = E[|C_a(t)|^2]$$

[0010] 여기서, 
$$C_a(t) = \frac{dP(t)}{dt} + c a_x(t) \sin\psi + c a_y(t) \cos\psi$$
 이다.

### 수학적 식 2

[0011] 
$$C_v(\psi) = E[|C_v(t)|^2]$$

[0012] 여기서, 
$$C_v(t) = P(t) + c v_x(t) \sin\psi + c v_y(t) \cos\psi$$
 이다.

[0013] 참고로 수학적 식 1과 수학적 식 2에서  $c$ 는 수중에서의 음속을 나타낸다. 일반적인 벡터 하이드로폰의 경우 가속도계를 이용하여 X축 방향과 Y축 방향에 대한 가속도 벡터  $a_x(t)$ 와  $a_y(t)$ 의 측정이 가능하다.

[0014] 또한, 가속도 벡터를 시간에 대해 미분하여 속도 벡터  $v_x(t)$ 와  $v_y(t)$ 을 얻을 수 있으므로 이러한 벡터 정보에 무지향성 하이드로폰의 측정치  $P(t)$ 을 더하여 임의의 방향으로 입사하는 신호에 대해 카디오이드 빔을 형성할 수 있다.

[0015] 그리고  $C(\psi)$ 가 최대가 되는  $\psi$ 을 찾음으로써 도래각 추정이 가능하다. 그러나 센서가 가속도계를 포함하지 않고 무지향성 하이드로폰만으로 구성된 센서의 경우에는 가속도 벡터나 속도 벡터를 직접 측정할 수 없으므로 상기의 방법을 적용하기 어렵다는 문제점이 있었다.

### 선행기술문헌

#### 특허문헌

[0016] (특허문헌 0001) 1. 한국공개특허번호 제10-2002-0037965호

(특허문헌 0002) 2. 한국등록특허번호 제10-1131058호

**비특허문헌**

[0017] (비특허문헌 0001) 1. 임영섭외, "심장형 빔 패턴을 위한 다중모드 압전 구형 벡터센서 설계" 한국음향학회지 제32권 제1호 (2013년 1월) pp.32-42 1225-4428 KCI

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0018] 본 발명은 위 배경기술에 따른 문제점을 해소하기 위해 제안된 것으로서, 소나 운용의 편리성을 증대시키기 위해 다중 선배열 소나를 이용하지 않고 입사 신호의 방향 추정이 가능한 벡터하이드로폰으로 선배열 소나를 구성함에 있어서, 벡터하이드로폰이 가속도계를 포함하지 않고 무지향성 센서로만 구성되는 경우 입사 신호의 방향 측정을 할 수 없는 문제를 해소할 수 있는 다수의 무지향성 하이드로폰을 이용한 벡터 빔 형성 방법을 제공하는 데 그 목적이 있다.

**과제의 해결 수단**

[0019] 본 발명은 위에서 제시된 과제를 달성하기 위해 벡터하이드로폰이 가속도계를 포함하지 않고 무지향성 센서로만 구성되는 경우 입사 신호의 방향측정을 할 수 없는 문제를 해소할 수 있는 다수의 무지향성 하이드로폰을 이용한 벡터 빔 형성 방법을 제공한다.

[0020] 상기 벡터 빔 형성 방법은,

[0021] 다수의 무지향성 하이드로폰이 일정한 거리로 배열되는 소나 센서 시스템의 벡터 빔 형성 방법에 있어서,

[0022] 상기 다수의 무지향성 하이드로폰의 각 출력을 이용하여 가속도 벡터를 산출하는 단계;

[0023] 산출된 가속도 벡터를 이용하여 가속도 벡터 평균을 산출하는 단계;

[0024] 상기 소나 센서 시스템의 중심에서 음압을 산출하는 단계;

[0025] 산출된 가속도 벡터 평균 및 음압을 이용하여 속도 벡터 및 측정치를 산출하는 단계; 및

[0026] 산출된 속도 벡터 및 측정치를 이용하여 벡터 빔을 형성하는 단계;를 포함한다.

[0027] 이때, 상기 소나 센서 시스템은 선배열 소나 시스템인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0028] 또한, 상기 가속도 벡터는 수학적

$$\rho \mathbf{a}_x = \frac{\partial \mathbf{P}}{\partial \mathbf{x}} \approx \frac{(P_1 - P_2)}{d} \text{ or } \frac{(P_4 - P_3)}{d}, \rho \mathbf{a}_y = \frac{\partial \mathbf{P}}{\partial \mathbf{y}} \approx \frac{(P_1 - P_4)}{d} \text{ or } \frac{(P_2 - P_3)}{d}$$

(여기서,  $\rho \mathbf{a}_x$ 는 X축의 가속도 벡터를,

$\rho \mathbf{a}_y$ 는 Y축의 가속도 벡터를 나타내며, P1,P2,P3,P4는 무지향성 하이드로폰의 각 출력을 나타내며, d는 무지향성 하이드로폰간의 거리를 나타낸다)으로 정의되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0029] 또한, 상기 속도 벡터는 수학적 
$$\mathbf{v}_x(t) = \int \mathbf{a}_x(t) dt = \frac{1}{\rho} \int \frac{\partial \mathbf{P}(t)}{\partial \mathbf{x}} dt, \mathbf{v}_y(t) = \int \mathbf{a}_y(t) dt = \frac{1}{\rho} \int \frac{\partial \mathbf{P}(t)}{\partial \mathbf{y}} dt$$
 으로 정의되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0030] 이때, 파수(wave number)  $k$ 와  $d$ 의 곱인  $kd$ 가 1보다 매우 작은 것을 특징으로 할 수 있다.

[0031] 또한, 신호 대 잡음비를 향상시키는 상기 가속도 벡터 평균은 동일한 축상에서 얻어지는 가속도 벡터의 평균인 것을 특징으로 할 수 있다.

$$\rho_{\mathbf{a}_x} = \frac{\partial \mathbf{P}}{\partial \mathbf{x}} \approx \frac{1}{2} \left\{ \left[ \frac{(P_1 - P_2)}{d} \right] + \left[ \frac{(P_4 - P_3)}{d} \right] \right\}$$

$$\rho_{\mathbf{a}_y} = \frac{\partial \mathbf{P}}{\partial \mathbf{y}} \approx \frac{1}{2} \left\{ \left[ \frac{(P_1 - P_4)}{d} \right] + \left[ \frac{(P_2 - P_3)}{d} \right] \right\}$$

[0032] 또한, 상기 가속도 벡터 평균은 수학적 식으로 정의되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0033] 또한, 상기 음압은 수학적 식  $P(t) = \frac{1}{4} (P_1 + P_2 + P_3 + P_4)$ 에 의해 산출되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0034] 또한, 상기 벡터 빔은 카디오이드 빔(Cardioid Beam)이며, 수학적 식  $C_a(\psi) = E[|C_a(t)|^2]$  (여기서,  $C_a(t) = \frac{dP(t)}{dt} + c a_x(t) \sin \psi + c a_y(t) \cos \psi$ 이며,  $c$ 는 수중에서의 음속을,  $\mathbf{a}_x(t)$ 와  $\mathbf{a}_y(t)$ 는 각각 X축 방향과 Y축 방향에 대한 가속도 벡터를 나타내며,  $\Psi$ 는 도래각을 나타낸다) 또는  $C_v(\psi) = E[|C_v(t)|^2]$  (여기서,  $C_v(t) = P(t) + c v_x(t) \sin \psi + c v_y(t) \cos \psi$ 이며,  $v_x(t)$ 와  $v_y(t)$ 는 각각  $\mathbf{a}_x(t)$ 와  $\mathbf{a}_y(t)$ 를 미분한 속도를 나타낸다)에 의해 산출되는 것을 특징으로 할 수 있다.

**발명의 효과**

[0035] 본 발명에 따르면, 무지향성 하이드로폰만으로 센서가 구성된 경우에도 하이드로폰의 조합을 통해 속도 및/또는 가속도 벡터의 형성이 가능하도록 함으로써 가속도계를 포함하지 않는 벡터하이드로폰의 제작이 가능하다.

**도면의 간단한 설명**

[0036] 도 1은 일반적으로 선배열 센서에 임의의 방향에서 수신되는 신호를 나타내는 2차원 모델의 예이다.  
 도 2는 일반적으로 선배열 센서에서 좌/우 모호성이 발생하는 예를 나타내는 도면이다.  
 도 3은 일반적으로 임의의 방향에서 신호가 입사될 때 벡터 하이드로폰의 가속도계 출력을 이용하여 형성된 다이폴 빔의 예를 나타내는 도면이다.  
 도 4는 일반적으로 임의의 방향에서 신호가 입사될 때 벡터 하이드로폰에서 다이폴 빔과 무지향성 신호를 더하여 형성되는 카디오이드 빔의 예를 나타내는 도면이다.  
 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 무지향성 하이드로폰으로 구성된 링형 센서의 구조의 예를 나타내는 도면이다.  
 도 6 내지 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 링형 센서의 각 하이드로폰에 수신되는 신호를 나타내는 예이다.  
 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 다수의 무지향성 하이드로폰을 이용한 벡터 빔 형성 과정을 보여주는 흐름도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0037] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 구체적으로 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0038] 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용한다.

[0039] 제 1, 제 2등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

[0040] 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제 1 구성요소는 제 2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사

하게 제 2 구성요소도 제 1 구성요소로 명명될 수 있다. "및/또는" 이라는 용어는 다수의 관련된 기재된 항목들의 조합 또는 다수의 관련된 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.

[0041] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미가 있다.

[0042] 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않아야 한다.

[0043] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 일실시예에 따른 다수의 무지향성 하이드로폰을 이용한 벡터 빔 형성 방법을 상세하게 설명하기로 한다.

[0044] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 무지향성 하이드로폰으로 구성된 링형 센서의 구조의 예를 나타내는 도면이다. 도 5를 참조하면, 동일 평면상에 거리  $d$ 만큼 이격된 제 1 내지 제 4 무지향성 하이드로폰(510-1, 510-2, 510-3, 510-4)이 배치된 링형 센서의 경우를 예로 들어 설명한다. 여기서, 세로 거리(521)와 가로 거리(522)는  $d$ 로서 동일한 크기이다.

[0045] 물론, 이는 본 발명의 일실시예에 관한 설명의 편의를 도모하기 위한 것으로, 거리 및/또는 하이드로폰의 개수는 다양할 수 있다.

[0046] 단, 이 때 파수(Wave Number)  $k$ 와 하이드로폰(510-1 내지 510-4)간의 거리  $d$ 의 곱인  $kd$ 가 1보다 매우 작다고 가정한다. 임의의 방향에서 평면파 신호가 입사할 때 각 하이드로폰(510-1 내지 510-4)의 출력은 각각 P1, P2, P3, P4이며, 이 때 각 하이드로폰(510-1 내지 510-4)의 출력 P1 내지 P4는 가속도계의 출력 정보와는 달리 입사되는 신호의 방향성을 나타내지 않으며 도 6 내지 도 7에 도시된 예와 같이 음압의 크기만을 나타낸다.

[0047] 도 6 내지 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 링형 센서의 각 하이드로폰에 수신되는 신호를 나타내는 예이다. 도 6 내지 도 7을 참조하면, 가속도 벡터와 압력 기울기(Pressure Gradient)는 하기의 수학식 3과 같은 관계를 가지므로, P1 내지 P4를 이용하여 X축과 Y축의 가속도 벡터는 수학식 4와 같이 구할 수 있다.

**수학식 3**

[0048] 
$$-\Delta P = \rho \mathbf{a}$$

**수학식 4**

[0049] 
$$\rho \mathbf{a}_x = \frac{\partial P}{\partial x} \approx \frac{(P_1 - P_2)}{d} \text{ or } \frac{(P_4 - P_3)}{d}$$

$$\rho \mathbf{a}_y = \frac{\partial P}{\partial y} \approx \frac{(P_1 - P_4)}{d} \text{ or } \frac{(P_2 - P_3)}{d}$$

[0050] 이 때, 상기의 수학식 4에서 얻어지는 X축 또는 Y축의 가속도 벡터를 평균하고 하기의 수학식 5와 같이 평균하면 신호 대 잡음비를 향상시킬 수 있다.

**수학식 5**

[0051] 
$$\rho \mathbf{a}_x = \frac{\partial P}{\partial x} \approx \frac{1}{2} \left\{ \left[ \frac{(P_1 - P_2)}{d} \right] + \left[ \frac{(P_4 - P_3)}{d} \right] \right\}$$

$$\rho \mathbf{a}_y = \frac{\partial P}{\partial y} \approx \frac{1}{2} \left\{ \left[ \frac{(P_1 - P_4)}{d} \right] + \left[ \frac{(P_2 - P_3)}{d} \right] \right\}$$

[0052] 수학식 1에서 보는 바와 같이 카디오이드 빔을 구하기 위해서는 가속도 벡터 외에 제 1 내지 제 4 무지향성 하이드로폰(510-1, 510-2, 510-3, 510-4)이 배치된 링형 센서의 중심에서의 음압  $dP(t)/dt$ 가 필요하다.  $kd \ll 1$ 이라고 가정하였으므로  $P(t)$ 는 하기의 수학식 6과 같이 계산가능하며 수학식 6의 결과를 미분하여  $dP(t)/dt$ 를 얻을 수 있다.

**수학식 6**

$$P(t) = \frac{1}{4}(P_1 + P_2 + P_3 + P_4)$$

[0053]

[0054] 상기의 수학식 5 및 수학식 6은 각각 수학식 1의 가속도 벡터와 무지향성 압력신호  $dP(t)/dt$ 에 대응하며, 수학식 5 및 수학식 6을 각각 시간에 대해 적분하면 수학식 2의 속도 벡터와  $P(t)$ 에 대응하는 성분을 획득할 수 있다.

[0055] 따라서 본 발명의 일실시예를 따른 벡터 빔 형성 방법을 이용하면 4개의 무지향성 압력센서만을 이용하여 일반적인 벡터 하이드로폰과 동일한 결과를 획득할 수 있다.

[0056] 본 발명의 일실시예는 도 5에 도시된 바와 같이 센서가 배치된 경우에 한정되지 않으며, 다수의 센서를 이용하여 최소 2개 이상의 축을 형성할 수 있는 경우에도 모두 사용이 가능하다.

[0057] 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 다수의 무지향성 하이드로폰을 이용한 벡터 빔 형성 과정을 보여주는 흐름도이다. 도 8을 참조하여 벡터빔을 형성하는 과정을 이해하기 쉽게 설명하면 다음과 같다.

[0058] 다수의 무지향성 하이드로폰이 일정한 거리로 배열되는 소나 센서 시스템에서, 상기 다수의 무지향성 하이드로폰의 각 출력을 이용하여 가속도 벡터를 산출한다(단계 S810).

[0059] 가속도 벡터가 산출되면, 이러한 산출된 가속도 벡터를 이용하여 가속도 벡터 평균을 산출한다(단계 S820).

[0060] 이와 함께, 상기 소나 센서 시스템의 중심에서 음압을 산출한다(단계 S830).

[0061] 산출된 가속도 벡터 평균 및 음압을 이용하여 속도 벡터 및 측정치를 산출한다(단계 S840).

[0062] 최종적으로 산출된 속도 벡터 및 측정치를 이용하여 벡터 빔을 형성한다(단계 S850).

**부호의 설명**

[0063] 510-1 내지 510-4: 하이드로폰

521: 세로 거리

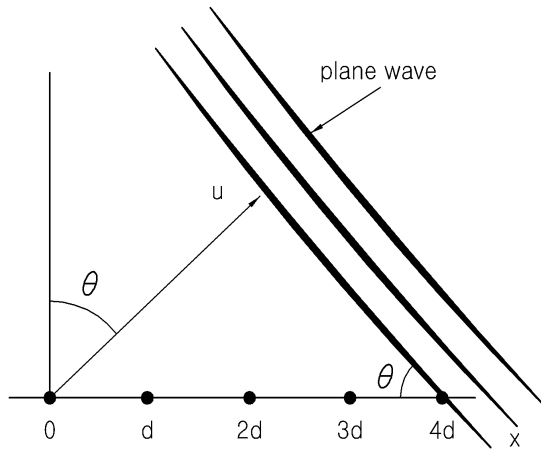
522: 가로 거리

P1, P2, P3, P4: 각 하이드로폰의 출력

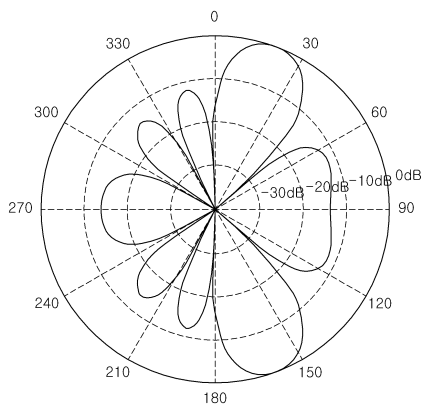


도면

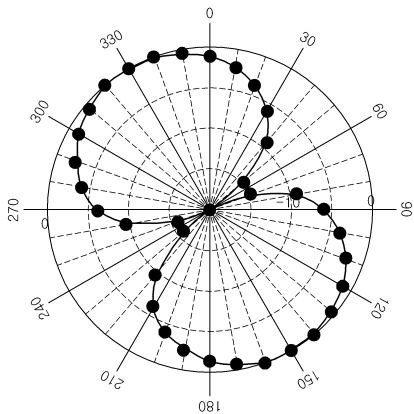
도면1



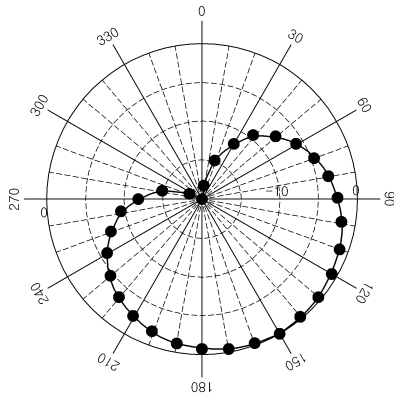
도면2



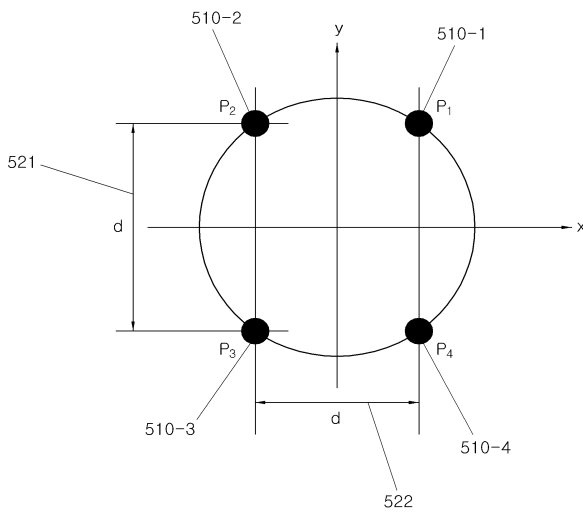
도면3



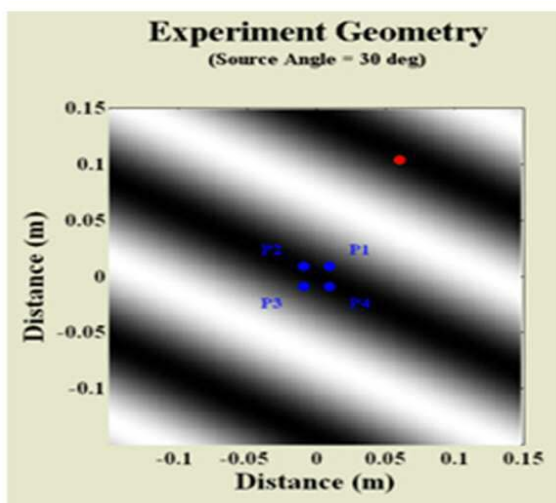
도면4



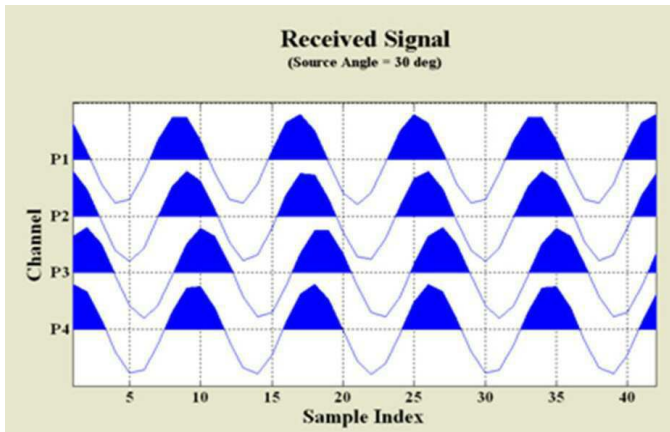
도면5



도면6



도면7



도면8

