

선 배열에서 표적체의 방위 모호성과 분해능 향상을 위한 신호처리 기법

Signal Processing for Improvement of Resolution and Direction Ambiguity of Source in Line Array

손 윤 준*, 천 승 용**, 김 기 만*
(Yoon-Jun Son*, Seung-Yong Chun**, Ki-Man Kim*)

* 한국해양대학교 전파공학과, ** 국방과학연구소
(접수일자: 2003년 4월 4일; 채택일자: 2003년 7월 23일)

선 배열을 이용한 빔 형성시 특정 지향 방향을 기준으로 반대 방향에 동일한 이득을 갖게 되어 수신단에서는 좌/우측 방위 구분에 있어 모호성을 갖는다. 이에 본 논문에서는 선 배열에 카디오이드 빔을 적용하여 좌/우측 방위 구분의 모호성을 해결하고, 아울리 어레이 합성 처리 기법을 사용하여 음원에 대한 공간적 데이터 수를 증가시키고 음원으로부터 얻은 정보를 코히어런트 합성 처리함으로써 배열 센서가 갖는 공간적인 분해능의 한계를 극복하였다. 시뮬레이션 결과에서는 좌/우측 방위 구분에 대한 성능을 어레이 합성 횟수에 따라 나타내었다.

핵심용어: 선 배열, 카디오이드 빔, 합성 처리 기법

투고분야: 수중음향 분야 (5.6)

Line array receiver contains an ambiguity on conjugate bearings, because of lacking aperture in transverse direction. To solve the left/right bearing ambiguity of line-array receiver we used line-array with cardioid beam. In addition, the synthetic aperture method adopts coherent processing of sub-aperture signals at successive time intervals in the beam domain. We presented performances about division of left/right bearing ambiguity according to array synthetic number of times in this paper.

Keywords: Line array, Cardioid beam, Synthesis aperture technique

ASK subject classification: Underwater acoustics (5,6)

I. 서론

수중 표적으로부터 발산하는 음파를 탐지하기 위해서 널리 사용되고 있는 방법 중에 하나가 견인 선 배열이다 [1]. 견인 선 배열은 함정탐재 소나가 자함의 소음에 의한 영향 등으로 수중 음원의 조기 탐지 식별이 효과적이지 못하는 것에 비해 자함의 소음 영향을 적게 받고 배열 이득, 즉 방위 별로 수신되는 음향 신호의 신호대 잡음비 (SNR)를 향상시켜 원거리 표적 탐지가 가능토록 설계된 것이다. 그러나 단일 선 배열인 경우에 배열 기준점을 중심으로 코니컬 (Conical) 대칭빔 패턴에 의해 방향 탐지

에 있어 좌/우 방향의 모호성을 가지며, 선 배열의 센서 수는 신호 대 잡음비를 높이는데 중요한 요소로 작용한다. 그러나 분해능을 높이기 위하여 선 배열의 길이를 증가시키게 되면 운용상 어레이 형상 왜곡과 같은 문제점을 나타낸다. 따라서 이러한 단일 선 배열의 문제점을 해결하기 위한 방안으로 최근에 다중 배열에 대한 연구와 카디오이드 빔 형성을 선 배열에 적용한 기법들이 사용되고 있다. 음원의 위치가 상대적으로 원거리에 있는 경우 제한된 길이를 갖는 해양에서 수직 방향 모호성은 무시할 수 있다. 따라서 원거리로부터 발산하는 극 저주파 신호의 도달 경로는 수평에 가까운 형태로 도달한다고 가정할 수 있어 평행한 이중 선 배열로 수평 방향의 모호성을 개선할 수 있다 [2]. 카디오이드 빔 형성 기법은 기본적으로 2개의 독립된 센서가 수평면상에 배열되면 적용 가능

책임저자: 김기만 (kimkim@hanara.kmaritime.ac.kr)
606-791 부산광역시 영도구 동삼동 1번지
한국해양대학교 전파공학과
(전화: 051-410-4423; 팩스: 051-404-3986)

하지만 전인 선 배열이 실제 운용 환경에서 축을 중심으로 회전될 가능성이 많기 때문에 이에 대한 보상으로 3개의 센서를 삼각형 형태로 배치하고 각 센서의 가중상수 값을 조정하는 방법인 Triplet Array로 빔을 형성한다. 이렇게 형성된 빔을 기존의 선 배열에 적용하면 좌/우 분리가 가능해진다.

수중 표적의 거리, 위치, 그리고 움직임 등을 알아내기 위해 사용되는 전인 어레이는 센서 채널 수를 증가시키기 위해 선 배열 길이를 증가시켜야 하는 물리적 문제점이 있다. 그러나 표적 분해능과 높은 신호 대 잡음비를 유지하기 위하여 물리적으로 선 배열의 길이를 증가시키는 것은 실질적으로 어려운 문제이다. 또한 긴 전인 선 배열은 실제 해양 환경에서 예인선의 운용상 문제와 잡음 등으로 인해 문제가 발생하게 된다. 이 문제를 해결하기 위해 연구된 선 배열 합성 처리 기법은 실제로는 한정된 길이를 갖는 선 배열에 입력된 신호를 합성, 가상의 어레이를 생성함으로써 실제 어레이 길이를 늘린 것과 동일한 효과를 갖도록 하는 것이다[3]. 이에 본 논문에서는 3중 배열 어레이에서 카디오이드 빔을 이용한 합성 처리 기법을 제안하였다. 즉 표적의 좌/우 분리를 위해 3중 배열

어레이를 사용하고, 분해능을 향상시키기 위하여 빔 영역에서 합성 처리하는 기법을 도입하였다. 시뮬레이션 결과 단일 배열 어레이에 비해 좌/우 분리와 분해능이 향상되었다.

II. 선 배열에서 좌/우 분리 빔 형성

선 배열에서 좌/우 신호를 분리하기 위해서는 기존의 선 배열 빔 형성 기법과 과장에 비해 센서간의 간격이 아주 작은 2개의 센서를 이용하여 한쪽 방향의 이득을 억제하기 위한 카디오이드 빔 형성 기법을 복합할 경우 가능해진다.

그림 1에서와 같이 선 배열 특성상 빔 형성은 좌/우 대칭인 빔 패턴을 갖게 된다. 따라서 선 배열에서 좌/우 구분을 위한 빔 형성 기법은 먼저 선 배열 빔 형성을 한 후 2개의 선 배열 빔 출력에 대해 카디오이드 빔 형성을 하면 좌/우 구분을 할 수 있는 빔 패턴을 얻을 수 있다. 이와 같이 얻어진 빔 패턴은 특정 방향에서 도달하는 신호일 경우에 가능하다. 그러나 실제 해양 환경에서는 지향성

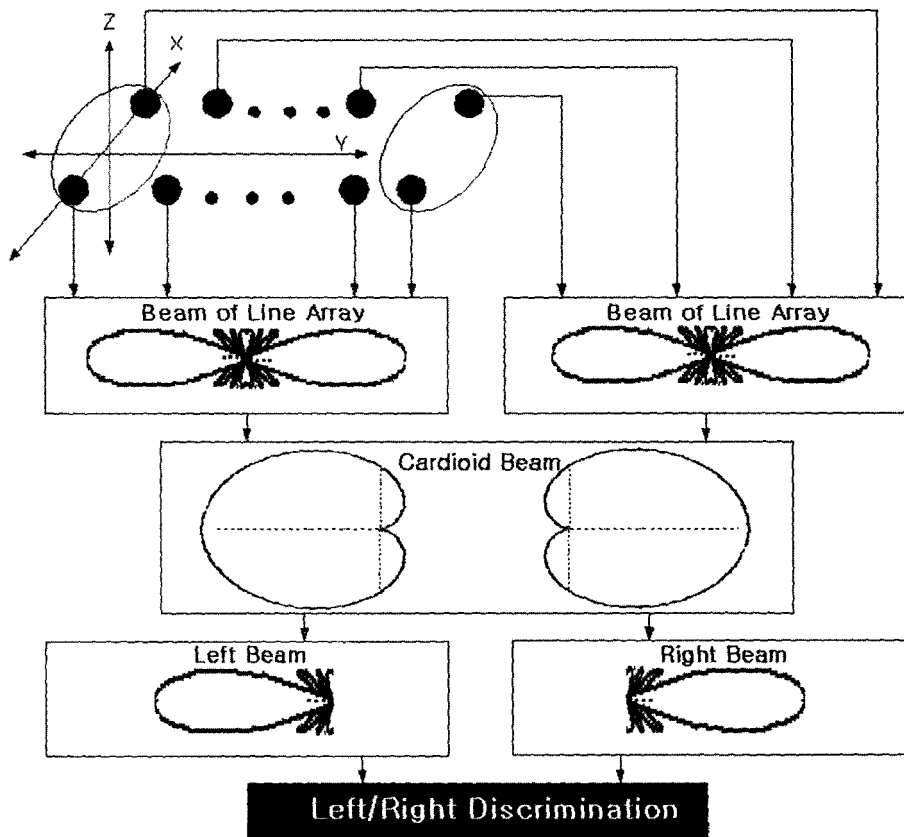


그림 1. 선 배열에서의 좌/우 빔 형성 기법
Fig. 1. Left/Right beamforming method for line array.

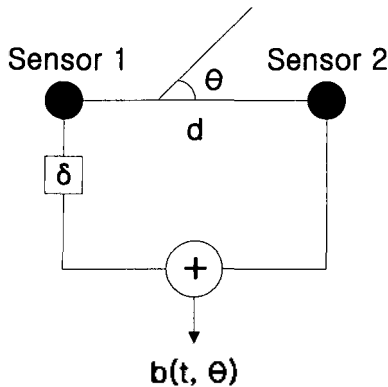


그림 2. 2개 센서를 이용한 카디오이드 빔 형성 원리
 Fig. 2. Principle of cardioid beamforming using 2-sensor.

을 가지는 신호뿐만 아니라 주변 소음도 있다. 그러므로 지향성 신호인 표적 신호를 원거리에서 탐지하기 위해서는 신호원을 분석하여 상대적으로 큰 신호인 협대역 토널 신호만을 추출하여 좌/우 신호를 비교함으로써 좌/우 신호 분리의 성능을 향상시킬 수 있다.

카디오이드 빔 형성은 그림 2와 같이 파장에 비해 간격이 작은 2개의 센서를 이용하여 센서 간격 d 와, 위상지연 δ 를 변화시킴에 따라 여러 가지 형태의 빔을 형성할 수 있다. 즉, 일정 간격 d 로 배열된 센서에 전달되는 음파 전달 위상지연은 관측 방향 θ 에 따라 $-kd$ 에서 kd 까지 발생하고, 위상지연 δ 는 2개 센서에 의해 발생하는 위상지연을 보상하여 얻고자 하는 빔 패턴을 형성할 수 있다. 여기서 k 는 파수($= 2\pi/\lambda$)를 나타낸다. 일반적으로 2개 센서를 이용하여 좌/우 분리를 위한 카디오이드 빔 형성 기법으로써 위상지연 δ 는 다음과 같이 주어진다[4].

$$\delta = kd\cos\theta + \pi \tag{1}$$

여기서 θ 는 방위각을 나타낸다. 식 (1)에서 위상지연 π 는 위상반전이므로 가중상수 -1 을 곱함으로써 같은 결과를 얻을 수 있다. 센서의 수신신호 출력을 $x(t)$ 라 할 때 그림 2에 식 (1)을 적용하면 카디오이드 빔의 관계식은 다음과 같이 주어진다.

$$b(t, \theta) = x(t) - x(t + kd\cos\theta + kd) \tag{2}$$

$x(t)$ 의 푸리에 변환을 $X(f)$ 라 할 때 위의 시간 영역에서 출력 식은 주파수 영역에서의 푸리에 변환과 선형성을 가지므로 아래와 같이 푸리에 변환에 의해 빔 출력을 구할 수 있다.

$$B(f, \theta) = X(f) - X(f) \cdot \exp\{j(kd\cos\theta + kd)\} \tag{3}$$

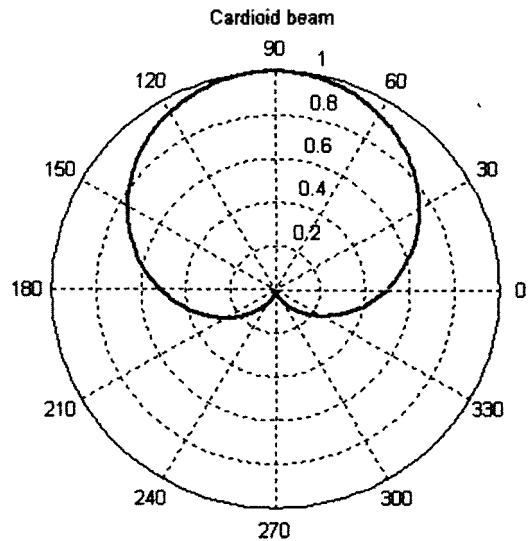


그림 3. 카디오이드 빔 패턴
 Fig. 3. Cardioid beampattern.

여기서 $kd\cos\theta$ 는 두 센서에 의해 발생하는 방위각 θ 에서의 위상지연을 나타내고, kd 는 카디오이드 빔 형성을 위한 위상지연을 나타낸다.

$$\begin{aligned} & \left| \frac{B(f, \theta)}{X(f)} \right| \\ &= \sqrt{\{1 - \cos(kd\cos\theta + kd)\}^2 + \{\sin(kd\cos\theta + kd)\}^2} \\ &= 2 \cdot |\sin\{1/2 \cdot (kd\cos\theta + kd)\}| \end{aligned} \tag{4}$$

식 (4)에서와 같이 관측방향 θ 가 0° 인 경우 빔 출력은 $2\sin(kd)$ 의 신호 크기를 가지지만, θ 가 180° 인 경우 빔 출력은 0이되어 좌/우 신호를 구분할 수 있다.

선 배열 소나에서 좌/우 신호를 구분하기 위해 카디오이드 빔 형성 기법을 적용할 경우 선 배열 예인시 선 배열 축과 직각으로 배열된 2개의 센서가 수평면상에 존재하지 않고 기울어질 수 있으므로 이에 대한 보상 기법이 필요하다. 이를 해결하기 위해 3개의 센서를 정삼각형 형태로 배치하고 센서의 기울어지는 각도에 따라 수직 평면상의 중간에 있는 센서를 기준으로 나머지 2개 센서의 가중상수 값을 조정함으로써 수평면상에 2개의 센서가 존재하도록 하여 카디오이드 빔을 형성할 수 있다[4]. 그림 3에서 센서의 기울어지는 각도 ϕ 는 삼각형의 내각인 최대 60° 가 되지만 30° 를 기준으로 할 때 대칭이 되므로 최대 기울어짐은 30° 가 된다. 또한 카디오이드 빔을 형성하는 3개의 센서의 가중상수 합은 0이 되어야 한다. 그림 3에서 좌빔의 경우 3개 센서의 가중상수 값 중 기준이 되는 W_2 는 1이 되고, 센서 기울기가 최소 0° 인 경우 W_1 은 0, W_3 은 -1 이 된다. 또한 최대 30° 인 경우 W_1 은 -0.5 , W_3

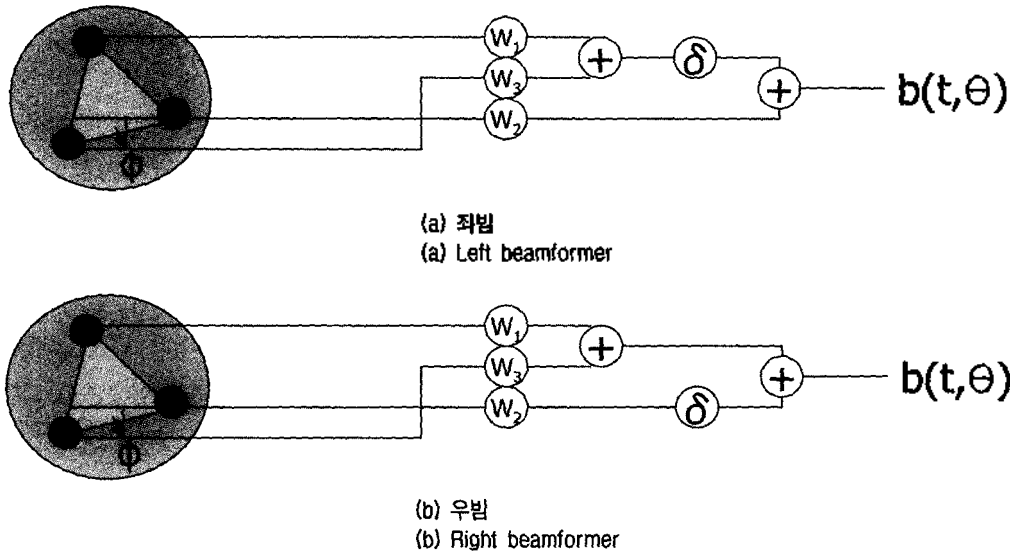


그림 4. 3개 센서를 이용한 카디오이드 빔 형성
Fig. 4. Cardioid beamformer using 3-sensor.

은: -0.5 가 된다[5]. 그림 4에서 δ 는 두 센서에 의해 발생 하는 방향각 θ 에서의 위상지연 즉, $kdcos\theta$ 의 값을 가진 다. 3개의 센서에 대한 각각의 가중 상수 값을 이용하여 카디오이드 빔 출력 식을 구하면 아래와 같이 정리할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 B(f, \theta) = & (-\sin \Phi) \cdot X(f) \cdot \exp(jkdcos\Phi \cos \theta + \\
 & -jkdcos30^\circ)(-1 + \sin \Phi) \cdot X(f) \cdot \exp(jkdcos(60^\circ \\
 & - \Phi) \cos \theta + jkdcos30^\circ) + X(f)
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

III. 제한된 길이의 선 배열 분해능 향상 기법

수신된 신호의 이득을 높이기 위해 상대적으로 짧은 선 배열을 가지고 제한된 방향으로 견인되고 있는 선 배열의 이동 특성을 이용하여 음원에 대한 공간적 데이터 수를 증가시키고 정보를 코히어런트 합성 처리함으로써 공간적인 분해능의 한계를 극복하게 된다. 이렇게 연속 적인 시간에 따라 수신된 신호들은 푸리에 변환을 통해 각각의 부 배열들을 주파수 영역에서 합성 처리하게 된다 [6-9].

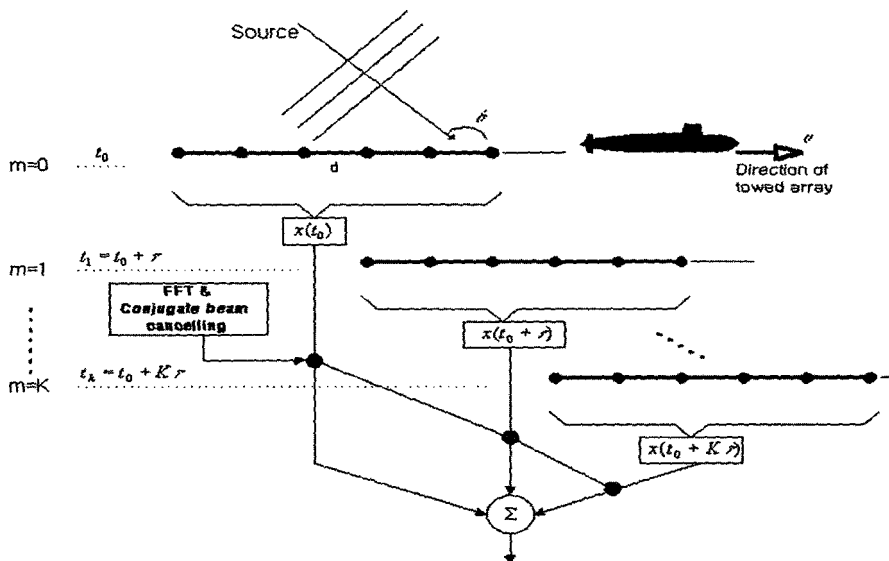


그림 5. 선 배열 합성 과정
Fig. 5. Synthetic aperture processing for line-array.

그림 5와 같이 θ 방향의 원거리로부터 신호를 수신하고 일정한 센서 간격 d 로 N 개 하이드로폰이 배열되어 있다고 가정하자. 방향 θ 는 함의 이동 방향으로부터 측정된 것이다. 신호는 증가분 Δt 만큼, 즉 $t_i = i \Delta t$ 로 샘플링된다. 여기서 $i = 1, 2, \dots, K$. k 는 각 센서에서 샘플링 데이터의 개수를 가리키며 선 배열로부터 수신된 신호는 아래 식 (7)과 같이 표현된다.

$$x_n(t_i) = A \exp[j2\pi f(t_i - \frac{b_n \sin \theta}{c})] + \epsilon_{n,i} \quad (7)$$

여기서 센서 수 $n = 1, 2, \dots, N$ 이고 A 는 신호의 세기를 나타낸다. $x_n(t_i)$ 는 t_i 번째 샘플링된 시간에서 선 배열의 n 번째 센서에 수신된 신호를 나타내고 있으며, b_n 은 n 번째 센서들의 위치를 나타내고 있다. 이렇게 수신된 신호는 이득을 높이기 위해 함의 움직임에 따라 변하는 배열의 위치 정보를 보상하여 가상의 어퍼처로 확장하게 된다. $\epsilon_{n,i}$ 는 각 어레이에서 분산이 σ_e^2 이고, 평균이 영인 가우시안 잡음 신호이다. 주파수 f 에 대한 각 어레이의 수신된 신호 $x_n(t_i)$ 의 푸리에 변환은 $X_n(f) = \sum_{i=1}^K x_n(t_i) \exp(-j2\pi f t_i)$ 이다. 이제 시각 t_0 에서의 선 배열 응답은 식 (8)과 같이 정리된다.

$$R(f, \theta)_0 = \sum_{n=1}^N X_n(f) \exp[j2\pi f \frac{b_n \sin \theta}{c}] \quad (8)$$

만약 f_0 가 고정된 음원의 주파수, v 를 견인함의 속도라고 한다면 수신 신호의 주파수는 $f = f_0(1 \pm v \sin \theta / c)$ 와 같다. 즉, τ 초가 지난 후에 데이터를 얻을 때, $v\tau = q\delta$ 을 만족하는 어레이의 위치에서 신호의 정보를 얻게 된다. 이 때 q 는 어레이가 움직인 만큼의 하이드로폰 수가 된다. 그리고 그 때 수신신호 $x_n(t_i + \tau)$ 는 식 (9)와 같다.

$$x_n(t_i + \tau) = \exp(j2\pi f_0 \tau) \cdot A \exp[j2\pi f_0 (t_i + \tau - \frac{v t_i + b_n \sin \theta}{c})] + \epsilon_{n,i}^* \quad (9)$$

식 (9)와 같이 τ 만큼 경과하여 수신된 신호의 푸리에 변환은 식 (10)과 같다

$$X_n^*(f) = \sum_{i=1}^K x_n(t_i + \tau) \exp[-j2\pi f (t_i + \tau)] \quad (10)$$

시각 t_i 를 기준으로 τ 만큼 경과 후 선 배열 응답은 식 (11)과 같다.

$$R(f, \theta)_{t_i + \tau} = \sum_{n=1}^N X_n^*(f) \exp[j2\pi f \frac{b_n \sin \theta}{c}] \quad (11)$$

식 (11)은 특정 시간 $t_i + \tau$ 에서 수신되는 신호의 합성된 빔 패턴 식을 나타내는데 속도 v 를 가진 견인함의 이동에 따른 위상정보를 나타내는 $\exp(-j2\pi f_0 \tau)$ 가 위상 보정을 위한 변수로 사용되면, 시간 정보 t_i 및 $t_i + \tau$ 에서 수신된 신호는 그때의 공간적 정보 $N + q$ 개의 센서를 포함한 선 배열로부터 얻어진 정보와 동일하게 되고, q 개의 가상의 센서들이 공간 영역으로 확장된다. 이는 견인함의 속도와 시간 샘플과 직접 관련된다. 만약 견인함의 속도가 2.5 knot이고, 8번을 합성처리하게 된다면 $v\tau = q\delta$ 에 의해서 수신 데이터는 매 12.5 sec마다 처리되고, 전체 신호 취득에 소요되는 시간은 100 sec가 되는 것이다.

IV. 시뮬레이션 및 결과 고찰

본 절에서는 앞 절에서 제안한 내용을 바탕으로 선 배열에 카디오이드 빔을 적용하여, 좌/우 분리된 신호의 값을 합성 기법을 사용하여 향상된 표적 분해 성능을 얻도록 하였다. 시뮬레이션의 기본적인 환경은 다음과 같다. 음원의 주파수는 100 Hz, 신호 대 잡음비는 -10 dB, 하이드로폰의 개수는 16개, 센서 사이의 간격은 반파장으로 했다. 즉, 카디오이드 빔 형성에 대한 환경은 3개의 센서를 한 그룹으로 총 16개의 그룹으로 되어 있다. 또한 그룹 내의 센서 사이의 거리는 40 mm, 그룹과 그룹간의 간격은 156 mm, 센서 그룹의 기울어짐을 30°로 하였다. 합성처리 기법의 기본 환경은 위와 동일하고, 견인함의 속도는 약 2.5 knot로 두었다.

그림 6은 표적을 30°로 두고 합성 처리를 하지 않은 경우의 좌/우 분리를 시도한 것이다. 그림의 가로축은 0° ~ 360°에 이르는 전 방향 스캐닝 각이며, 세로축은 출력의 값 [dB] 스케일로 나타낸 것이다. 그림 6(a)를 보면 일반적인 고정적 빔 형성기 (Conventional beamformer)에서는 실제 방향과 동일한 크기를 가지는 대칭 (Conjugate) 빔이 생성된다. 이에 본 논문에서 제안한 카디오이드 빔을 적용한 결과 그림 6(b)와 같이 대칭 방향인 330°에서 빔의 이득이 크게 감소되어서 좌/우 분리가 가능한 것을 확인할 수가 있다. 그림 7은 2회의 합성 처리를 한 경우로, 그림 6과 비교해서 부엽레벨이 약 20 dB 이상 감소하였고, 빔 폭 역시 약 4배 이상 좁아진 것을 볼 수가 있다.

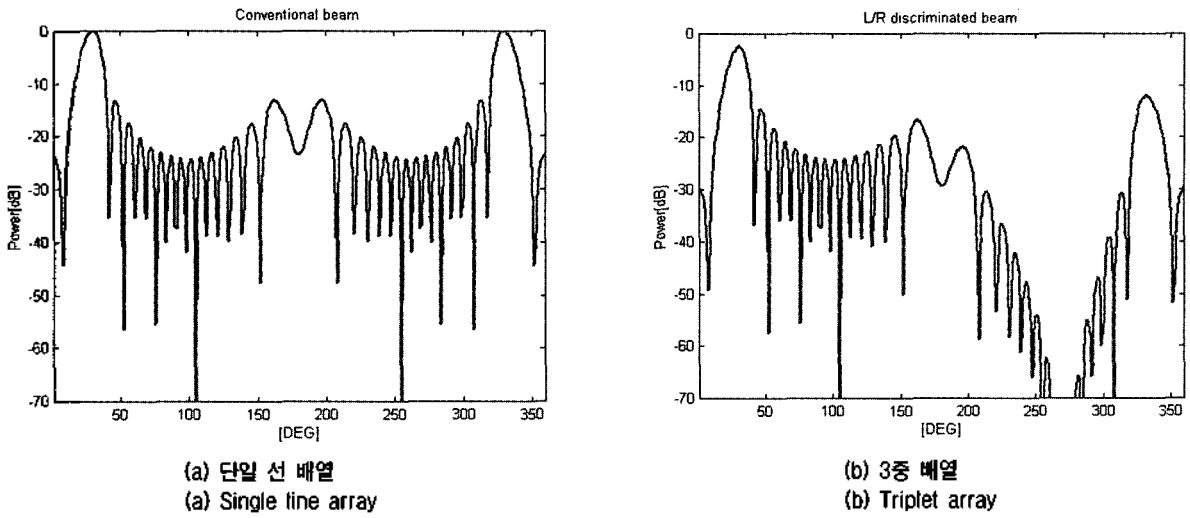


그림 6. 합성 처리를 하지 않은 경우의 좌/우 분리
Fig. 6. Left/Right distinction in no synthesis.

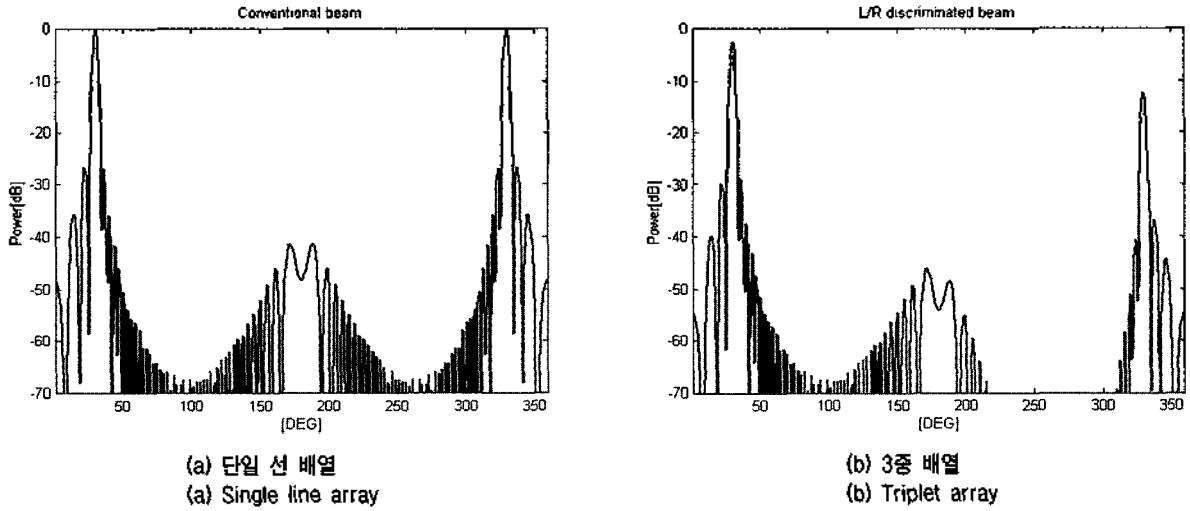


그림 7. 2회의 합성 처리를 한 경우의 좌/우 분리
Fig. 7. Left/Right distinction in 2 times synthesis.

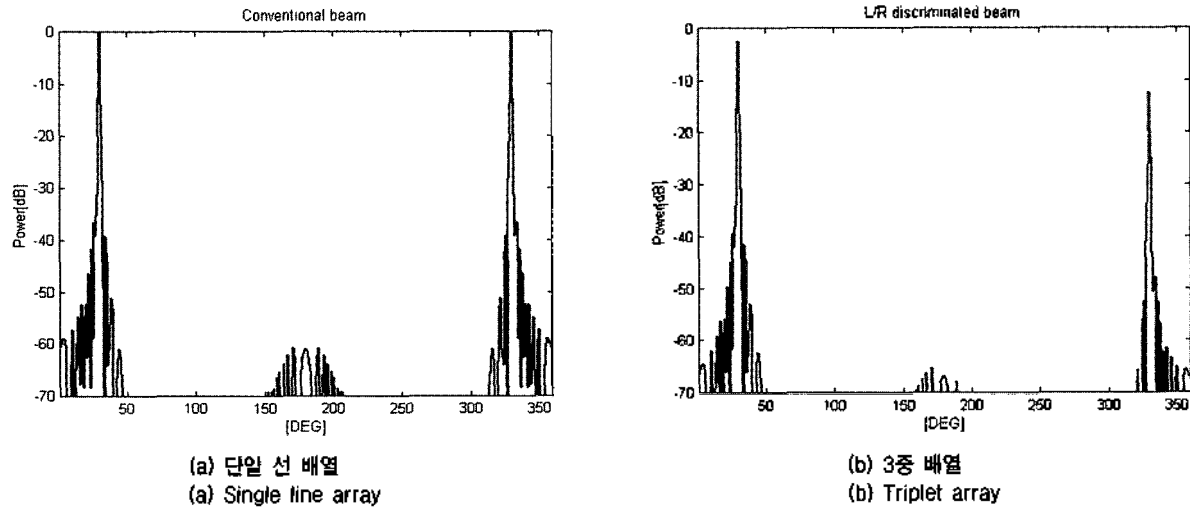


그림 8. 8회의 합성 처리를 한 경우의 좌/우 분리
Fig. 8. Left/Right distinction in 8 times synthesis.

또한 대칭 방향의 빔 폭 역시 좁아졌다. 그림 7에서 선 배열과 3중 배열의 부엽 레벨 차는 약 8 dB 이상이고, 빔 폭은 거의 동일 하였다. 그림 8은 합성 횡수를 8회로 늘려 시뮬레이션한 결과이다. 2회 합성한 그림 7과 비교해서 부엽 레벨이 약 18 dB 이상 감소하였고, 선 배열과 3중 배열의 부엽 레벨은 약 8 dB 정도의 차를 보였다. 시뮬레이션 결과 합성 횡수가 늘어남에 따라 신호 대 잡음비가 증가하여 분해능이 향상되는 것을 볼 수가 있었다. 그림에서 표적 방향의 이득이 감소된 것을 볼 수 있는데 이는 90°로 지향된 카디오이드 빔을 사용하기 때문이다. 이로 인해 0°나 180° 근처에서는 이득 손실을 보게 된다.

V. 결론

본 논문에서는 선 배열에서의 구조적인 특성상 나타나는 문제점인 좌/우 방위 구분 문제를 해결하기 위하여 카디오이드 빔을 선 배열에 적용하였고, 분해능을 높이기 위하여 합성 처리 기법을 사용하였다. 기존의 논문에는 Triplet Array에 ETAM을 적용한 방법이 발표된 것이 있는데, 본 논문에서는 FFTSA를 사용하여 시뮬레이션을 하였다. 좌/우 구분을 하기 위해서는 실제 표적 방향의 빔과 대칭 빔과의 이득차가 3 dB 이상이어야 하는데, 시뮬레이션 결과 카디오이드 빔을 적용한 경우 실제 표적 방향의 빔과 대칭 빔과의 이득차가 3 dB 이상을 보여 좌/우 구분 문제를 해결하였다. 또한 합성 처리를 한 경우와 하지 않은 경우를 비교했는데, 합성 처리를 한 경우의 부엽 레벨이 약 20 dB 이상 낮아져 합성 처리 기법의 결과가 신호 대 잡음비를 높িয়ে 하는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 처리 과정은 실제 해상에서 전인함의 이동에 강한 특성을 가진다. 이는 예인선 운용상의 여러 가지 문제점을 줄여, 상대적으로 작은 선 배열 어퍼쳐 길이를 가지므로 큰 어퍼쳐를 갖는 선 배열에 비해 센서들의 위치 추정이 수월하고, 덜 왜곡된 어레이의 형상을 가지게 된다. 앞으로는 실제 해양 환경에 더욱 적합한 왜곡된 형상을 갖는 어레이 및 카디오이드 빔을 가지고 수중 환경 모델을 이용하여 실제 환경에서의 적용성 여부와 실측 데이터의 코히어런트한 문제점들을 검토해야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 수중음향 특화연구센터 및 BB21의 연구비 일부 지원으로 이루어졌습니다.

참고 문헌

1. R. O. Nielsen, *Sonar Signal Processing*, Boston, MA: Artech House, 51-94, 1991.
2. R. A. Wagstaff, and P. Zanasca, "Spatial-gain improvement resulting from left/right discriminating elements of an under water towed array," SACLANT ASW Research Center Memorandum, 15, 1981.
3. 김준환, 김기만, 이원철, 오원천, 도경철, "Conformal 어레이를 위한 Synthetic Aperture 소나," 14th, *Underwater Acoustics Symposium Proceedings*, 9-12, 1999.
4. Z. Yu, S. Rahardja, "DOA estimation using two closely spaced microphones," *Proceedings of The 2002 IEEE International Symposium on Circuits and Systems*, 2, 193-196, 2002.
5. 천승용, 이형욱, "좌/우 분리 빔 형성 기법 연구," NWS-513-93281, 국방과학연구소, 9-45, 1993.
6. 양인식, 김기만, 윤대회, 오원천, 도경철, "이중 선 배열을 이용한 빔 영역 합성 처리," *한국음향학회지*, 20 (6), 82-86, 2001.
7. 김승일, 도경철, 오원천, 윤대회, 이충용, "비선형 견인어레이를 위한 빔 형성 기법," 14th, *Underwater Acoustics Symposium Proceedings*, 13-16, 1999.
8. 최주평, 이원철, "Conformal 어레이를 이용한 FFTSA 기법 성능 분석," *한국음향학회지*, 18 (2), 305-310, 1999.
9. S. Stergios, and U. Heinz, "A new passive synthetic aperture technique for towed arrays," *IEEE J. of Oceanic Eng.*, 17 (1), 16-25, 92.

저자 약력

● 손 윤 준 (Yoon-Jun Son)

2000년 8월: 한국해양대학교 제어계측공학과 졸업 (학사)
2000년 5월~2001년 6월: 대우정밀(주) 연구원 근무
2001년 9월~현재: 한국해양대학교 전자공학과 석사과정
* 주관심분야: 소나 신호처리

● 천 승 용 (Seung-Yong Chun)

1988년 2월: 경북대학교 전자공학과 졸업 (학사)
1990년 2월: 경북대학교 전자공학과 졸업 (석사)
1990년 3월~현재: 국방과학연구소 선임연구원

● 김 기 만 (Ki-Man Kim)

한국음향학회지 제22권 제5호 참조