

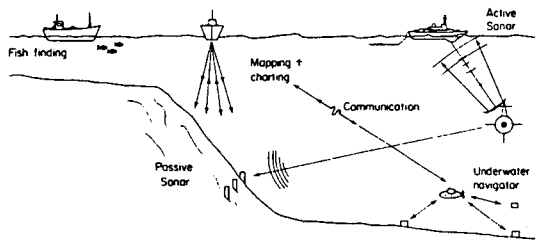
# 수중 음향 환경 변수와 소나 체계 설계

曹雲鉉, 金剛, 金祐湜  
國防科學研究所 第2研究開發本部

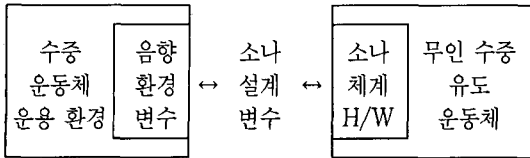
## I. 서 론

해양에서 여러 가지 종류의 에너지 파동이 전파될 수 있으나, 음파는 현재까지 상당한 거리까지 효과적으로 전달되어 목표물과의 통신, 목표물 탐지, 식별 등에 이용될 수 있는 유일한 파동의 한 형태이다. 해양에서 다양한 목적을 위해서 음파를 이용하는 체계들을 SONAR(Sound Navigation And Ranging)라고 칭하며 능동 소나, 수동 소나, 통신용 소나, 항해용 소나 등으로 분류된다. 그림 1에 다양한 형태의 sonar 종류가 표시되어 있다.<sup>[1]</sup> 수중에서 수상함의 대잠수함 작전 혹은 잠수함의 대 수상함 작전을 효과적으로 수행하기 위해서는 위에 언급한 4가지 종류의 소나들이 잠수함과 수상함의 선형 및 운용 조건에 적합하도록 개발되어 운용되고 있다. 소나 체계의 개발은 장착되어 운용되어 질 플랫폼의 제반 특성과 매우 밀접한 관계를 갖고 있으며 정착될 플랫폼의 임무와 그중 해당 소나의 운용 목적이 소나 설계 개념의 대부분을 결정한다.

어떠한 소나 체계에 관계없이 음파 전달매체의 음향학적인 특성은 소나 체계의 성능에 큰 영향을 미친다. 전달 매체의 특성에 따라 음파의 전달 손실, 감쇠, 신호 변형 등의 제반 현상이 영향을 받으며, 또한 매체 자체가 발생하는 소음에 의해 소나 체계의 성능이 영향을 받는다. 해양에서 음파 전달에 관련된 전반적인 현상에 대해 체계적인 이해에 기초하여 소나 체계를 설계함으로써 환경 적응 능력이 우수한 소나를 개발할 수 있다. 본 논문



〈그림 1〉 소나 체계 운용의 여러 가지 예



〈그림 2〉 소나 설계 변수의 음향환경 변수와 소나 체계 H/W의 교량적 관계

은 해양에서의 음파 전달에 관한 다양한 현상을 설명하기 위한 것이 아니고 다양한 종류의 수중 음향 환경 변수와 그 변수들이 소나 설계에 미치는 영향에 대해 무인 수중 유도 운동체의 표적탐지용 소나 개발을 한 예로 설명하고자 한다.

소나는 음향 센서 배열, 음향 송수신 장치, 신호처리기, 탐지 및 식별장치를 주요 구성품으로 포함하는 하나의 복합적인 체계로 정의될 수 있다. 무인 수중 유도 운동체의 부체계로써 소나는 무게, 크기, 형상 등에서 설계에 제한을 받으며 주어진 제한 조건에서 음향 탐지 성능이 최적화되도록 소나 설계 변수가 결정되어야 한다. 그림 2는 소나 설계 변수의 음향 환경 변수와 소나 체계 H/W의 교량적 관계를 도식적으로 표시한다. 음향 환경 변수는 음파 전달 손실, 감쇠 계수, 산란 계수, 복반사 크기 및 spectral spreading, 수직 음속 구조, 소음 특성(크기, 방향성 등)을 포함한다. 소나 체계 설계를 위해 본 논문에서 검토하고자 하는 변수들은 소나 중심 주파수, 송신 펄스 설계 변수, 송수신 빔 패턴, 소음 제거 필터 특성을 포함한다. 본 논문에서 검토하고자 하는 변수들은 그 자체가 매우 광범위한 연구과제들이며 앞으로도 매우 많은 연구가 수행될 주제들이지만 설계 측면에서 통계적 혹은 비교적 단순한 경험적 관계식을 포함하는 최적화 목적함수의 분석을 통하여 주어진 설계 특수 조건내에서 최적화되도록 설계될 수 있다.

## II. 소나 중심 주파수

소나 설계에 있어서 결정해야 할 많은 변수 중에

서 가장 먼저 결정되어야 할 설계 변수는 운용 중심 주파수이다. 즉, 최적 운용 주파수는 소나 체계 설계 초기 단계에 송수신 빔 설계, 운용 펄스 설계, 소음 제거 필터 설계 및 신호처리 알고리즘 설계 단계보다도 가장 우선적으로 결정되어야 한다. 음향 탐지 체계의 성능에 영향을 미치는 전달 손실, 배경 소음, 자체 소음 등의 준위가 운용 주파수 함수로 표현되며 또한 소나 체계 H/W 구성품 거의 대부분(즉 음향 센서, 센서 배열, 필터, 증폭기, ADC(Analog-Digital Converter), 디지털 신호처리기) 설계에 운용 중심 주파수는 결정적 고려요소이다. 본 장에서는 주파수 최적화와 관련된 여러 음향 환경 변수의 주파수 종속 관계를 개략적으로 소개하고 주파수 최적화를 위한 절차를 소개한다.

### 1. 최적 운용 주파수 선정의 특수조건들

능동 소나 설계에 있어서 중요한 전제 조건은 송수신 소자 배열의 크기에 제한이 주어진다는 점이다. 능동 소나를 장착하여 운용할 플랫폼의 예를 들면 수상함, 잠수함, 잠수정, 중어뢰, 경어뢰, 탐사용 수중 운동체 혹은 기타 특수 목적의 UUV (unmanned underwater vehicle)와 같이 다양하다. 체계 전체의 일반 배치 설계로부터 혹은 어뢰와 같은 무기체계의 경우 가용한 기존 발사관의 직경으로부터 체계의 구성 부체계로써 소나 송수신 소자 배열의 크기 및 신호처리 탐지를 위한 전자부의 가용체적은 최적 운용 주파수 선정 이전단계에서 결정된다. 또한 최적 운용 주파수 선정과 관련하여 소나 탐지 성능에 영향을 미치는 자체 소음은 플랫폼 특성에 의해 결정된다.

### 2. 최적화를 위한 목적 함수 formulation

최적화를 위한 목적 함수로서 능동소나의 탐지 성능을 나타내는 반향 초과준위(Echo Excess : EE)를 소나와 표적간 거리  $r$ 과 주파수  $f$ 의 함수로 설정할 수 있다. 반향 초과 준위 방정식을 구성하는 모든 요소들의 주파수 종속성을 주어진 설계 조건 하에서 정량적으로 표현할 수 있을 경우 반향 초과 준위 분포를 분석하여 최적 탐지 주파수를 선정할

수 있다. 반향 초과 준위는 거리와 주파수 함수로 식 (1)과 같이 표현된다.

$$EE(f, r) = SL - 2TL + TS - (NL - DI) - DT \quad (1)$$

여기서

- SL=Source Level
- TL=Transmission Loss
- TS=Target Strength
- NL=Noise Level
- DI=Directivity Index
- DT=Detection Threshold

여기서 소음 준위 NL는 자체 소음, 복반사음과 주변 소음을 포함한다. 자체 소음은 크게 유체 소음, 추진기 소음과 플랫폼내 기계 소음을 포함한다.

### 3. 최적 주파수 관련 변수들의 주파수 종속성

반향 초과 준위를 구성하는 모든 요소들의 주파수 종속성을 표 1에 개괄적으로 요약하며 구성변

수별 정량적인 경험식 혹은 이론식은 관련된 연구 결과들을 참조하여 표시될 수 있다. 여기에서 표시되는 주파수 종속성은 일반적으로 수중유도 운동체에서 사용되는 표준 운용 주파수를 기준하여 약 ±100% 정도의 가변 범위에서의 주파수 종속성을 검토하여 기술한다.

### 4. 관심 거리 범위에서의 EE 적분

능동 소나의 최적 탐지 주파수를 선정하기 위하여 거리와 주파수 함수의 2차원 영역(domain)에 표시되는 반향 초과 준위를 관심있는 거리 범위내에서 적분함으로써 EE 적분치는 주파수 축상에 하나의 곡선으로 표시될 수 있다.<sup>[2]</sup> 일반적으로 관심 거리 범위가 근거리인 경우 상대적으로 고주파 대역에서 EE 적분치가 비교적 큰 값을 보이는 반면 관심 거리 범위가 비교적 원거리인 경우 최적 탐지 주파수는 하향하는 경향이 있다. 관심거리 범위의 선정은 비교적 EE가 적은 원거리에서 양호한 탐지 성능을 갖도록 적절히 정해져야 한다.

〈표 1〉 최적 주파수 선정 관련 변수들의 주파수 종속성

분 야	구성 변수	주파수 종속성
소나 체계	Source Level	주파수가 저하됨에 따라 트랜듀서(transducer)의 에너지 변환 효율이 저하되어 상대적으로 음원 준위를 저하시키는 영향을 유발함.
	Directivity Index	주어진 센서 배열 공간 내에서 주파수가 저하됨에 따라 주빔의 빔폭이 넓어지고 따라서 DI를 저하시킴.
전달 매체	Transmission Loss	전달 손실 관련 음파 감쇠 효과는 주파수 저하에 따라 감소하며 고주파 대역에서의 geometrical spreading은 주파수에 무관함.
	Target Strength	임사파의 파장에 비해 매우 큰 곡률 반경을 갖는 표적으로부터의 표적 강도는 주파수에 무관한 값으로 근사 가능.
소 음	복반사음	해표면 복반사, 체적 복반사, 해저 복반사는 주어진 송수신 빔 패턴에 대해 각각 거리와 주파수 함수로 표현됨.
	주변 소음	주파수 함수로 표시되며 주파수에 따라 감소.
	유체 소음	실험치의 경우 개략 $\frac{1}{f}$ 의 비율로 감소.
	추진기 소음	플래트홈 특성에 좌우되는 변수로서 실험치를 이용한 경험식 산출 적용.
	기계 소음	플래트홈 특성에 좌우되는 변수로서 실험치를 이용한 경험식 산출 적용.

### III. 송신 펄스 설계

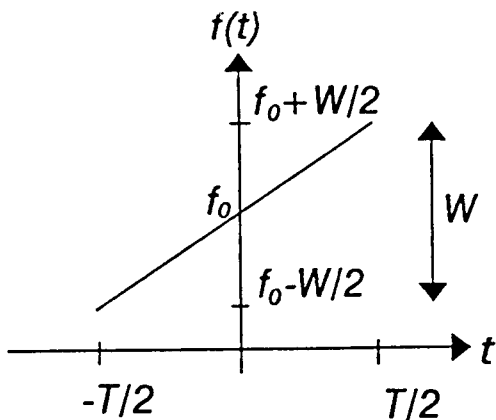
CW(Continuous Wave) 펄스는 펄스 지속 시간 T 동안 일정한 주파수를 갖는 파형이다. LFM (Linear Frequency Modulated) 펄스는 펄스 지속 시간 T 동안 신호의 순시 주파수가 시간의 함수로 변하는 파형이다.

$$g_{LFM(t)} = \cos 2\pi(f_0 + \frac{m}{2}t)t \text{ for } -\frac{T}{2} < t < \frac{T}{2} \quad (2)$$

LFM 펄스의 순시 주파수는 그림 3에 표시되어 있으며 식 (3)과 같이 주어진다.

$$f(t) = f_0 + mt(3)$$

$m = \frac{W}{T}$  : sweep rate,  
W = sweep frequency.



(그림 3) 선형 FM 신호의 순시 주파수

송신 펄스와 신호처리기 형태는

- 송신 펄스에 따른 복반사 신호의 안정성
- 송신 펄스에 따른 표적 반향음 특성
- 송신 신호와 수신 신호의 부정합(mismatch)에 의해 발생하는 추정 정보의 모호성을 종합적으로 고려하여 선정한다.

수중 유도 무기의 능동 소나에 지금까지 사용된

(표 2) 탐지기 형태에 따른 표적/환경에 적응성  
○ : 좋음, △ : 보통, × : 나쁨

	CW/ Incoherent	FM/ Coherent	FM/ Incoherent
소음에 대한 강인성	○	○	×
기동 표적 탐지능력	○	○	○
정지(혹은 저속) 표적 탐지능력	×	○	○
천해 음향 탐지 성능	×	△	△
무반향 코팅 잠수함	○	×	○

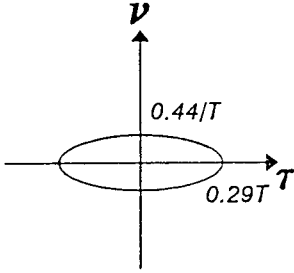
신호처리 형태는 아래의 3가지가 있다.

- CW Incoherent 탐지기
- FM Coherent 탐지기
- FM Incoherent 탐지기

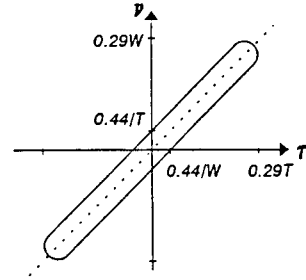
펄스 형태와 탐지기 형식에 따른 표적 및 환경에 적응성을 표 2에 요약하였다.

천해 음향 환경에서 CW 펄스는 불규칙한 형태를 갖는 해수면이나 해저면과 작용하여 표적으로부터 반향되는 표적 신호와 유사한 형태의 파형을 발생함으로 오탐 확률을 높이고 따라서 천해에서의 소나 탐지에 성능 저하를 가져온다. 반면 FM 펄스는 비교적 점진적인 변화를 갖는 복반사음을 발생하므로 CW 펄스에 비하여 오탐 확률이 낮은 것으로 알려져 있다. CW/Incoherent 탐지기는 일반적으로 복반사음을 효과적으로 제거하기 위한 notch filter를 사용하기 때문에 도플러 변이가 적은 정지 혹은 저속 표적에 대하여 탐지 성능이 낮다. 표적 정보 추정의 정확성은 CW 펄스와 LFM 펄스의 모호함수를 분석함으로써 정량적으로 분석된다. CW 펄스 사용시 표적에 대한 정확한 도플러 추정이 가능한 반면 표적 거리에 대한 정보의 모호성이 크다. FM Coherent 탐지기는 모호함수의 특성상 표적에 대한 정확한 도플러 추정이 어려운 단점이 있다.

펄스 형태에 따른 탐지 성능과 표적 정보의 정확성 측면을 검토시 두 가지 형태의 탐지 방식을 동시에 운용할 때 상호 보완적인 기능을 가지게 되며, 다양한 운용 조건에서 만족할 만한 음향 탐지 성능을 얻을 수 있다. 펄스에 따른 환경 및 표적



(a) CW 펄스의 모호 다이어그램



(b) FM 펄스의 모호 다이어그램

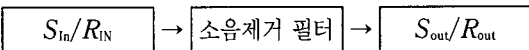
(그림 4)

적용성은 정확성이 높은 소나 성능 예측 모델에 의해 평가가 가능하며 해상 음향 시험에 의한 검증이 반드시 요구되는 분야이다.

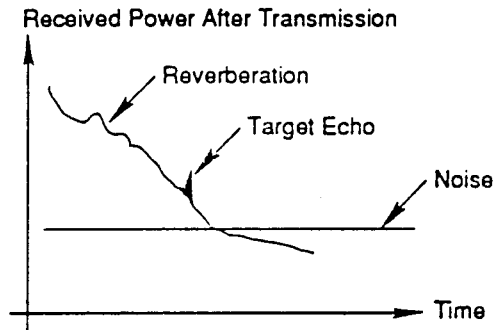
#### IV. 소음 제거 필터의 설계

능동 소나나 수동 소나의 소음 제거 필터 설계를 위하여 수신되는 주 소음 성분들의 통계적 스펙트럼 특성을 알아하며, 이에 근거하여 소음 제거 필터의 출력에서 최대의 신호처리 이득을 갖도록 적절히 설계될 수 있다.

소음 제거 필터의 응답 함수는 입력시의 SNR에 비해 출력 후의 SNR이 최대가 되도록 설계되어야 한다. 즉 PG(Processing Gain)는  $PG = \frac{S_{in}/R_{in}}{S_{out}/R_{out}}$ 으로 정의되며 아래와 같이 필터 입출력 관계를 나타낼 수 있다.



능동 소나의 경우 주 소음원은 소나 자체 발신음에 의해 유기되는 복반사음이다. 복반사음은 해저면과 해수 표면의 해양 경계면이나 해수 체적내에 있는 매질의 비균질성에 의해 발생하는 능동 소나 자체 발신음의 산란 현상으로 정의된다. 복반사음의 세기는 송신후 시간에 따라 감소하며 송신음원 준위에 비례한다. 복반사음은 소나를 장착하고 있



(그림 5) 능동 소나 수신 신호의 포락선(envelope)

는 플랫폼 자체 소음, 주변 환경 소음 등과 같이 센서에 수신된다.

그림 5에 표시된 바와 같이 능동 소나 수신 신호는 복반사음 우세 시간대와 자체 소음/주변 소음 우세 시간대로 구분된다. 두 개의 시간대에서 소음의 주파수 특성은 매우 상이하다. 복반사음 우세 시간대에서의 주파수 스펙트럼은 소나 운용 환경 조건(즉, 수직 수온 구조, 해표면 산란 강도, 체적 산란 강도, 해저면 산란 강도, 송수신 빔 패턴 등)에 의해 크게 좌우된다. 일반적으로 해수 체적 복반사음은 해수 중에 유행하는 생물체(biomass)와 고체 입자들의 수평 수직 밀도 분포에 의해 결정된다. 해표면 복반사는 크게 불규칙한 해수 표면 경계층에서의 후방 반사 효과와 해표면 표층에 과도에 의해 형성된 기포층에 의한 산란 효과로 분류할 수 있는데 최근 시험 결과에 의하면 불량한 해상 상태에서는 해표면 기포층에 의한 산란 효과

영향이 상대적으로 우세한 것으로 알려져 있다.<sup>[4,5]</sup>

천해에서는 해저면 복반사의 영향에 의해 능동 소나의 탐지 성능이 크게 제한되는데 해저면 복반사음은 진폭이 비교적 높고 주파수 분산 폭이 크며 표적 반향음과 유사한 포락선의 특성을 갖기 때문이다. 소나를 장착하고 있는 플랫폼이 정지해 있는 경우 복반사음의 입사각에 관계없이 자체 기동에 의한 도플러는 발생하지 않는다. 대부분 능동 소나는 플랫폼이 움직이는 상황에서 운용되고 있기 때문에 송신 및 수신 빔 패턴에 따라 복반사음 스펙트럼 분산 특성이 영향을 받게 된다. 해수면이나 해저면으로 부터 발생하는 경계면 복반사음은 체적 복반사에 비해 근거리에서 상대적으로 큰 입사각을 갖기 때문에 비교적 작은 자기 도플러 변이를 갖는다. 기동 중인 소나 플랫폼에서의 복반사음 주파수 분산 특성은 소나 운용 변수(플랫폼 속도, 소나 깊이, 수심, 송신 빔 패턴, 수신 빔 패턴, 송신 펄스)와 운용 환경 변수(경계면 및 체적 산란 강도, 수직수온 분포, 매질내 감쇠 계수)가 주어진 조건에서 비교적 단순화된 모델에 의해 시간의 함수로써 표현될 수 있다.

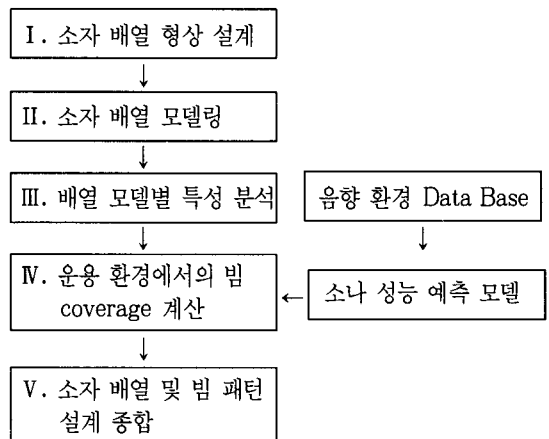
다년간 축적된 해양 환경 자료에 근거하여 신뢰성있는 음향 환경 모델을 운용할 경우 비교적 정확히 복반사음 분산의 통계적 특성을 예측할 수 있다. 신뢰성있는 음향 환경 모델 구축을 위해 실측된 음향 자료에 의한 모델의 검증과 보완이 필수적으로 수행되어야 한다. 결론적으로 소음 제거 필터의 설계를 위하여 운용할 음향 환경 조건에서 통계적으로 의미있는 복반사음의 스펙트럼 분산 특성과 자체 및 주변 소음의 스펙트럼 특성을 산출하는 것이 매우 중요하다.

일반적으로 빠른 속도로 움직이는 표적에 대해서는 표적 도플러가 크기 때문에 최적 소음 제거 필터의 응답 함수는 복반사음 스펙트럼의 역에 비교적 근사하다. 복반사음 우세 시간대에서도 상당 수준의 자체 소음과 주변 소음이 포함되어 있기 때문에 복반사음 스펙트럼의 역함수로 정확히 표시될 수는 없다. 저속 표적에 대한 최적 소음 제거 필터의 응답 함수는 transition band에서 경사가 가파른 곡선으로 표시된다. 소음 특성이 시간에 따

라 변이가 큰 경우 시간대역에 따라 필터 특성이 바뀌는 적응 소음 필터의 적용이 상대적으로 효과적이며 이에 따라 능동 소나에 대한 적응 소음 제거 필터의 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 수중 유도 무기 체계내에 적응 소음 제거 필터의 적용에 장애가 되는 요인은 고정된 필터에 비해 상대적으로 많은 계산량을 요구하는 점과 체계 성능에 미치는 필터의 안정성 및 신뢰성 검증이 용이하지 않은 점이 지적될 수 있다.

## V. 소자 배열 및 송수신 빔 패턴 최적화

본 장에서는 소나 설계 과정의 일부로써 주어진 센서 배열 공간상에 소나의 음향 탐지 성능 및 체계 운용 성능을 최대화 할 수 있는 적절한 소자 배열 형태를 결정하기 위한 방법론을 기술한다. 소자 배열 및 송수신 빔 패턴 최적화를 위한 절차가 그림 6에 요약되어 있으며 단계별 수행 내용을 아래에 설명한다.



〈그림 6〉 소자 배열 및 송수신 빔 패턴 최적화 단계

능동 소나의 센서 배열은 크게 2차원 평면 배열(planar array) 혹은 플랫폼의 특정 부위 표면 형상에 따라 소자를 배치하는 3차원 동상 배열(conformal array)로 분류할 수 있다. 3차원 동상

배열은 평면 배열에 비해 H/W 제작상 기술적인 어려움이 많이 따르며, 또한 전체적인 소나의 성능상 우수성을 보장하지 못한다. 수중에서 운용되는 소나의 소자 배열 형태를 평면 혹은 동상 배열로 결정하는 문제는 음향 탐지 및 송수신 빔 운용 측면 뿐만 아니라 유체 소음이나 캐비테이션(cavitation) 소음 발생을 고려하여 결정될 문제이다. 오늘날 많은 수중 운동체의 소나는 동상 배열보다 평면 배열을 채택하고 있으며, 이는 소나 형상별 소음 발생을 포함한 총괄적인 음향 탐지 성능과 H/W 개발 비용대 효과측면에서 평면 배열의 잇점이 많기 때문이다.

가용한 소자 배열 면적하에서 어떠한 소자 배열 형태가 소나의 음향 탐지 성능 혹은 소나를 부체계로 운용하고 있는 수중운동체의 운용 성능을 최대화 할 수 있는가를 결정하기 위한 고려사항을 기술한다. 주어진 배열 면적과 결정된 중심 주파수 조건 하에서 소자의 갯수가 증가할수록 빔 형성 H/W의 복잡성이 증대되지만 송수신 빔들에 대한 제어 능력은 향상된다. 즉 제어 능력이란 다수의 송수신 빔을 운용시 각 소자에 대한 시간 지연 및 가중치를 적절히 조절하여 최대 부엽 준위(Side Lobe Level : SLL)를 최소화하거나 혹은 지향 지수(Directivity Index : DI)를 최대화할 수 있는 능력을 말한다. 가용한 면적에 최대한의 면적을 사용하여 그 면적 내에 가능한 많은 수의 소자를 배열함으로써 정보량과 빔 제어 능력측면에서 최대한 장점을 보유하는 소나를 설계할 수 있으나 다른 한편에서의 요구되는 사양 조건을 항상 만족시키는 것은 아니다. 소나의 기술적 설계 요구사항으로 음향 트랜듀서의 형상과 크기, 신호처리 및 탐지기의 형상과 크기, 그리고 비용대 효과 측면에서 주어지는 개발비의 제한 등이 주어지므로 이러한 설계 기본 조건을 만족시키기 위하여 소나 설계자는 가능한 작은 면적에 적은 수의 음향 소자를 이용하여 작은 크기의 우수한 소나를 개발할 수 있도록 기술적 개발 가능성 검토를 수행하지 않을 수 없다. 즉 수중 운동체의 소나가 소형화 될수록 다른 구성품이 차지할 수 있는 공간이 커지고 따라서 체계 성능의 향상을 가져올 수 있다.

소자 배열을 결정하기 위하여 우선 주어진 면적에 다양한 소자 배열 형태의 모델을 만든이후 각 소자 배열 형태에 대한 특성을 분석한다. 각 소자 배열에 대해 정량적으로 표현되는 특성은 음원 준위, 여러 개의 송수신 빔별 DI와 SLL, 그리고 수평 수직 빔폭을 포함한다.

다음 단계로 소나를 운용할 대표적인 환경 음향 자료를 이용하여 제안되는 송수신 빔 패턴별로 소나 성능 예측을 수행한다. 소나 성능 예측으로 부터 얻어지는 결과는 2차원 탐지 가능 영역도(detection coverage area)이다. 탐지 가능 영역을 정량적으로 표현하여 운용 해역별로 송수신 빔 패턴을 최적화 할 수 있다.

대표적인 운용 해역 특성과 운용 심도별로 탐지 가능 영역을 고려하여 하나의 소자 배열 형태가 다양한 요구 조건을 만족하도록 선정되어야 한다. 일반적으로 천해에서의 빔은 해표면 및 해저면에서의 음파 간섭 효과를 줄이기 위해 좁은 수직빔을 사용하나 수평면에서는 넓은 빔을 사용하며, 심해에서는 비교적 경계면 효과가 작기 때문에 넓은 수직빔을 사용한다.

#### IV. 결 론

소나 체계가 운용될 해양에서 전반적인 음향 현상에 대한 체계적인 이해에 기초하여 소나를 설계함으로써 환경 적응성이 우수한 소나를 개발할 수 있다. 소나의 예상되는 운용 환경에서의 성능을 평가하기 위하여 통계적으로 신뢰성 있는 해양자료에 근거하여 소나 성능 예측 모델에 의한 성능 평가 및 성능 분석을 수행함으로써 수중 음향 환경 변수와 관련된 소나 설계 변수를 최적화할 수 있다.

소나 설계 변수 최적화를 위하여 먼저 개발하여야 할 소나에 대한 개념 설계가 필요하며, 이 단계에서는 플랫폼 운용 개념 분석, 비용대 효과 분석, 기술적 개발 가능성 분석, 운용 해역의 음향 환경 개념을 종합하여 수 개의 개념적 소나 모델을 구축한다. 개념적 소나 모델의 설계 변수를 최적화

하기 위해서는 해양 환경, 수중 음향, 소나 신호처리, 유체 음향(hydro-acoustics), 센서 기술, 전자부 H/W 등 많은 전문 지식이 종합되어야 한다. 한 설계 변수를 최적화하기 위한 첫 단계는 많은 관련 환경 변수 및 공학적 변수 중 중요하게 작용하는 종속 변수를 식별하는 것이다. 소나 설계를 위해 결정해야 할 설계 변수에 따라 각각 상이한 성능 분석 수치 모델을 운용함으로써 순차적으로 설계 변수를 결정할 수 있다. 즉 설계 변수에 따라 관련되는 종속 변수가 상이하고 수식화해야 할 최적화 목적 함수가 다르므로 최적화 문제 해결을 위한 접근 방법도 적절히 연구되어야 한다. 본 논문에서 언급하지 않았으나 신호처리 알고리즘의 성능 평가 및 관련 변수 결정도 소나 성능 뿐만 아니라 플랫폼 체계 성능 측면에서 다각적으로 분석되어야 한다.

## 참 고 문 헌

- [1] A. V. Oppenheim, "Applications of digital signal processing", Prentice-hall Inc., p 333, 1978.
- [2] R. O. Nielson, "Sonar signal processing", Artech House, pp.205~210, 1991.
- [3] P. Galletti, "Optimum active sonar signal processing for torpedoes in wide-band noise generators environment", "90 Undersea Defence Technology Conference Proceedings, pp.33~38, 1990.
- [4] S. T. McDaniel and A. D. Gorman, "Spectral spread of sea surface reverberation", *J. Acoust. Soc. Am.*, 74, pp.241~248, 1982.
- [5] J. Wu, "Bubble populations and spectra in near-surface ocean : summary and review of field measurements", *J. Geophys. Res.*, 86, pp.457~463, 1981.

## 저 자 소 개



## 曹 雲 鉉

1953年 3月 2日生

1974年 2月 서울대학교 해양학과 졸업(학사)

1985年 2月 부산대학교 지질학과 졸업(석사)

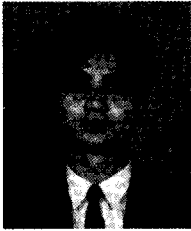
1991年 5月 Texas A&amp;M대학 지구물리학과(박사)

1980年 11月~1985年 6月 국방과학연구소 수중음향실(연구원)

1991年 7月~현재 국방과학연구소 음향탐지실(실장)

주관심 분야 : Wave propagation modelling in anisotropic medium, Underwater acoustics, Sonar signal processing, Vector signal processing.





金 剛

1963年 12月 1日生

1986年 2月 서울대학교 사범대학 물리교육과 졸업(학사)

1989年 6月 프랑스 파리 제6대학 물리학과 졸업(석사)

1990年 3月~현재

국방과학연구소(연구원)

주관심 분야: 수중 음향 신호처리



金 祐 暉

1968年 4月 1日生

1991年 2月 한국외국어대학교 물리학과 졸업(학사)

1993年 2月 한국외국어대학교 물리학과 졸업(석사)

1993年 3月~현재

국방과학연구소(연구원)

주관심 분야: 수중 음향 환경 신호 모델링