

수중 음파전파의 과학적 가시화

한주영, 나정열

한양대학교 지구해양과학과

Scientific Visualization for Underwater Sound Propagation

Jooyoung Hahn, Jungyul Na

Dept. of Earth and Marine Sciences, Hanyang University

television@paran.com, najy0252@hanyang.ac.kr

요약

지금까지 해양과 해양에서 음향현상의 가시화는 정적이고 평면적이어서 시,공간적으로 끊임없이 변화하고 있는 현상을 이해하는데 어려움이 있었다. 최근에 가상현실에 대한 많은 관심과 연구로 과학적 가시화 기술은 많은 발전을 가져와 그 적용역역을 점차로 넓혀가고 있다. 이에 지금까지 평면적이고 정적이었던 수중에서의 음향현상도 이를 이용하여 구체적이고, 공간적이고 동적인 표현이 가능하게 되었다. 이러한 접근으로 눈에 보이지 않는 바닷속과 그 안에서의 음향현상을 마치 우리가 살고 있는 실제 공간처럼 3 차원적으로 표현 함으로서 해양에서 일어나는 음향현상에 대한 연구/분석의 현실성을 높일 수 있게 되었다. 3 차원 개체로서 입체화 된 음파전달 현상의 가시화로 부터 또다른 정보를 얻을 수 있는 가능성에 대해서 검토해 보고자 한다.

1. 가시화를 위한 음전달 모델링

수중에서의 음속은 공간의 함수로 주어지고, 음파에너지가 수중매질을 통해 전파하게 될 때 전파하는 방향이 변하게 된다. 이러한 특성을 연구하기 위해서는 음파에너지가 음선을 통해서 매질을 전달된다는 가정으로부터 시작하며, 따라서 음파보다는

음선이라는 개념을 사용하는 것이 효율적이다 [1]. 전통적인 음선이론에서는 Helmholtz 방정식의 해를 음선급수로 가정한 후 위치에 따른 미분을 취하고 주파수의 차수에 대해 정리하면

$$|\vec{\nabla}\phi|^2 = K^2 \quad (1)$$

$$2\vec{\nabla}A \cdot \vec{\nabla}\phi + A\nabla^2\phi = 0 \quad (2)$$

이 된다. 식 (1)은 eikonal 방정식으로써 위상을 결정하고 transport 방정식으로 일컬어지는 식 (2)로부터 각 음선에 해당하는 음장의 크기가 결정된다. 여기에서 $K^2 = k^2 + \nabla^2 A / A$, ϕ 는 음파의 등위상면 (파면, wavefront)이다. 이 파면과 수직인 방향 즉 벡터 $\vec{\nabla}\phi$ 의 평행방향은 에너지의 전파방향을 의미한다. 파면은 시/공간적으로 분포하고 있는 음속(c)에 따라 변화하므로

$$\phi_t + \vec{c} \cdot \nabla\phi = 0 \quad (3)$$

이 된다. 여기에서 가시화를 위한 시,공간적인 파면의 전파가 정의된다 (isocontour of an implicit function). 음함수의 시간방향 적분을 위해 순방향 오일러 시간 적분법 (forward Euler time integration scheme)을 적용 하였다.

2. 가시화 모델링의 적용

수중 표적탐지를 위한 능동소나 환경을 시뮬레이션 하였다. 능동소나는 음원과 수신기의 위치가 같은 곳에 위치하여 음원에서 방출된 음파 에너지가 표적에 반사되어 되돌아오는 에너지를 탐지하는 소나이다. 소음 제한 환경에서의 능동소나 방정식은 다음과 같이 표현된다.

$$ASE_N = (SL - 2TL + TS) - (NL - DI + DT) \quad (4)$$

위 식에서 $SL - 2TL + TS$ 는 신호성분이며, $NL - DI + DT$ 는 소음성분이다. 신호초과비 (SE)는 신호대 잡음비로 정의된다[2]. (Fig 1)

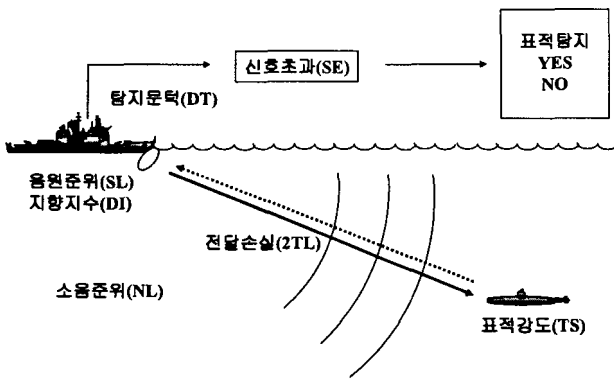


Fig. 1. Diagrammatic view of Active SONAR

적용 되어진 환경변수와 소나 파라미터는 다음 그림에서와 같다. (Fig. 2) 또한 음원으로부터 전파하는 파면과 표적으로부터 반사되는 파면을 나타내고 있다.

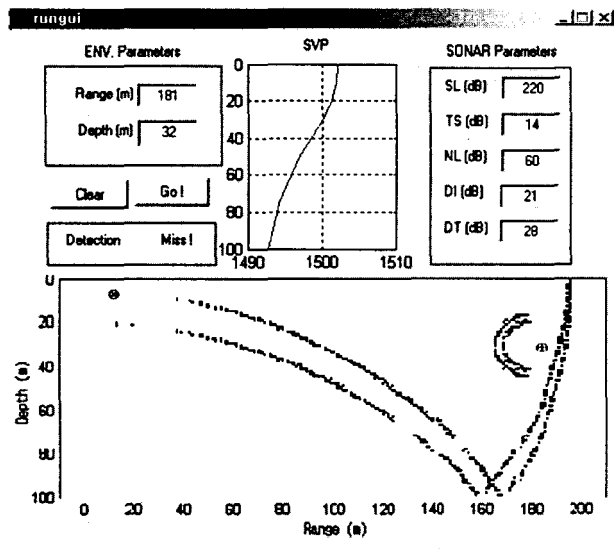


Fig. 2. SONAR parameters and wavefront propagation.

Fig. 3 은 동일한 환경에서의 파면 전파의 3 차원 가시화 모델링의 결과이다.

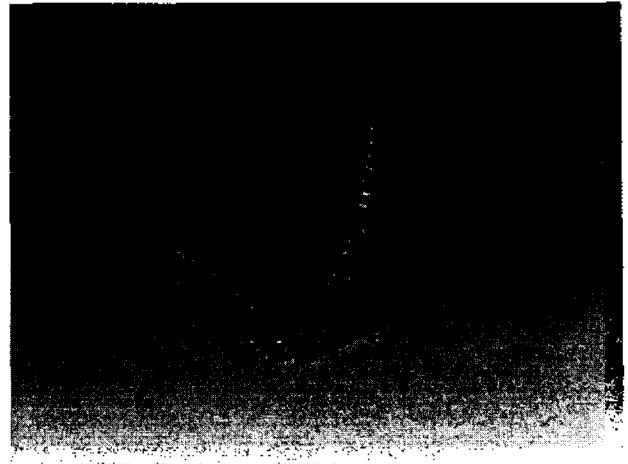


Fig. 3. 3D wave front propagation

3. 결론

본 논문의 결과로 제시된 수중음향 및 해양환경의 과학적 가시화 기법은 현실과 같은 공간과 상호작용을 하게 해주는 새로운 패러다임으로, 보다 인간적인 인터페이스를 제공하고 실제 공간과 같이 렌더링된 환경으로 구축할 수 있는 기법으로 앞으로도 해상 및 해중 환경변수까지 포함된 예측기술을 접목시켜 가시화 한다면 수중음향학적 기술개발의 기반이 됨은 물론 군사적인 목적에도 많은 응용이 되리라고 기대한다.

참고문헌

1. Lawrence E. Kinsler, Fundamentals of Acoustics, John Wiley & Sons, Inc., 4th edition, pp. 135-140, 2000
2. P. C. Etter, Underwater Acoustic Modeling: Principles, techniques and applications, 2nd edition, E & FN SPON, London, 1991