

# TLM 모델링을 이용한 수중 음향 통신 채널 구현에 관한 연구

\*박규철, 박진남

\*부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부, 동명대학교 멀티미디어공학과

e-mail : *kcpark@pknu.ac.kr, jnpark@tit.ac.kr*

## A Study on Constitution of Underwater Acoustic Communication Channel using TLM Modeling

\*Kyu-Chil Park, Jin-Nam Park

\*Division of E.C.T. Engineering, Pukyong National University  
Multimedia Engineering, Tongmyong University

### Abstract

In underwater, acoustic waves are used for telecommunication. The communication channels are very complicated, because of the distribution of temperature in depth, reflections from boundaries like as the surface of water and the bottom. We report the constitution of the underwater acoustic channel using the simulation of the Transmission Line Matrix Modeling and cross-correlations from the input and output signals.

### I. 서론

수중에서의 통신은 공기 중에서는와 달리 음파를 이용하는 데, 그 전달 경로는 수중의 수직 음속 분포, 수면과 해저와의 경계에 의한 반사 등에 의해 특징적인 전달 경로를 나타낸다. 이러한 수중에서의 음파 전달 경로를 구현하기 위해 Image Method나 Ray Tracing Method가 사용되고 있다.[1] Image Method의 경우는 수직 음속 분포의 변화에는 적용이 불가능하고, Ray Tracing Method의 경우는 송신기와 수신기 사이의 음선을 시행착오적으로 추적해야 하는 문제가 있다.

본 논문에서는 시간 영역에서의 파동 방정식 해석 기법인 2차원 스칼라 TLM(Transmission Line Matrix) 모델링에 의해 수중 음파 전달 시뮬레이션을 행하고, 이 수중 음파 전달 결과에 송신기의 입력 파형과 수신기에서 획득한 파형의 상호 상관 함수를 이용한 수중 음향 전달 채널 구현 가능성에 대해 보고한다.

### II. 2차원 TLM 모델링

Huygens 원리에 바탕을 두고 있는 TLM 모델링은 파의 산란을 이용한 시간 영역 해석기법으로, 해석하고자 하는 대상을 L-C로 구성된 2차원 기본 요소로 분할하고, 이 기본 요소의 회로 방정식에 음향계의 파동방정식을 대응시켜 해석하는 기법이다.[2]

음압  $p$ 에 대한 음향계의 파동방정식 및 전압  $V$ 에 대한 회로 방정식은 다음과 같다.

$$-\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} = \frac{\rho}{\kappa} \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} \quad (1)$$

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} = 2LC \frac{\partial^2 V}{\partial t^2} \quad (2)$$

식 (1), (2)로부터 TLM 요소내의 밀도  $\rho$  및 음속  $c$ 는

$$\rho \equiv L, c \equiv 1/\sqrt{2LC} \quad (3)$$

로 주어지며, 수면과 같은 경계에서의 밀도와 속도 차

에 의한 반사를 구현하는 데 사용된다.

### III. 수치 시뮬레이션

그림 1은 수치 시뮬레이션 환경을 나타낸 것으로, 먼저 무한 매질이라 가정된 직접파만 존재하는 경우, 심해를 가정한 직접파와 제 1 반사파가 존재하는 경우에 대해 시뮬레이션을 행하였다. 입력 파형으로는 주기 20μs인 세 파장의 정현파에 해밍창을 곱한 신호를 사용하였다. 그림 2는 음파 전달 시뮬레이션 결과에 자기 상관 함수와 상호 상관 함수를 이용하여 수중 음향 전달 채널 구성 과정을 나타낸 것이다. 그림 3, 4는 Image Method에 의한 결과와 TLM 모델링에 의한 결과를 나타낸 것이다. Receiver 1, 2의 경우는 두 방법의 차가 없으나, 전파 거리가 다소 먼 Receiver 3, 4에서는 TLM 모델링에 의한 음파 전달 중 파형 왜곡에 의해 거리 및 위상에 오차가 발생한 부분이 나타난 것으로 판단된다. 분할 수나 입력 파형의 변화 등으로 해결해야 할 향후 과제 부분이기도 하다.

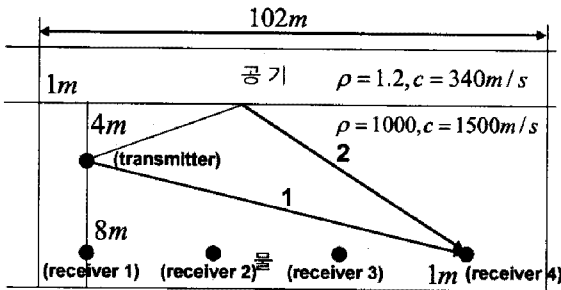


그림 1. 계산 모델

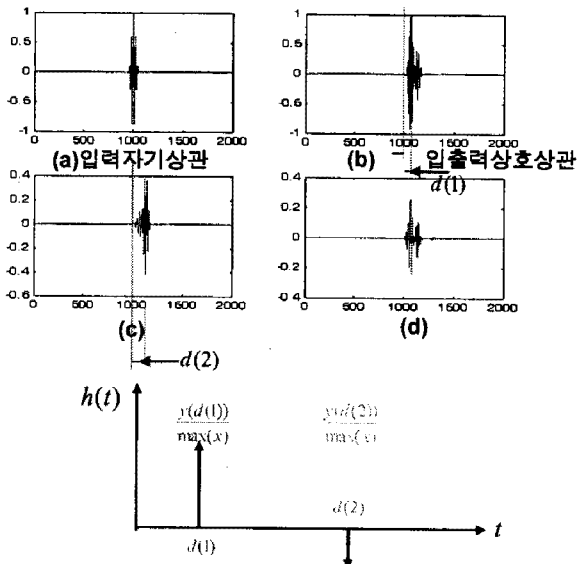


그림 2. TLM 모델링과 상관함수에 의한 통신 채널 구성 과정

### IV. 결론 및 향후 연구 방향

2차원 TLM 모델링과 상호 상관 함수를 이용하여 수중 음향 전달 채널 구성을 모의하여 Image Method와 비교해 본 결과, 제한된 범위 내에서 채널 구현이 가능함을 확인할 수 있었다.

### 참고문헌

- [1] Finn B. Jenson et al., *Computational Ocean Acoustics*, AIP Press, 1994.
- [2] Matthew N.O. Sadiku, *Numerical Techniques in Electromagnetics*, CRC Press, 1992.

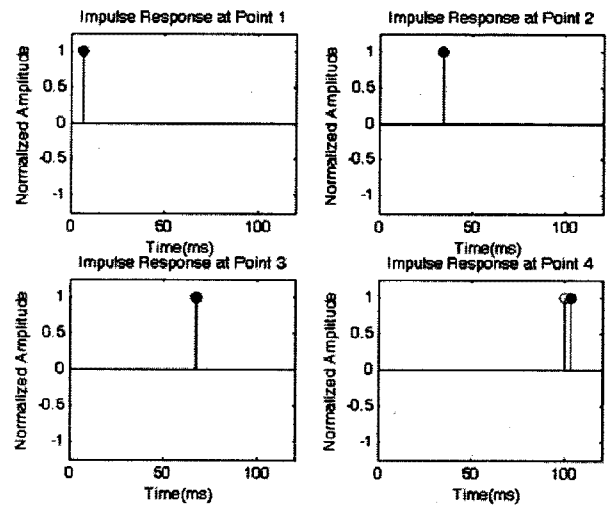


그림 3. 수중 통신 채널 비교 - 무한 매질  
(○:Image Method, ●:TLM Modeling)

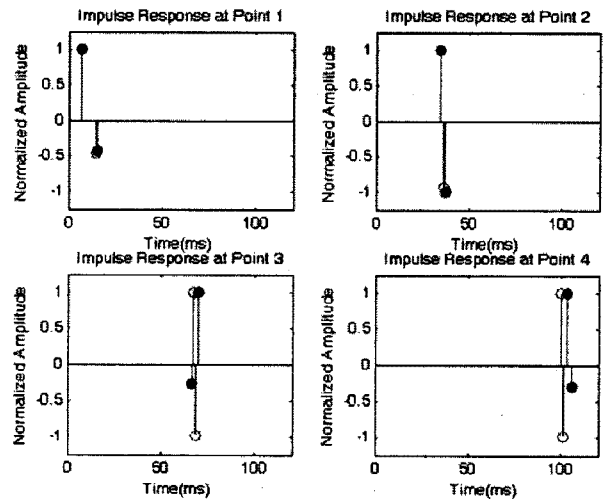


그림 4. 수중 통신 채널 비교 - 심해  
(○:Image Method, ●:TLM Modeling)