

## 얇은 물에서 수중자료전송에 대한 연구

김성철, 리철수

수중통신[2]에서는 수중케블이 리용되는데 이때 질량이 큰것으로 하여 수중기구의 력학적부담이 증가한다. 이로부터 음향을 리용하여 수중통신을 진행하는데 전자기파와 달리 음파는 매질립자의 진동으로 전달되므로 다중반사의 영향을 심하게 받게 된다.

이와 같은 현상은 수심이 얇은 연안과 항만, 강과 호수에서 더 심하게 나타난다.

론문에서는 연안, 항만, 강과 호수의 바닥지형과 생물상태의 자료를 수중으로 전송하기 위한 기구구성체계와 실험특성에 대하여 서술하였다.

### 1. 수중에서의 다중반사효과

수중에서 다중반사는 주로 수면과 바닥반사, 수중물체에 의한 반사, 물속에서 체적반사와 연안의 공업장애소음이다.

주어진 음원으로부터 복사된 음파는 얇은충전송통로에서 거리가 멀어짐에 따라 수중물체와 물매질에 의해 산란되며 수면과 바닥산란파에 의하여 손실된다.[1] 이 산란음향신호는 전송통로에서 에네르기적으로 간섭되며 새로운 신호군을 형성하게 된다.

$d\Phi$ 인 입사각을 가진 수면과 바닥에서 이루어지는 반사면적  $dS$ 는 다음과 같다.

$$dS = \frac{c\tau}{2} \left[ \frac{1}{2} \left( \frac{c\tau}{2} \right) + r \right] d\Phi \approx \frac{c\tau}{2} r d\Phi \quad (1)$$

여기서  $dS$ 는 반사면적,  $c$ 는 음속도,  $\tau$ 는 임펄스길이,  $r$ 는 거리이다. 이때 산란출력  $dP_s$ 는 다음과 같이 표시된다.

$$dP_s = P_0^2 r^{-4} \exp(-4\alpha r) D_s^2 D_r^2 dS \quad (2)$$

여기서  $P_0$ 은 음압,  $\alpha$ 는 음향흡수계수(바다에서 10.3dB/km),  $D_r$ 는 수중진동자의 지향결수,  $D_s$ 는 바닥면적의 지향성결수이다.[3]

이로부터 총반사음압은 다음과 같다.

$$P_s^2 = P_0^2 r^{-3} \exp(-4\alpha r) S_s \frac{c\tau}{2} \int_0^{2\pi} D_s^2 \cdot D_r^2 d\Phi \quad (3)$$

여기서  $S_s = \frac{2D_0^2 r^2 \exp(4\alpha r)}{K c \tau}$ 는 반사면에 따르는 산란세기이다.

같은 방법으로 체적반사음압은

$$P_M^2 = P_0^2 r^{-3} \exp(-4\alpha r) S_V \frac{c\tau}{2} \psi \quad (4)$$

로 되며 수중물체에 의한 반사음압은

$$P_F^2 = P_0^2 r^{-4} \exp(-4\alpha r) T_s D_s^2 D_r^2 \quad (5)$$

이다. 여기서  $S_V = \frac{2D_0^2 r^2 \exp(4\alpha r)}{K\psi c\tau}$  는 체적산란세기이며  $T_s$  는 목표세기,  $\psi$  는 체적에 따르는 등가향성각,  $D_0$  은 진동자출력값이다.

식 (3), (4), (5)로부터 세기에 따르는 음압감소는 수면과 바닥반사  $1/r^3$ , 체적반사  $1/r^2$ , 목표반사  $1/r^4$  에 비례한다.

이상의 다중통로효과로부터 통신정보자료를 진폭변화로 실현하는 경우 정보가 음압변화로 달라지는것을 주파수변환으로 실현하였다.

## 2. 구성체계와 실험특성

기구는 주파수오프셋코드(FSK)신호를 전송하기 위한 수중송신압전진동자와 이것을 구동하기 위한 출력변조기, 전송된 자료를 수신하기 위한 수중수신진동자와 복조기를 가진 송신부와 수신부로 구성되어있다.

송신음원의 음압은 182dB (1m에서  $1\mu\text{Pa} = 0\text{dB}$ ) , 변조주파수는 42kHz, 45kHz, 수신기감도는  $100\mu\text{V}$ , 자료전송속도는 60bit/s이며 통신정보자료는 수중온도와 축전지전압으로 하였다.

실험은 강의 상류에서는 깊이가 약 3m, 하류에서는 8m이고 강폭은 360m, 바람속도가 4.5m/s인 조건에서 진행하였다.

먼저 수신부를 수심 1m 깊이에 고정하고 송신부는 배에 설치하였으며 이때 배의 속도는 약 0.5m/s로서 선체에서 공동이 발생되지 않도록 정적상태를 유지하게 하였다.

배를 심도가 낮은 상류방향으로 항해시켰을 때 380m 거리에서 통신이 끊어지는 현상이 발생하였다. 반대로 배를 심도가 깊은 하류쪽으로 이동시켰을 때 통신거리는 800m까지 증가하였다.

다음 물의 깊이가 8m인 구역에서 반향물체와 송신부심도변화에 따르는 관계를 고찰하였다. 먼저 송신수감부의 잠김깊이 1m, 송신부와 수신부사이거리 500m에서 통신을 진행한데 의하면 통신이 이루어지지 않았으나 송신부의 깊이를 1m로부터 2.5m로 변화시켰을 때의 통신은 확정적이며 이때 통신거리는 1 000m를 초과하였다.

송신수감부의 잠김깊이에 따르는 통신거리특성을 그림에 보여주었다.

실험결과 자료전송속도를 20bit/s로 한 경우 약 5%의 오류가 발생하였다. 반대로 자료전송속도를 80~120bit/s로 증가시킨 결과 100bit/s까지는 오류가 발생하지 않으나 그 이상에서는 점차 오류가 증가하였다.

이상의 실험을 통하여 얕은 강이나 호수에서 수중통신통로에 영향을 주는 기본인자는 수면과 바닥반사이며 송신부를 깊이 설치할수록 다중반사효과가 작아지기에문에 전송속도를 잘 선택하여야 한다는것을 확인하였다.

전송속도가 느릴 때 오류증가는 연속파와 같으므로 얕은 물에서 통로간섭이 커지는데 원인이 있으며 전송속도가 빠를 때에는 FSK변조기의 지연효과로 오류가 증가한다고 볼수 있다.

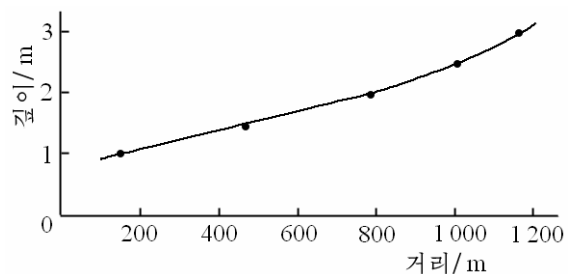


그림. 송신수감부의 잠김깊이에  
따르는 통신거리특성

## 맺 는 말

얕은 물에서 수중통신을 보장하기 위하여 FSK변조방식을 선택하고 수중에서 이루어지는 다중음향신호가 통신에 주는 영향관계를 조사한 결과 물의 깊이 3, 6, 8m 구역에서 수면과 바닥반사의 영향이 심하다는것을 알수 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] Nurul Syazwani et al.; Journal of Signal Processing, 19, 4, 179, 2015.
- [2] Hideki Uema et al.; Electronics and Communications in Japan, 98, 3, 139, 2015.

주체107(2018)년 6월 5일 원고접수

## **On the Underwater Data Transmission in the Shallow Water**

*Kim Song Chol, Ri Chol Su*

We selected the FSK modulated method for underwater communication in the shallow water and studied the effect of multiple acoustic signal on the communication.

Key words: FSK, underwater