

초음파전자기구에서 목표발견확률을 높이기 위한 방도

김경일, 이성천

초음파전자기구의 송신기에서 송신되어 목표와 장애물들에서 반사되어 되돌아온 수신 신호에는 목표신호정보와 함께 여러가지 원인으로 하여 생긴 잡음(백색가우스잡음, 상관성 잡음, 임펄스우연잡음 등)들이 섞여있다.

초음파전자기구의 목표발견확률을 높이고 결과를 정확히 현시하려면 수중통신자료의 잡음을 제거하고 SN비를 높여야 한다. 이를 위하여 웨블레트변환에 의한 잡음제거방법과 려파처리방법, 상관처리방법을 비롯하여 여러가지 신호처리방법들을 리용하고있다.[1-3]

우리는 상관처리와 중간려파, 평균화처리방법을 리용하여 LabVIEW에 의한 수중통신자료의 SN비를 개선하고 목표발견확률을 높이는 방도를 제기하고 그 효과성을 검증하였다.

1. 리론적기초

수중통신자료에는 유효신호와 함께 임펄스우연잡음이 섞여있으며 띠염체계에서 수신 신호모형은 다음과 같다.

$$x(n) = s(n) + \alpha(n) \quad (1)$$

여기서 $s(n)$ 은 유효신호, $\alpha(n)$ 은 임펄스우연잡음이다.

띠염체계에서 수신신호의 자체상관함수는 다음과 같다.

$$B(\tau) = \frac{1}{2N+1} \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cdot x(n+\tau) \quad (2)$$

여기서 N 은 자료개수이고 τ 는 유효신호의 지연시간이다.

이때 수신신호의 자체상관결수행렬은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} B(\tau) &= \frac{1}{2N+1} \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cdot x(n+\tau) = \\ &= \frac{1}{2N+1} \sum_{n=0}^{N-1} [s(n) + \alpha(n) + \omega(n)] \cdot [s(n+\tau) + \alpha(n+\tau) + \omega(n+\tau)] = \\ &= \frac{1}{2N+1} \left[\sum_{n=0}^{N-1} s(n) \cdot s(n+\tau) + \sum_{n=0}^{N-1} \alpha(n) \cdot \alpha(n+\tau) + \sum_{n=0}^{N-1} \omega(n) \cdot \omega(n+\tau) \right] \end{aligned} \quad (3)$$

상관함수들의 물리적의미로부터 자체상관결수행렬 $B(\tau)$ 의 최대값위치를 추정하여 유효신호의 지연시간 τ 를 계산한다.

중간려파방정식은 다음과 같다.

$$y_i = \text{Median}(J_i), \quad i = 0, 1, \dots, N-1 \quad (4)$$

여기서 y_i 는 중간려파된 신호, N 은 입구신호의 개수, J_i 는 입구신호의 i 번째 원소가 중심인 부분모임이다.

$$J_i = \{X_{i-r}, X_{i-r+1}, \dots, X_{i-1}, X_i, X_{i+1}, \dots, X_{i+r-1}, X_{i+r}\} \quad (5)$$

여기서 r 는 중간려파기의 위수이다.

2. 수중통신자료의 SN비를 개선하고 목표발견확률을 높이기 위한 방법

우리는 초음파전자기구조의 수신기로 수신한 수중통신자료를 PIC16F876과 현시장치의 USB 포구로 USB-485통신을 진행하여 자료를 수집한 다음 수중통신자료의 SN비를 개선하고 목표발견확률을 높이기 위하여 신호처리를 LabVIEW로 실현하였다.

먼저 수중통신자료에 기초하여 200m의 거리대역과 0.1m의 거리분해능을 가진 목표개수 $\times 2\,000$ 의 크기를 가진 자료행렬을 구성하였다.

다음으로 일정한 폭으로 자체상관과 중간려파하여 임펄스우연잡음을 제거하였다.

임펄스우연잡음을 제거한 다음에도 여러가지 원인으로 자료통신이 진행되지 못하거나 수중통신자료에서 목표신호를 검출하지 못하는 경우가 있다. 이를 해결하기 위해 이전자료에 기초한 평균처리를 진행하였다.

수중통신자료의 SN비를 개선한 신호처리의 모의실험결과를 그림 1에 보여주었다.

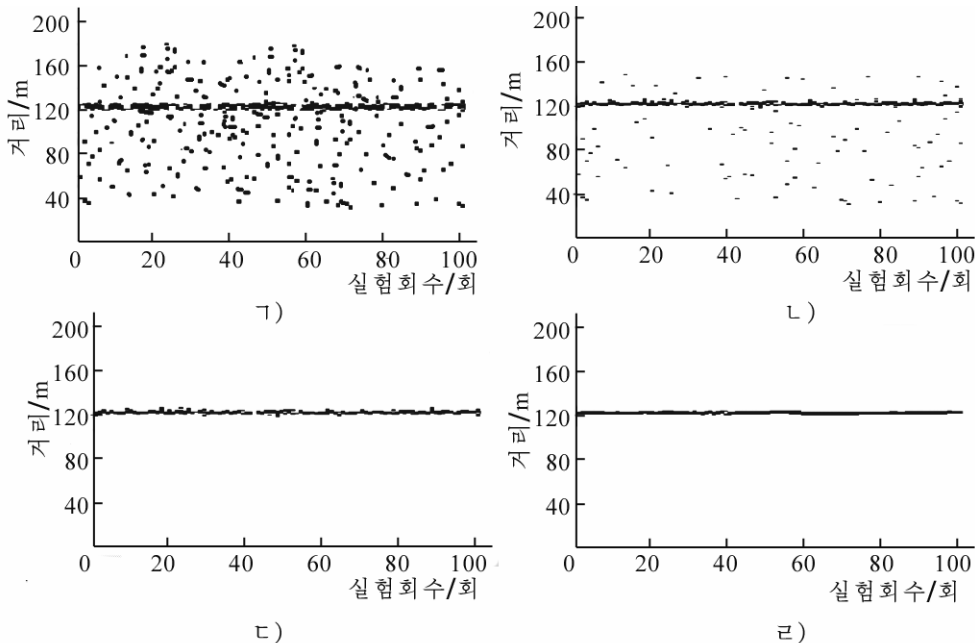


그림 1. 수중통신자료의 SN비를 개선한 신호처리에 대한 모의실험결과

㉠)~㉣)는 각각 SN비가 0dB인 임펄스우연잡음이 섞인 수신신호, 자체상관처리한 신호, 중간려파한 신호, 이전자료에 기초하여 평균처리한 신호

그림 1에서 보는바와 같이 자체상관처리를 하면 SN비는 10dB로서 임펄스우연잡음이 많이 제거되지만 아직도 잡음들이 남아있게 된다.

중간려파를 하면 임펄스우연잡음은 제거되고 목표신호들만이 남아있게 된다. 이때 신호처리과정과 자료통신과정에 여러가지 원인으로 하여 목표신호들이 없어진 결과가 얻어진다. 이것을 극복하기 위하여 10개의 이전자료를 가지고 평균처리를 진행하면 그림 1의 근)와 같은 임펄스우연잡음이 없어지고 목표발견확률이 99%로 높아진 결과를 얻을수 있다.

다음으로 우리는 수중실험을 통하여 수중통신자료의 SN비를 개선하고 목표발견확률을 높이기 위한 방법의 효과성을 검증하였다.

우리는 수중실험을 위하여 탐지부와 송신안테나를 수심 2m의 깊이에 잠그고 수신안테나는 1m의 깊이에서 탐지거리를 500m까지 변화시키면서 수중통신자료를 수신하였으며 SN비를 개선하고 목표발견확률을 높이기 위한 신호처리방법을 적용하여 결과를 표시하였다.

수중실험에서 수신한 수중통신자료와 SN비를 개선하고 목표발견확률을 높이기 위한 신호처리방법으로 처리한 현시결과를 그림 2에 보여주었다.

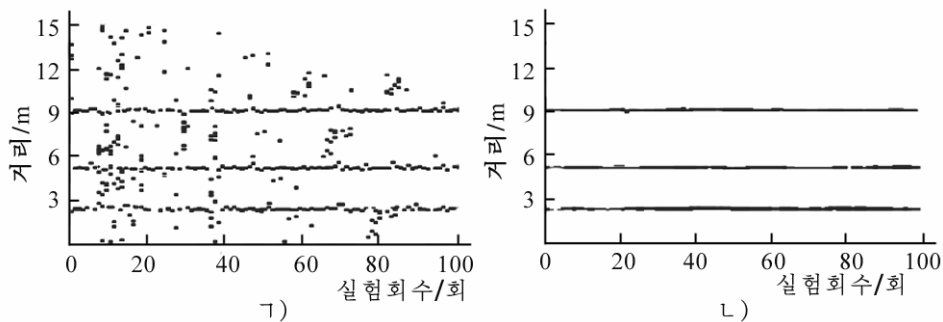


그림 2. 수중통신자료의 SN비를 개선한 수중실험결과

ㄱ) 수신한 자료, ㄴ) 신호처리한 자료

그림 2에서 보는바와 같이 초음파전자기구에서 수신한 수중통신자료의 목표신호는 3개이며 임펄스우연잡음이 많이 섞여있다.

또한 SN비를 개선하고 목표발견확률을 높이기 위한 신호처리를 적용한 결과 임펄스우연잡음이 제거된 목표신호를 얻었으며 목표발견확률은 99%이상이라는것을 알수 있다.

맺 는 말

모의실험과 수중실험을 통하여 자체상관과 중간려파, 평균처리를 리용한 신호처리방법이 임펄스우연잡음이 섞인 수중통신자료의 SN비를 10dB이상 개선하고 목표발견확률을 99%이상으로 높인다는 결과를 얻었다.

참 고 문 헌

- [1] M. Kharrat et al.; Mechanical Systems and Signal Processing, 70-71, 1038, 2016.
- [2] W. Xinhua et al.; Rev. Com. Eng. Studies, 2, 3, 21, 2015.
- [3] R. Santhoshknmar et al.; Int. J. Adv. Res. Com. Sci. Soft. Eng., 5, 2, 315, 2015.

Method to be High the Target Detection Probability at Ultrasonic Electronic Apparatus

Kim Kyong Il, Ri Song Chon

We confirmed the result that the signal processing method using autocorrelation and median filtering, average processing more improved the SNR of underwater communication data mixed impulse random noise about 10dB and the target detection probability about 99% through the simulation and underwater experiment.

Key words: autocorrelation, median filtering, average processing