

적응 필터를 이용한 잔향음 제거

박경주*, 최지웅*, 나정열*, 나영남**

*한양대학교 지구해양과학과

**국방과학연구소(진해)

The elimination of the reverberation signals by using the adaptive filter

Kyoungju Park*, Jee-Woong Choi*, Jungyul Na*, Young-Nam Na**

*Department of Earth & Marine Science, Hanyang University, Ansan

**Agency for Defense Development, ChinHae

pkju@hymail.hanyang.ac.kr

요 약

잔향음 제한 환경에서 능동소나를 운용시 잔향음은 표적탐지를 저해하는 중요한 요인으로 작용한다. 그러한 환경에서 잔향음을 효과적으로 제거하고 표적신호를 보존하기 위한 기법으로 priori estimation error를 사용하는 deterministic LSL(least squares lattice) 알고리즘을 적용하였으며, LSL 필터의 입력신호는 천해에서 고주파 센서를 이용하여 실측한 CW 및 FM 잔향음신호와 모의된 표적신호를 합성한 신호를 이용하였다. 모의 실험 결과 잔향음신호는 상당히 감소되었을 뿐만 아니라 도플러 변화가 없는 표적신호에 대해서도 LSL 필터는 양호한 응답을 보였다.

I. 서 론

잔향음은 능동소나를 운용시 비균질성 매질에 의해 음파가 산란되어 되돌아오는 산란음파의 합을 말한다.

잔향음은 해수면이나 해수면 근처에서의 음파산란에 의한 해수면 잔향음, 해수중에 존재하는 체적 산란체에 의한 체적 잔향음, 그리고 해저면의 특징에 의한 해저면 잔향음으로 구분된다[1].

잔향음 제한 환경에서 능동소나를 운용시 잔향음은 소나 탐지성능을 저해하는 중요한 요인으로 작용한

다. 특히 천해역에서 고주파수를 사용할 경우 송·수신기 및 표적사이에서는 송신된 신호에 대해 시간, 주파수 및 위상 변화가 발생하게 되고[2], 수신신호에는 해수면, 체적 그리고 해저면 잔향음과 기타 주변잡음들이 함께 들어오게 되어 표적신호의 구별이 어렵게 된다 [그림 1].

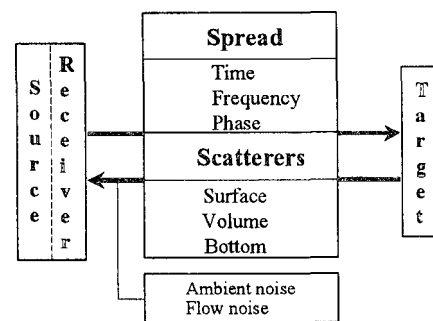


Fig. 1. Active sonar model.

따라서, 본 논문에서는 이러한 환경에서 잔향음에 포함되어 있는 표적신호를 보존하면서 잔향음을 효과적으로 제거하기 위한 방법으로 비정상환경(nonstationary environment)에 부합하는 LSL 적응 필터를 고려하였다. 그림 2는 적응적 잡음 제거 개념을 보여주고 있으며[3], 주채널로 입력되는 신호 S는 잔향음신호와 표

적신호가 합성된 신호이며 참조채널 입력은 잔향음신호로 주채널의 잔향음신호와와는 상관성(correlation)이 있는 신호이다. 잔향음신호를 제거하고 표적신호를 보존하기 위해서는 두 채널로 입력되는 잔향음신호는 서로 상관성이 있어야 하고 표적신호와는 그렇지 않아야 한다[4].

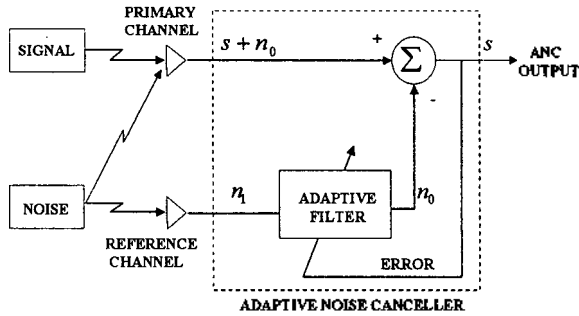


Fig. 2. The adaptive noise canceling(ANC) concept.

II. LSL 알고리즘

현재까지 발표된 적응적 잡음 제거의 응용에 있어서 LMS(least mean squares) 필터는 계산이 간단하기 때문에 적응 프로세서로서 많이 사용되어 왔다[5]. 특히 신호의 통계적 특성이 급변하는 상황에서는 LMS와 gradient 형태의 LSL보다는 deterministic LSL이 더 좋은 결과를 주는 것으로 알려져 있다[6].

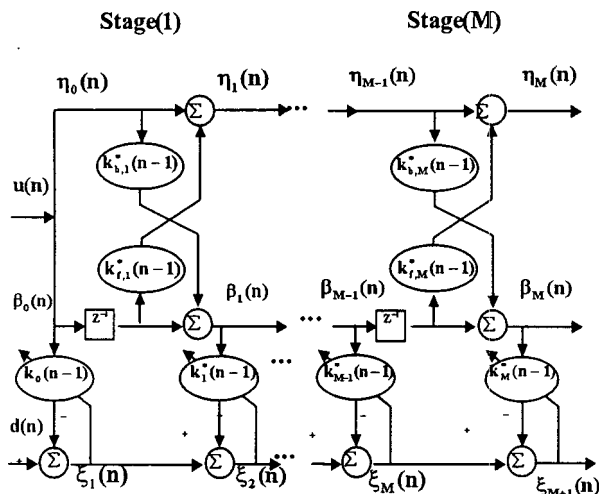


Fig. 3. Joint-process estimator using the LSL algorithm based on a priori estimation errors.

그림 3은 priori estimation errors를 기반으로 LSL 알고리즘을 사용한 joint-process estimator를 보여준다 [3]. 참조채널 입력 $u(n)$ 은 각 단계를 거치면서 최적화된 reflection 계수 ($k_{f,m}(n)$, $k_{b,m}(n)$)와 결합하여 각각 forward/backward 예측오차 ($\eta_m(n)$, $\beta_m(n)$)를 생성하게 되며, 여기서 backward 예측오차는 regression 계수 ($k_{m-1}(n)$)와 결합하여 주채널 입력 $d(n)$ 의 추정값을 계산하게 된다.

LSL 알고리즘에서 forward/backward 예측오차 자승의 합을 계산하기 위하여 지수적 가중치(exponential weighting factor, λ)가 도입되는데, 이는 비정상환경(nonstationary environment)에서 관측된 자료의 통계적 변화에 적응하기 위한 것이다[3].

III. 잔향음신호 제거

모의 실험에 사용된 잔향음신호는 여수근해에서 고주파 능동센서를 이용하여 CW 및 FM 신호를 방사하여 수신한 실측신호로 CW 신호의 중심주파수는 126kHz, 펄스길이는 0.4msec 이며, FM 신호의 주파수 대역은 120~132kHz, 펄스길이는 0.4msec이다.

필터의 주채널로 입력되는 잔향음신호는 능동센서에서 발사된 임의의 ping 수신신호이며, 참조채널로 입력되는 잔향음신호는 다음과 같은 과정으로 만들어졌다.

임의의 ping 수신신호를 Refsig1, 가장 짧은 시간지연을 두고 방사된 그 다음 ping의 수신신호를 Refsig2 라고 했을 때 참조채널의 입력 잔향음신호 Refsig는 다음과 같다[7].

$$\text{Refsig} = k \cdot \text{Refsig1} + (1-k) \cdot \text{Refsig2}, \quad 0 \leq k \leq 1$$

이러한 방법으로 참조채널의 잔향음신호를 만든 이유는 수중 잔향음신호의 통계적 특성이 시·공간에 따라 조금씩 변하기 때문이다.

첫 번째 모의 실험은 필터의 입력을 CW 잔향음신호를 이용하였다. 표적신호는 두 개의 사인파형을 사용하였고 주채널 입력 잔향음신호에 포함시켰다. 첫 번째 표적신호는 움직임이 없는 표적의 변화를 보기 위해 126kHz 주파수 신호를 선택하여 데이터 샘플 3001~4000 사이에 포함시켰으며, 다른 하나는 110kHz 주파수 신호로 샘플 501~1500 사이에 위치시켰다. LSL 필터에 적용된 지수적 가중치(λ)는 0.985이며 필터차수(M)는 15이다.

그림 4는 표적신호가 없는 상태에서 주채널 입력

CW 잔향음신호와 필터의 출력 결과를 보여주며, 그림 5는 그림 4에 대한 시간-주파수 영역에서의 결과를 나타내고 있다. 그림 4, 5에서 보는 바와 같이 잔향음신호가 현저히 제거된 것을 볼 수 있다.

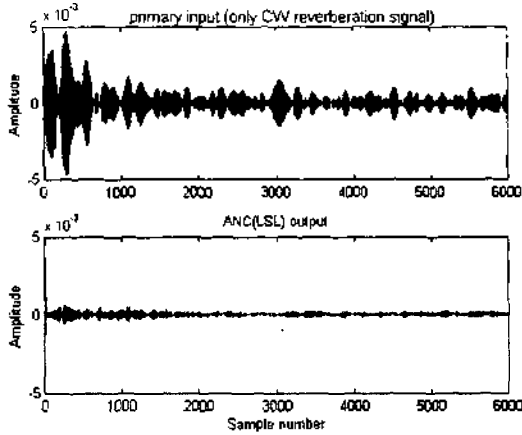


Fig. 4. Time series of input and output for the LSL filter.

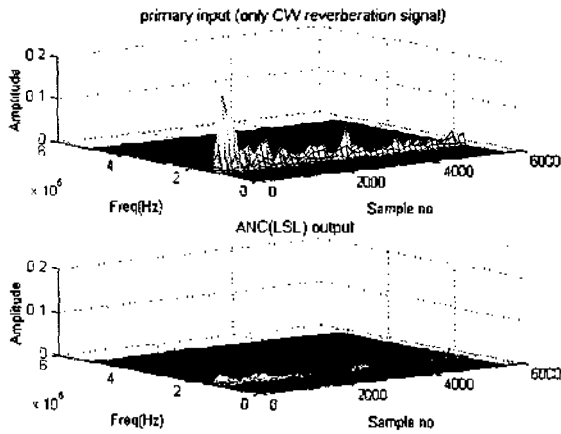


Fig. 5. Time-frequency representation of input and output for the LSL filter.

그림 6, 7은 표적신호를 합성한 신호에 대한 결과를 보여주고 있는데, 이 경우 역시 주채널 입력신호와 비교했을 때 잔향음신호는 잘 제거되면서 도플러 변화를 보이지 않는 표적신호까지 보존됨을 볼 수가 있다.

두 번째 모의 실험은 FM 잔향음신호를 이용하였으며 주채널 입력신호는 주파수 대역 120~132kHz, 펄스 길이가 0.4msec의 잔향음신호와 3개의 표적신호를 합성한 신호이다. 표적신호는 두 개의 FM 신호와 CW 신호로 구성되어 있으며, FM 신호는 데이터 샘플

2001~3000(120~132kHz) 및 3501~4500(130~160kHz) 사이에 그리고 CW 신호는 5001~6000(126kHz) 사이에 각각 위치시켰다. 또한 참조채널 입력은 첫 번째 실험과 같은 방법으로 만들어졌으며, λ 는 0.985, M은 15이다.

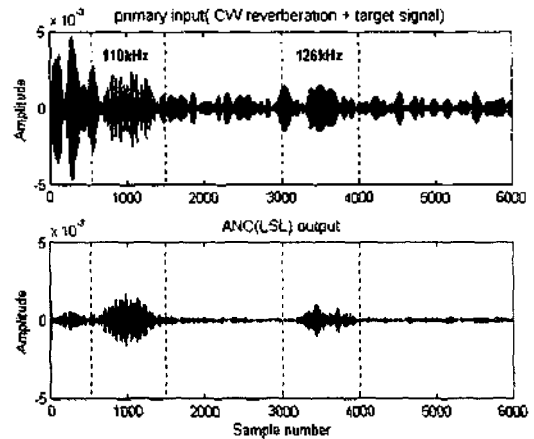


Fig. 6. Time series of input and output for the LSL filter (including target signal).

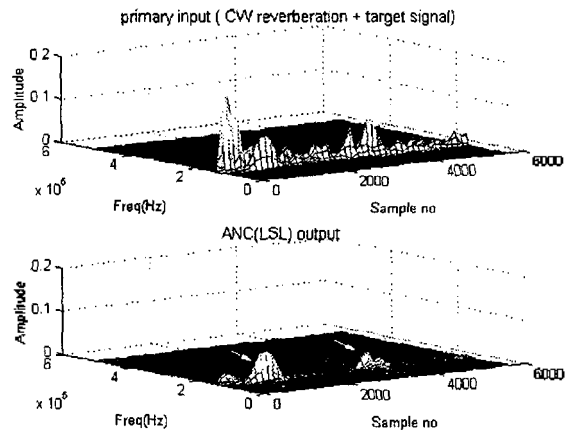


Fig. 7. Time-frequency representation of input and output for the LSL filter (including target signal).

그림 8, 9는 표적이 존재할 때 필터의 입·출력과 그것의 시간-주파수 영역에서의 표현이다. 필터 출력 결과 잔향음신호는 상당히 제거되었고, 표적신호의 주파수 급변에도 불구하고 주파수 변화에 잘 적응하고 있는 것을 볼 수 있으며, 또한 잔향음신호에 포함된 표적신호 모두 어느 정도 잘 유지되고 있음을 확인할 수 있다.

그러나 주채널 입력신호의 잔향음 준위가 높은 부분은 대체로 다른 부분에 비하여 잔향음신호 제거 정도가 낮음을 알 수 있다.

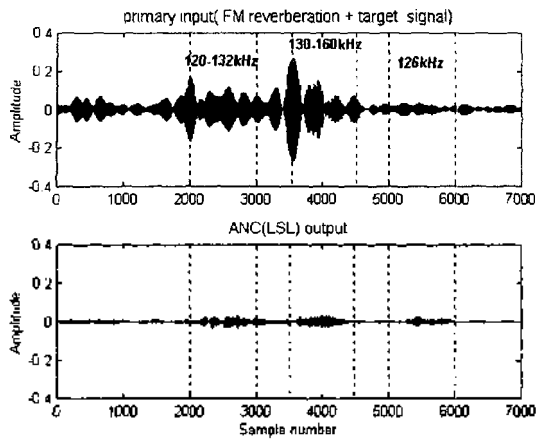


Fig. 8. Time series of input and output for the LSL filter(included target signal).

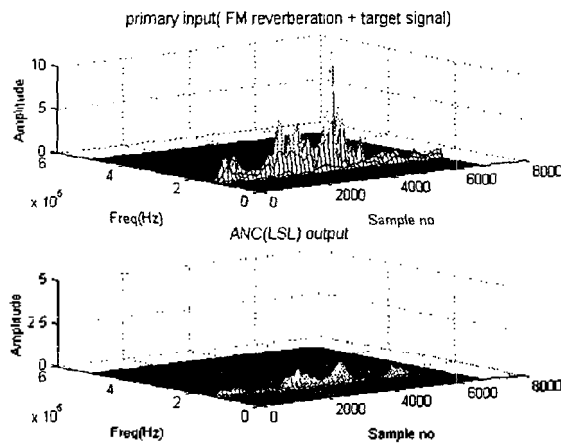


Fig. 9. Time-frequency representation of input and output for the LSL filter(included target signal).

IV. 결론

간향음 제한 환경하에서 간향음신호와 함께 포함되어 있는 표적신호를 보존하면서 간향음신호를 제거하기 위한 목적으로 LSL 적응 필터를 적용하였다.

모의 실험 결과 CW 및 FM 신호에 의한 간향음신호 모두 간향음 준위는 현저히 감소되었으나, 주채널 입력 신호의 간향음 준위가 높았던 부분은 간향음 제거 정도가 다른 부분에 비하여 낮았다. 그리고 표적신호의 주파수 급변에도 불구하고 주파수 변화에 잘 적응하였으며, 도플러 변화가 없는 표적신호에 대해서도 필터는 양호한 응답을 보였다.

LSL 필터 출력 결과는 참조채널 입력신호와 주채널 입력신호간의 상관성 정도에 크게 의존하였으며, 다른 적응 필터와 비교했을 때 비정상환경에 잘 부합하여 잔향음신호 제거에 효과적이지만 계산이 복잡하고 연산량이 많다는 단점이 있다.

참고 문헌

- [1] C. S. Clay and H. Medwin, 'Acoustical Oceanography', New York: Wiley, 1977.
- [2] Richard O. Nielsen, 'Sonar Signal Processing', Norwood, Artech House Inc., 1991.
- [3] S. Haykin, 'Adaptive Filter Theory', New Jersey, Prentice-Hall, 1986.
- [4] Widrow, B. and S. D. Stearns, 'Adaptive Signal Processing', Prentice-Hall, 1985.
- [5] B. Widrow, J. R. Glover, J. M. McCool, J. Kaunitz, C. S. Williams, R. H. Hearn, J. R. Zeidler, Jr., E. Dong, and R. C. Goodlin, 'Adaptive noise canceling: Principles and applications', Proc. IEEE, Vol. 63, pp. 1692-1716, 1975.
- [6] D. Alexandrou, 'Adaptive Noise Canceling Applied to Sea Beam Sidelobe Interference Rejection', IEEE J. Ocean Eng., Vol. 13, No. 2, April 1988.
- [7] Manuel Aineto and Stuart Lawson, 'Narrowband signal detection in a reverberation-Limited environment', Proc. Oceans '97 MTS/IEEE Vol. 1, pp. 27-32, 1997.