

논문 2007-44SP-2-16

# 동시통화 환경에서 잔여반향 제거를 위한 후처리 기법

( Post-processing for the elimination of residual echo in double-talk environment )

손 재 혁\*, 신 재 호\*\*

( Jaehyeak Son and Jaeho Shin )

## 요 약

기존의 후처리 기법을 그대로 적용한 P-ECLMS(Post-Processing Expand Correlation LMS) 알고리즘은 동시통화환경에서 근단신호의 왜곡을 발생 시킨다. 이러한 문제를 해결해주기 위해 단일통화의 경우와 동시통화의 경우 후처리계수를 달리 하여 주는 SP-ECLMS(Selective Post-Processing ECLMS) 알고리즘을 제안한다. 상관도가 30% 이상 나올 때는 신호의 왜곡을 방지하기 위해 원래의 신호를 출력시키도록 하고 상관도가 그 이하일 경우는 후처리 값을 그대로 가중 값으로 적용하여 단일통화 환경의 잔여반향을 줄여준다. 따라서 통화시간의 대부분인 단일통화환경에서의 잔여반향을 감소시키고 동시통화환경에서도 안정적 통신채널을 유지하도록 한다.

## Abstract

The P-ECLMS algorithm adapted the existing Post-Processing method occurs the distortion of the near-end signal at the double-talk situation. To solve this problem, we propose the SP-ECLMS algorithm which makes the Post-Processing coefficient differently at the case of the single-talk and the double-talk. When the correlation level is not output less than 30%, the proposed algorithm output the original signal to prevent the signal's distortion.

**Keywords :** Adaptive Signal Processing, Post-Processing, LMS, ECLMS

## I. 서 론

동시통화 환경에서도 반향에 대한 추정을 정상적으로 진행하면서 구조 또한 간단한 ECLMS 알고리즘<sup>[1]</sup> 사용하여 동시통화 환경에서 음향 반향제거를 할 수 있다. 그러나 여전히 적응필터를 이용한 음향반향제거는 음향 반향경로를 충분히 추정하지 못해서 잔여반향이 발생한다. 본 논문에서 입력신호와 잔여반향신호의 상관도를 이용하여 근단 화자의 음성신호에 왜곡 없이 잔여반향을 제거하는 방법을 제안한다. 입력신호의 전

력으로 정규화 하여 정규화 상관도를 구하고 상관도를 잔여반향신호에 가중 값으로 곱함으로써 잔여반향신호를 감소시킨다. 입력 신호에 근단 화자의 음성신호가 없는 경우에는 정규화 상관도는 직교원리에 의해서 상당히 작은 값이 되어 잔여 반향신호는 대부분 감소되어 제거된다. 그러나 근단 화자 신호가 존재하는 동시통화 환경의 경우 NLMS 알고리즘은 발산하게 되고, 상관도에 영향을 끼치게 됨으로 신호의 왜곡을 초래한다. 이를 해결하기 위해 ECLMS 알고리즘을 사용하여 해결한다. 그러나 여전히 잔여반향의 상관도는 수렴하기 전까지 과도기가 존재하고 수렴하고 나서도 1에 가깝게 수렴하지 않는 경우가 자주 발생하게 된다. 이것이 신호의 크기를 감쇄 시키므로 이것을 보상해주기 위해서 상관도가 0.3이상이 나올 경우 1로 고정하여, 신호의 왜곡을 줄여줌과 동시에 단일통화 환경에서의 잔여반향을

\* 정희원, 동부일렉트로닉스

(Dongbu Electronics Co., Ltd.)

\*\* 정희원, 동국대학교 전자공학과

(Dept. of Electronics Engineering, Dongguk

University)

접수일자: 2006년10월31일, 수정완료일: 2007년2월26일

급격히 낮추어 준다.

본 연구에서는 ECLMS 알고리즘을 적응 반향 제거기에 적용한 것과 NLMS 알고리즘을 적용한 반향 제거기와 비교하여 동시통화 환경에서의 ECLMS 알고리즘의 반향 제거 성능이 우수함을 입증하고, ECLMS에 나타나는 문제점을 해결하기 위하여 후처리 기법을 제안하고 성능을 평가한다.

먼저 ECLMS 알고리즘을 반향 제거기에 적용하여 단일통화 및 동시통화 환경에서의 반향 제거에 효과가 있음을 보이고, 제안된 SP-ECLMS 알고리즘과 ECLMS 알고리즘을 비교 분석하여 제안된 알고리즘이 잔여반향을 보다 효과적으로 줄여줌으로써 좋은 통화품질 보장함을 보일 것이다.

### II. 기존 반향제거 알고리즘

기존의 NLMS 알고리즘은 다음과 같다.

$$y(n) = H^T(n)X(n) \tag{1}$$

$$d(n) = y(n) + s(n) \tag{2}$$

$$e(n) = d(n) - \hat{y}(n) = y(n) - \hat{y}(n) + s(n) \tag{3}$$

$$H(n+1) = H(n) + \mu_1 e(n) X(n) \tag{4}$$

$$\mu_1 = \frac{\alpha}{X^T(n)X(n)} \quad \text{단, } \alpha \text{는 } 0 < \alpha < 2 \tag{5}$$

LMS 및 NLMS 알고리즘의 오차신호  $e(n)$ 은 입력 신호  $x(n)$ 과는 상관관계가 없는 근단신호  $s(n)$ 을 포함하고 있다. 적응 필터는  $x(n)$ 에 대한 정보만 가지고 있을 뿐  $s(n)$ 에 대한 정보를 가지고 있지 않다. 따라서 동시통화 환경에의 적응과정에서 근단화자의 음성신호에 의해 발산되어 진다.

동시통화 환경에서 LMS 또는 NLMS 알고리즘은 근단신호에 의해 발산될 수 있다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로 ECLMS 알고리즘이 제시되었다.<sup>[2][3]</sup>

그림 2는 ECLMS 알고리즘을 적용한 동시통화 반향 제거기의 개념도이다. 먼저, 필터의 적응을 위해 평가 함수  $J$ 를 정의 한다. ECLMS 알고리즘에서 평가 함수  $J$ 는 식(6)과 같이 자연 자승 오차의 합으로 표현 한다.

$$J = E[e^T(n)e(n)] \tag{6}$$

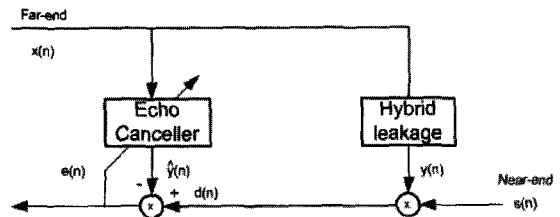


그림 1. 적응 반향 제거기  
Fig. 1. The echo canceller.

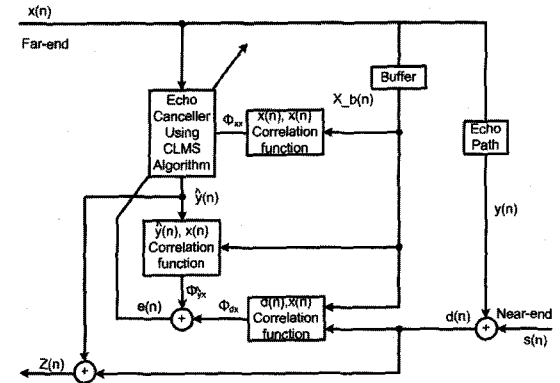


그림 2. ECLMS 알고리즘을 적용한 동시통화 반향 제거기의 개념도  
Fig. 2. The concept diagram of double-talk echo canceller using ECLMS algorithm.

오차신호 벡터  $e(n)$ 은 식(7)으로 표현한다.

$$e(n) = [e(n,0), e(n,1), \dots, e(n,N-1)]^T \tag{7}$$

여기서,  $e(n,k)$ 는 반향과 근단신호가 포함된 목표신호  $d(n)$ 과 입력신호  $x(n)$ 과의 상관함수  $\phi_{dx}(n, n-k)$ 와 필터 출력신호  $\hat{y}(n)$ 과 입력신호  $x(n)$ 과의 상관함수  $\phi_{\hat{y}x}(n, n-k)$ 의 차로 식(8)과 같다.

$$e(n,k) = \phi_{dx}(n, n-k) - \phi_{\hat{y}x}(n, n-k) \tag{8}$$

$$\phi_{dx}(n, n-k) = E[d(n) \cdot x(n-k)] \tag{9}$$

여기서,  $d(n)$ 은 목표 신호로서

$$d(n) = s(n) + y(n) \tag{10}$$

이며  $s(n)$ 은 근단신호이고,  $y(n)$ 은  $x(n)$ 의 반향으로

$$y(n) = \sum_{i=0}^{N-1} h_i x(n-i) \tag{11}$$

이다.

그런데, 필터 출력  $\hat{y}(n)$ 는

$$\hat{y}(n) = \sum_{i=0}^{N-1} \hat{h}_i x(n-i) \tag{12}$$

이므로 식 (6)은  $\hat{h}$ 의 함수가 되고 최적의 필터 계수를 구하기 위해 편미분하면

$$\begin{aligned} \hat{\nabla} J &= \frac{\partial}{\partial \hat{h}} E[e^T(n)e(n)] \\ &= E[2[\frac{\partial}{\partial \hat{h}} e(n)]^T e(n)] \end{aligned} \quad (13)$$

이며, 식(13)의 두 번째 항은 다음과 같은 관계를 갖는다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial e(n)}{\partial \hat{h}} &= \frac{\partial}{\partial \hat{h}} [\Phi_{dx}(n,n) - \Psi_{xx}(n,n)\hat{h}] \\ &= -\Psi_{xx}(n,n) \end{aligned} \quad (14)$$

여기서,  $\Phi_{dx}(n,n) = [\phi_{dx}(n,n-0), \phi_{dx}(n,n-1), \dots, \phi_{dx}(n,n-N+1)]^T$

$$\Psi_{xx}(n,n) = \begin{bmatrix} \phi_{xx}(n,n-0) & \phi_{xx}(n,n-1) & \dots & \phi_{xx}(n,n-N+1) \\ \phi_{xx}(n,n+1) & \phi_{xx}(n,n-0) & \dots & \phi_{xx}(n,n-N+2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \phi_{xx}(n,n-1+N) & \phi_{xx}(n,n-2+N) & \dots & \phi_{xx}(n,n-0) \end{bmatrix} \quad (15)$$

식(15)을 식(13)로 대치할 수 있으므로, 식(6)의 gradient 벡터는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\hat{\nabla} J = -E[\Psi_{xx}(n,n)e(n)] \quad (16)$$

따라서 식(16)로부터 다음과 같은 최대경사 ECLMS 알고리즘을 구할 수 있다.

$$\hat{h}(n+1) = \hat{h}(n) + 2\mu E[\Psi_{xx}(n,n)e(n)] \quad (17)$$

식(17)은 NLMS 알고리즘에서와 같이, 오차 신호의 기대값 추정 대신 Widrow가 제안한 stochastic gradient method를 활용하고, 수렴에 대한 충분한 조건을 확보하기 위해 정규화 하면 식(18)이 된다.

$$\hat{h}(n+1) = \hat{h}(n) + \frac{2\mu}{1 + \text{tr}[\Psi_{xx}(n,n)\Psi_{xx}(n,n)]} * \Psi_{xx}(n,n)e(n) \quad (18)$$

여기서  $0 < \mu < 1$ ,  $\text{tr}[\cdot]$ 은 trace 연산자이다. 식(18)을 반향 제거기에 적용하기 위해서는  $e(n)$ 과  $\Psi_{xx}(n,n)$ 의 계산이 필요하다. 그런데, 오차신호는 식(9)에서 알 수 있듯이 목표신호와 입력신호와의 상관함수  $\phi_{\hat{y}x}(n,n-k)$ 의 차이이다. 이 식은 목표신호와 필터의 출력신호의 차인  $z(n)$ 과 입력신호와의 상관함수  $\phi_{zx}(n,n-k)$ 로 근사화 할 수 있다.

$$\begin{aligned} e(n,k) &= \phi_{dx}(n,n-k) - \phi_{\hat{y}x}(n,n-k) \\ &= \phi_{zx}(n,n-k) \end{aligned} \quad (19)$$

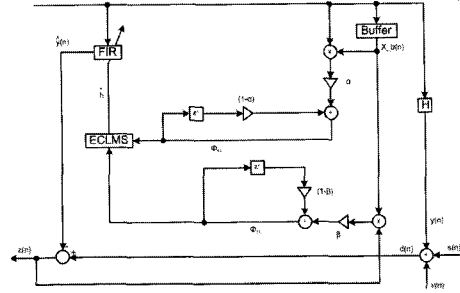


그림 3. ECLMS 알고리즘을 적용한 반향 제거기  
Fig. 3. The echo canceller using ECLMS algorithm.

따라서 식(19)를 적용하여 그림 2와 같이 반향 제거기를 구성한다. 또한 식(20) 및 식(21)과 같은 회귀 방정식을 도입한다.

$$\Psi_{xx}(n,n-k) = (1-\alpha)\Psi_{xx}(n-1,n-1-k) + \alpha x(n)x(n-k) \quad (20)$$

$$\phi_{zx}(n,n-k) = (1-\beta)\phi_{zx}(n-1,n-1-k) + \beta z(n)x(n-k) \quad (21)$$

여기서,  $\alpha$ 와  $\beta$ 는 회선 추종 계수로서,  $0 < \alpha, \beta \leq 1$ 이며, 현재 값과 과거 값에 일정한 가중치를 주어 알고리즘의 수렴 속도를 조절하는 것이다.

그러나 여전히 잔여반향의 상관도는 수렴하기 전까지 과도기가 존재하고 수렴하고 나서도 1에 가깝게 수렴하지 않는 경우가 자주 발생하게 된다.

### III. 후처리 기법 적용

후처리 기법은 적응 알고리즘이 수렴했을 경우를 전제 조건으로 하기 때문에 수렴하기 전의 잔류 반향은 제거하지 못한다.<sup>[4]</sup> 또한 동시 통화시  $z(n)$ 이 정확하게 근단신호  $s(n)$ 과 일치하지 않는 경우가 자주 발생한다.

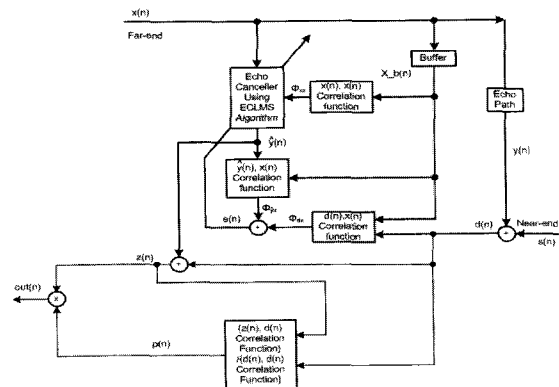


그림 4. P-ECLMS 알고리즘을 적용한 반향 제거기  
Fig. 4. The echo canceller using P-ECLMS algorithm.

이는 잡음원  $v(n)$ 의 존재 원인과 반향신호  $y(n)$ 의 크기가 근단 신호보다 충분히 작지 않는 경우가 자주 발생하기 때문이다. 최악의 경우 원단신호는 하이브리드 시스템에 의해서 지연 없는 반향을 형성하게 되는데, 이때의 크기 감쇄는 14dB이다. 따라서 앞에서 서술한 근단 신호가 존재할 경우 원단신호와 근단신호의 차이가 20dB 이상을 만족하지 않는 경우가 대부분을 차지하게 된다. 이런 이유로 인하여 동시통화 환경에서 후처리 기법을  $z(n)$ 에 적용하게 되면 원단신호만 존재하는 단일통화 환경에서는 성능을 향상시키지만 근단신호가 존재하는 동시통화 환경에서는  $\rho(n) \approx 1$ 에 가깝게 정의 되지 않으므로  $\rho(n)$ 의 값에 의하여 근단신호를 왜곡 시키는 결과를 초래한다.

IV. 제안 알고리즘과 시뮬레이션

원단신호 $x(n)$ 과 근단신호 $s(n)$ 으로 사용될 신호는 다음 식(22),(23)와 같다. 음원 신호는 ITU-T규정에 의거하여 G.168에 의해 만들었고, 사람의 음성은 정현파신호를 표현된다. 본 시뮬레이션에서 모델링한 정현파신호를 사용함으로써 실제 음성신호보다, 성능의 평가가 용이하다.

$$x(n) = x_1(n) + x_2(n) + x_3(n) + x_4(n) + x_5(n) = \sum_{i=1}^5 a_i \cdot \sin(2\pi f_i(t+\tau)) \tag{22}$$

$$s(n) = s_1(n) + s_2(n) + s_3(n) + s_4(n) + s_5(n) = \sum_{i=1}^5 b_i \cdot \sin(2\pi f_i t) \tag{23}$$

여기서,  $a$ 와  $b$ 는 진폭이며,  $f$ 는 주파수,  $\tau$ 는 하이브리드 경로를 통과하는 동안의 시간지연을 의미한다. 즉,  $x(n)$ 과  $s(n)$ 은 정현파 복합신호이고 그 각각의 성분은 다음 식(24)과 식(25)이다. 여기서,  $\tau$ 는 시간지연이 있는 경우이다.

$$\begin{aligned} x_1 &= 0.7 \cdot \sin(2\pi \cdot 300t + \tau) \\ x_2 &= 0.9 \cdot \sin(2\pi \cdot 600t + \tau) \\ x_3 &= 0.7 \cdot \sin(2\pi \cdot 1200t + \tau) \\ x_4 &= 0.4 \cdot \sin(2\pi \cdot 2400t + \tau) \\ x_5 &= 0.3 \cdot \sin(2\pi \cdot 4800t + \tau) \end{aligned} \tag{24}$$

여기서, 시간지연  $\tau$ 는 지연이 없는 경우 20ms의 시간지연을 갖는 2가지 경우로 실험한다.

$$\begin{aligned} s_1(n) &= 0.5 \cdot \sin(2\pi \cdot 200t) \\ s_2(n) &= 0.9 \cdot \sin(2\pi \cdot 400t) \\ s_3(n) &= 0.5 \cdot \sin(2\pi \cdot 800t) \\ s_4(n) &= 0.4 \cdot \sin(2\pi \cdot 1600t) \\ s_5(n) &= 0.3 \cdot \sin(2\pi \cdot 3200t) \end{aligned} \tag{24}$$

근단신호  $s(n)$ 은 반향을 고려하지 않기 때문에 시간지연을 적용하지 않았다.

단방향 통화의 경우와 양방향 통화의 경우 후처리계수를 달리 하여 주는 SP-ECLMS(Selective Post-Processing ECLMS) 알고리즘을 제안한다. 원단신호만 존재할 경우 후처리 기법을 그대로 사용한다. 그러나 동시통화의 경우에는 상관계수가 0.3 이상일 경우

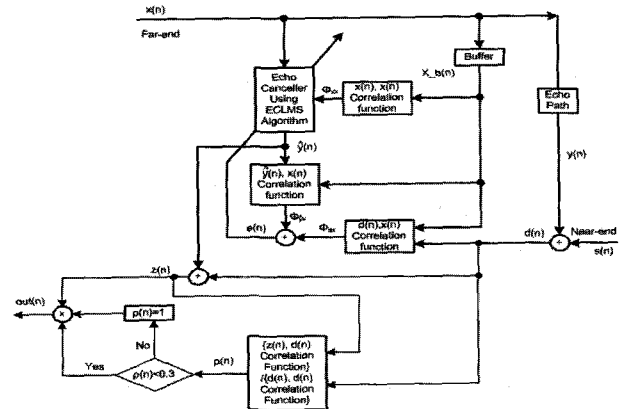
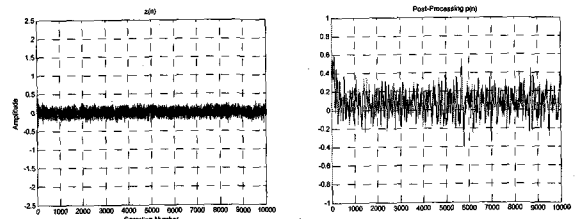
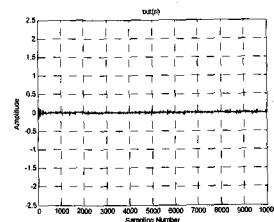


그림 5. 제안된 SP-ECLMS 알고리즘을 적용한 반향 제거  
Fig. 5. The SP-ECLMS algorithm applied echo canceller.

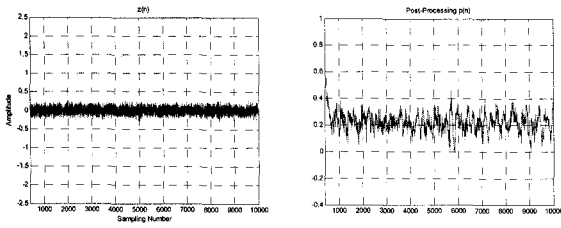


(a)잔여반향신호 (b)후처리계수

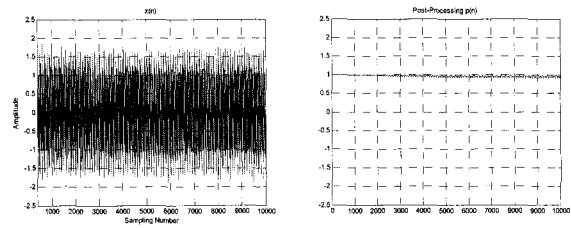


(c)출력신호

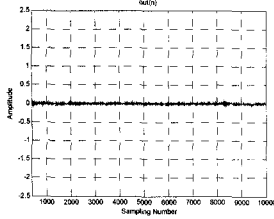
그림 6. 단일통화 환경에서 P-ECLMS  
Fig. 6. The P-ECLMS in single-talk environment.



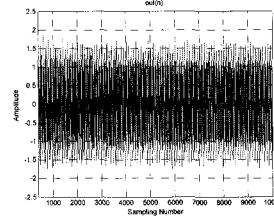
(a)잔여반향신호 (b)후처리계수



(a)잔여반향신호 (b)후처리계수



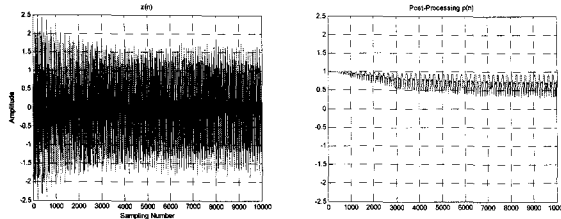
(c)출력신호



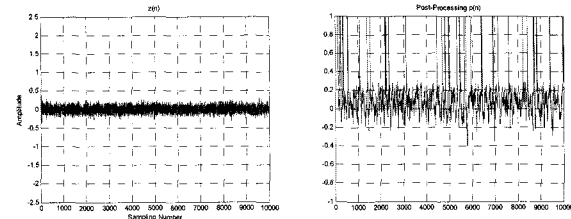
(c)출력신호

그림 7. 단일통화 환경에서 P-ECLMS(20ms delay)  
Fig. 7. The P-ECLMS in single-talk environment(20ms delay).

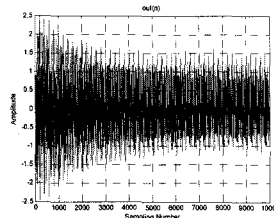
그림 9. 단일통화 환경에서 P-ECLMS(20ms delay)  
Fig. 9. The P-ECLMS in single-talk environment(20ms delay).



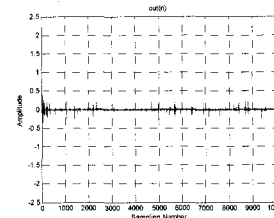
(a)잔여반향신호 (b)후처리계수



(a)잔여반향신호 (b)후처리계수



(c)출력신호



(c)출력신호

그림 8. 동시통화 환경에서 P-ECLMS  
Fig. 8. The P-ECLMS in double-talk environment.

그림 10. 단일통화 환경에서 SP-ECLMS 알고리즘  
Fig. 10. The SP-ECLMS in single-talk environment.

기존의 출력을 그대로 유지함으로써 신호의 왜곡을 사전에 방지한다. 이를 통하여 동시통화 환경에서의 반향을 그대로 유지하고, 단일 통화 환경에서 불필요한 잔여반향을 감소시켜 통화 품질의 성능을 향상 시킨다.

시간지연이 없는 단일통화 상태에서 P-ECLMS 알고리즘을 적용한 반향 제거기가 반향 성분은 ECLMS 알고리즘을 적용한 반향 제거기보다 40dB 정도의 감소를 보인다. 그림 6은 시간 축에서 ECLMS 출력  $z(n)$ 이 후처리 계수  $p(n)$ 에 의해서 감소되어 최종 출력  $out(n)$ 이 감소된 것을 알 수 있다.

시간지연이 있는 상태에서 P-ECLMS 알고리즘을 적용한 반향 제거기의 반향 성분은 그림 7에서 보는 바와 같이 ECLMS 알고리즘을 적용한 반향 제거기보다 약 30dB 감소한다.

동시통화 환경의 시간지연이 있는 상태에서 P-ECLMS 알고리즘을 적용한 반향 제거기의 반향 성분은 ECLMS 알고리즘을 적용한 반향 제거기보다 약 20dB 증가한다. 그림 8은 시간 축에서 ECLMS 출력  $z(n)$ 이 후처리 계수  $p(n)$ 으로 인하여 최종 출력  $out(n)$ 이 감소됨을 보여준다. 이는 이전까지의 실험과

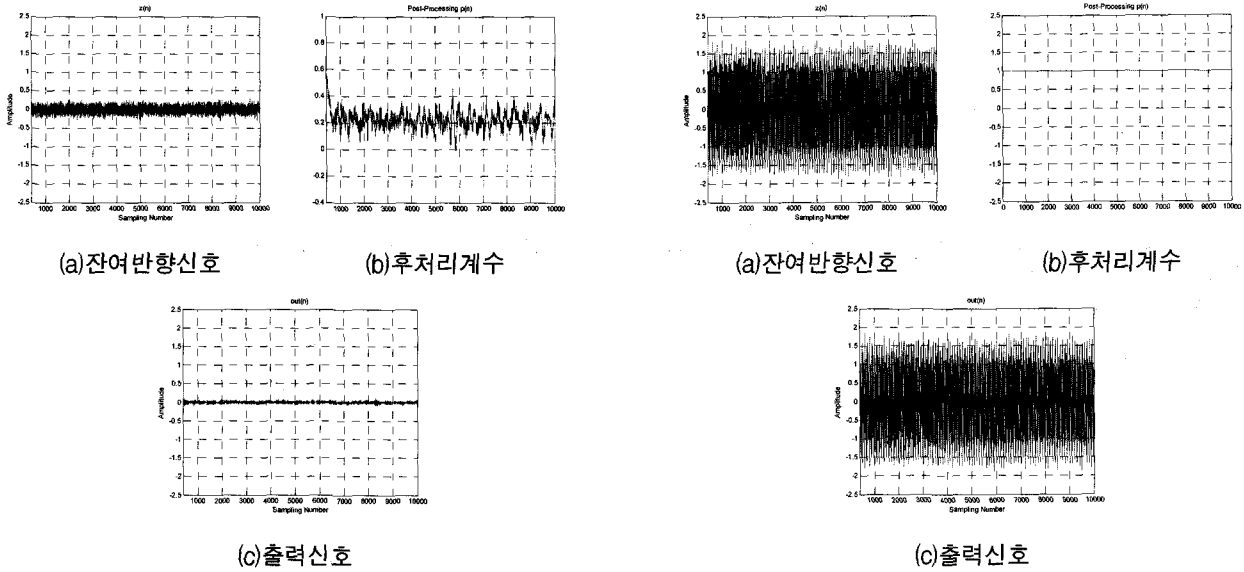


그림 11. 단일통화 환경에서 SP-ECLMS(20ms delay)  
 Fig. 11. The SP-ECLMS in single-talk environment(20ms delay).

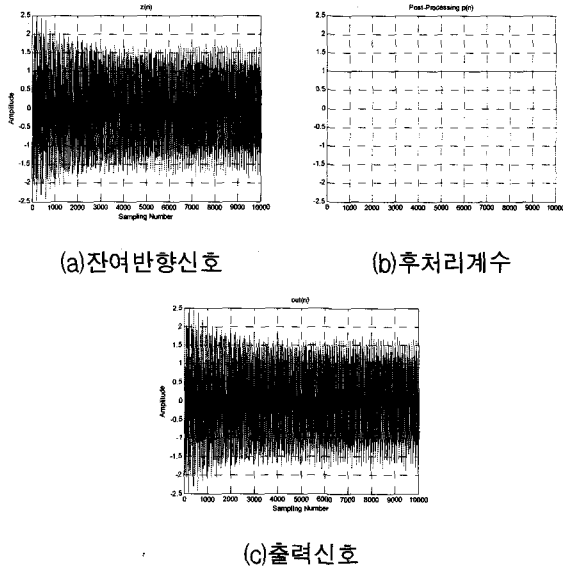


그림 12. 동시통화 환경에서 SP-ECLMS  
 Fig. 12. The SP-ECLMS in double-talk environment.

는 다르게 근단신호가 포함된 출력신호이기 때문에 신호의 감소는 근단신호 왜곡의 원인이 된다. 이런 왜곡의 근본 원인은 반향신호가 근단신호 보다 20dB이상 작아야 하는 조건을 만족하지 않기 때문이다.

시간지연이 있는 상태에서 P-ECLMS 알고리즘을 적용한 반향 제거기의 잔여 반향 성분은 ECLMS 알고리즘을 적용한 반향 제거기와 별 차이가 없다. 그림 9는 시간 축에서 ECLMS 출력  $z(n)$ 이 후 후처리 계수  $p(n)$ 으로 인하여 최종 출력  $out(n)$ 이 약간의 감소되어 있음을 보여준다. 이것은 원단신호가 음향의 반향경

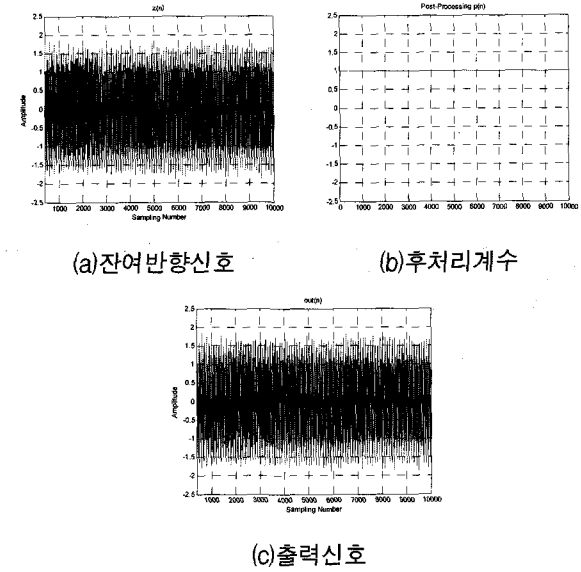


그림 13. 동시통화 환경에서 SP-ECLMS(20ms delay)  
 Fig. 13. The SP-ECLMS in double-talk environment (20ms delay).

로에서 20ms 지연으로 인하여 신호 11.1dB정도 감소하였기 때문에  $\rho(n)$ 이 거의 1에 가까워지기 때문이다. 따라서 근단신호가 포함된 반향성분을 거의 왜곡시키지 않는다.

시간지연이 없는 상태에서 SP-ECLMS 알고리즘을 적용한 반향 제거기의 반향 성분은 P-ECLMS 알고리즘을 적용한 반향 제거기보다 약 8dB 증가한다. 이는 상관계수  $\rho(n) > 0.3$  인 경우  $\rho(n) = 1$ 로 변경하여 주었기 때문이다. 그림 10은 시간 축에서 ECLMS 출력  $z(n)$ 이 선택적 후처리 계수  $p(n)$ 으로 인하여 최종 출력  $out(n)$ 이 감소됨을 보여준다. 비록 P-ECLMS 알고리즘을 적용한 것에 비해 약간의 성능은 떨어지지만 ECLMS 알고리즘에 비해 성능은 향상 된 것을 알 수 있다.

시간지연이 있는 상태에서 P-ECLMS 알고리즘을 적용한 반향 제거기의 반향 성분은 ECLMS 알고리즘을 적용한 반향 제거기보다 약 30dB 감소한다.

시간지연이 없는 상태에서 SP-ECLMS 알고리즘을 적용한 반향 제거기는 ECLMS 알고리즘을 적용한 반향 제거기와 동일한 신호를 출력한다. 따라서 근단신호는 전혀 왜곡되지 않는다. 이는 상관계수  $\rho(n) > 0.3$  인 경우  $\rho(n) = 1$ 로 변경하여 주었기 때문이며, 근단신호가 존재하기 때문에 모든  $\rho(n) = 1$ 로 변경된다.

시간지연이 있는 상태에서 SP-ECLMS 알고리즘을 적용한 반향 제거기의 잔여 반향 성분은 ECLMS 알고리즘을 적용한 반향 제거기와 차이가 전혀없다. 그림

표 1. 잔여반향

Table 1. The residual echo(단위 dB).

| 적용 알고리즘  | 회선추종 계수 $\alpha, \beta$ | 단일통화환경 ( $\mu=0.2$ ) |            | 동시통화환경 ( $\mu=0.002$ ) |            |
|----------|-------------------------|----------------------|------------|------------------------|------------|
|          |                         | no delay             | 20ms delay | no delay               | 20ms delay |
| NLMS     | -                       | -47.6                | -25.8      | -4.3                   | -4.1       |
| ECLMS    | $\alpha=\beta=0.9$      | -45.5                | -24.2      | -37.3                  | -22.8      |
| P-ECLMS  | $\alpha=\beta=0.9$      | -84.8                | -53        | -18.7                  | -21.7      |
| SP-ECLMS | $\alpha=\beta=0.9$      | -77.9                | -37.6      | -37.3                  | -22.8      |

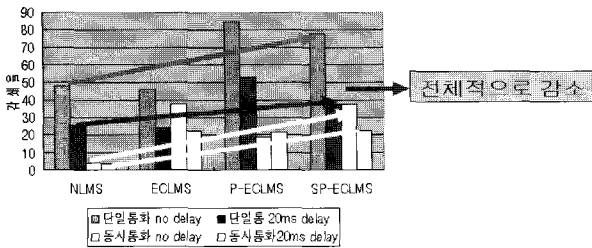


그림 14. 잔여반향

Fig. 14. The residual echo.

13은 시간축에서 ECLMS 출력  $z(n)$ 이 후 후처리 계수  $p(n)$ 으로 인하여 최종 출력  $out(n)$ 이 그대로 나옴을 보여준다. 이것은 원단신호가 음향의 반향경로에서 20ms 지연으로 인하여 신호 11.1dB정도 감소로 인하여  $\rho(n)$ 이 거의 1에 가까워 졌고, 계수 선택에 의하여 모든  $\rho(n) = 1$ 이 되기 때문이다.

표 1과 그림 14는 시뮬레이션 결과를 각 알고리즘에 대하여 정리하였다. 제안된 알고리즘은 그림에서 보듯이 전체적으로 잔류반향을 감소시키는 추세를 보인다.

### V. 결 론

ECLMS 알고리즘을 적용한 반향 제거기는 단일통화 환경 뿐 아니라 동시통화 환경에서의 반향 제거 성능이 우수하며 강인한 수렴 특성을 가지고 있지만 적용 알고리즘의 특성상 반향 신호가 정확하게 100% 제거되지 않는다. 이러한 잔여반향 성분은 제안된 SP-ECLMS 알고리즘을 적용한 결과 동시통화 환경에서 근단신호를 왜곡시키지 않고, 통화의 대부분을 차지하는 단일통화 환경에서의 잔여반향을 크게 낮추어 주어 통화 품질을 향상시킨다.

### 참 고 문 헌

[1] M. R. Asharif, T. Hayashi, K. Yamashita,

"Expanded CLMS algorithm for Double-Talk Echo Cancelling," in Proc: IEEE, SMC'99, Japan, vol. 1, No. 3, pp. 998-1002, Oct. 1999.

[2] M.R. Asharif, T. Hayashi, "Correlation LMS for Double- Echo Cancelling," Proceeding of the IASTED International onference, Modelling and Simulation(MS'99), Philadelphia, PA(Cherry Hill, New Jersey) USA, pp. 249-253, May 1999.

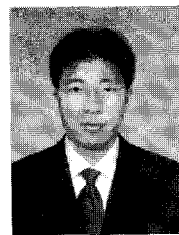
[3] M.R. Asharif, T. Hayashi, K. Yamashita, "Expanded CLMS algorithm for Double-Talk Echo Cancelling," inProc. IEEE, SMC'99, Japan, vol. 1, No. 3, pp. 998-1002, Oct. 1999.

[4] J.S. Park "Performance Improvement of Acoustic Echo Canceller Using Post-Processor," Proc. Acoustical Society of Korea, Vol. 18, pp35-42, 1999.

[5] N. Kalouptsidis, S. Theodoridis, "Adaptive System Identification and Signal Processing Algorithm," Prentice-Hall Inc., 1993.

[6] ITU-T Recommendation G.165, General characteristics of international telephone circuits. Echo cancellers.

### 저 자 소 개



손 재 혁(정회원)

2004년 동국대학교 전자공학과 졸업.

2006년 동국대학교 전자공학과 석사 졸업.

2006년~현재 동부일렉트로닉스 <주관심분야: DSP, ADC, DAC>

신 재 호(평생회원)

대한전자공학회 논문지 제41권 SP편 6호 참조

1988년~현재 동국대학교 전자공학과 교수

<주관심분야: 멀티미디어 보안, DSP