

결합된 음향학적 반향 및 배경 잡음 전력에 기반한 새로운 통합 제거 알고리즘

A New Integrated Suppression Algorithm Based on Combined Power of Acoustic Echo and Background Noise

박 윤 식*, 장 준 혁*
(Yun-Sik Park*, Joon-Hyuk Chang*)

*인하대학교 전자공학부

(접수일자: 2010년 5월 18일; 수정일자: 2010년 7월 5일; 채택일자: 2010년 7월 29일)

본 논문에서는 주파수 영역에서 결합된 음향학적 반향 및 배경 잡음 전력에 기반한 효과적인 새로운 통합 제거 알고리즘을 제안한다. 제안된 방법에서는 반향 제거기와 배경잡음 제거기가 직렬로 연결되어 각각의 제거필터에 의해 처리되는 기존의 방법 대신에 원단 (far-end) 신호에 기반한 가중치 파라미터를 이용하여 반향 및 배경잡음 전력을 선별적으로 결합하고 결합된 신호를 하나에 제거 필터에 적용하여 두 신호를 모두 제거한다. 따라서 제안된 기법에서는 기존의 반향 및 잡음 제거기의 연결 순서에 의해 발생하는 단점을 보완하고 잔여반향신호를 효과적으로 제거할 수 있도록 한다. 제안된 알고리즘은 기존의 방법과 객관적인 실험을 통해 비교 평가한 결과 다양한 테스트 환경에서 기존의 방법에 비해 전반적으로 우수한 성능을 보였다.

핵심용어: 음향학적 반향 제거, 잡음 제거

투고분야: 음성 처리 분야 (2,3)

In this paper, we propose an efficient integrated suppression algorithm based on combined power of acoustic echo and background noise. The proposed method combines the acoustic echo and noise power by the weighting parameter derived from the decision rule based on the estimated echo to noise power ratio. Therefore, in the proposed approach, the acoustic echo and noise signal are able to be reduced through only one suppression filter based on the estimated combined power. The proposed unified structure improves the problems of the residual echo and noise resulted from the conventional unified structure where the noise suppression (NS) operation is placed after the acoustic echo suppression (AES) algorithm or vice versa. The performance of the proposed algorithm is evaluated by the objective test under various environments and yields better results compared with the conventional scheme.

Keywords: Acoustic Echo Suppression, Noise Suppression

ASK subject classification: Speech Signal Processing (2,3)

I. 서론

이동통신 기술의 발전과 함께 차량용 핸드프리나 화상통화가 가능한 휴대용 단말기의 보급이 확산되면서 관련 음성 통신 방식에서 발생할 수 있는 음향학적 반향 (acoustic echo)이나 배경잡음 제거에 대한 연구가 주목 받고 있다 [1, 2]. 최근에는 이러한 반향 및 잡음 제거기의

통합 구조가 일반화되면서 각 알고리즘에 대한 상호 특성을 고려해 전체 알고리즘의 성능을 향상시키기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다 [3, 4]. 일반적인 통합구조는 두 알고리즘이 서로 독립이라고 가정하고 병렬로 설계되어 직렬로 나열하는 방식이지만 실제로는 서로간의 위치에 따라 성능의 변화가 큰 것으로 알려져 있다. 구체적으로, 반향 제거기가 잡음 제거기의 앞단에 위치하게 되면, 잡음 제거기가 추정해야할 잡음의 스펙트럼이 반향 제거기에 의해 왜곡이 생겨 잡음추정이 심각히 저하되고, 반대로 잡음 제거기가 반향 제거기의 앞단에 위치하

책임저자: 장 준 혁 (changjh@inha.ac.kr)
인천시 남구 용현동 253 인하대학교 전자공학부
(전화: 032-860-7423; 팩스: 032-868-3654)

게 되면, 잡음 제거기의 비선형적인 연산으로 인해 반향 제거기의 성능이 저하되는 구조적 문제점이 97년 IEEE ICASSP에서 France Telecom의 연구진에 의해 분석된 바 있다 [5]. 따라서 본 논문에서는 이러한 통합 환경에서의 구조적 문제점 즉, 선 (pre)반향-후 (post)잡음 (structure 1) 제거 또는 선 (pre)잡음-후 (post)반향 (structure 2) 제거의 통합구조에서 발생할 수 있는 단점을 보완하기 위해 결합된 반향 및 잡음 전력에 기반하여 두 신호를 효과적으로 제거할 수 있는 새로운 통합구조 알고리즘을 제안한다. 구체적으로 제안된 통합구조에서는 음향학적 반향 및 잡음신호가 직렬 구조로 연결되어 반향 및 잡음 제거 필터에서 순차적으로 제거되는 기존의 방식과 달리 원단 (far-end) 신호와 마이크론 입력신호로부터 추정된 잡음신호의 전력비를 이용, 간단한 결정식으로부터 도출되는 가중치 파라미터를 사용하여 반향경로를 고려하여 추정된 반향신호와 추정된 잡음신호를 원단신호의 유무에 따라 선별적으로 결합하고 최종적으로 결합된 신호가 하나의 제거 필터에 적용되어 반향 및 잡음신호가 제거된다. 제안된 방법의 성능 비교를 위해 ERLE (echo return loss enhancement), SA (speech attenuation), 음성 스펙트로그램 (spectrogram) 및 ITU-T P.826 perceptual evaluation of speech quality (PESQ) 테스트를 실시하였고 제안된 기법은 다양한 잡음 환경에서 기존의 방법보다 우수한 성능을 보였다.

II. 음향학적 반향 및 잡음 제거의 통합 시스템

이 장에서는 음향학적 반향 및 잡음신호 제거를 위한 기존의 통합 제거 알고리즘을 설명하기 위해 직렬구조로 연결되어 각각의 음향학적 반향 및 잡음 제거의 통합시스템을 구성하고 있는 주파수 영역 기반 AES (acoustic echo suppression)와 NS (noise suppression) 알고리즘에 대해 간략하게 설명한다.

2.1. 음향학적 반향 제거 알고리즘

본 논문에서는 통합 제거 알고리즘의 반향 제거를 위하여 주파수 영역에서 별도의 잔여 (residual) 반향 제거 없이 반향신호에 제거에 효과적인 성능을 보이는 것으로 알려진 Faller에 의해 제안된 AES 알고리즘을 적용하였다 [6, 7]. 그림 1과 그림 2는 각각 적용된 AES와 NS 통합구조의 예로서 선반향-후잡음 (structure 1) 및

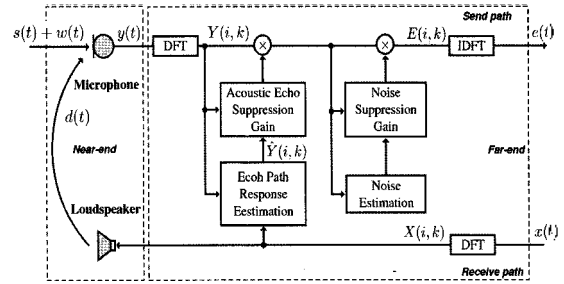


그림 1. 선반향-후잡음 제거의 통합구조 블록도 (structure 1)
Fig. 1. Block diagram of the unified structure for pre_AES and post_NS (structure 1).

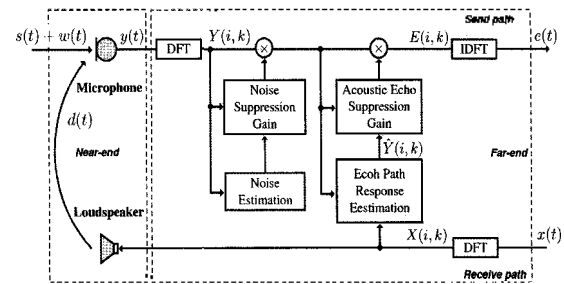


그림 2. 선잡음-후반향 제거의 통합구조 블록도 (structure 2)
Fig. 2. Block diagram of the unified structure for pre_NS and post_AES (structure 2).

선잡음-후반향 (structure 2) 제거의 통합구조에 대한 블록도를 보여주고 있다. 통합 알고리즘에서 반향신호 $d(t)$, 배경잡음 $w(t)$, 근단 (near-end) 화자신호 $s(t)$, 원단 (far-end) 신호와 마이크 입력신호를 각각 $x(t)$, $y(t)$ 라 하고 $Y(i, k)$ 를 $y(t)$ 의 i 번째 프레임의 k 번째 주파수 성분이라 하면 입력신호 $Y(i, k)$ 로부터 반향신호가 제거된 신호 $\hat{b}(i, k)$ 는 다음과 같이 표현된다 [6].

$$\hat{E}(i, k) = G_{AES}(i, k) Y(i, k) \quad (1)$$

여기서 $G_{AES}(i, k)$ 는 AES 이득 (gain)으로서 다음과 같은 Wiener 필터를 사용한다.

$$G_{AES}(i, k) = \frac{\max(|Y(i, k)| - |\hat{Y}(i, k)|, 0)}{|Y(i, k)|} \quad (2)$$

(2)식에서 $\hat{Y}(i, k)$ 는 원단신호 $X(i, k)$ 로부터 추정된 반향신호이다. 일반적으로 입력 마이크론으로 전달되는 반향신호는 다양한 반사 경로를 거쳐 입력되기 때문에 원단신호로부터 반사 경로를 고려한 임펄스응답에 대한 추정 과정이 필요하다. 따라서 반향 경로의 임펄스응답을 고려하여 원단신호의 주파수 성분 $X(i, k)$ 부터 추정된

반향신호 $\hat{Y}(i, k)$ 는 least squares 추정에 기반하여 다음과 같이 나타낼 수 있다 [6].

$$|\hat{Y}(i, k)| = G_V(i, k) |X_d(i, k)| \quad (3)$$

여기서 원단신호로부터 반향신호를 추정하기 위한 이득 필터 $G_V(i, k)$ 는 다음과 같이 구한다 [6].

$$G_V(i, k) = \left| \frac{E\{X_d^*(i, k) Y(i, k)\}}{E\{X_d^*(i, k) X_d(i, k)\}} \right| \quad (4)$$

(4)식에서 *는 complex conjugate를 의미한다. 반향신호는 다양한 반향 경로를 거쳐 마이크로폰으로 입력되기 때문에 수시로 변화하는 반향 경로에 대한 영향을 줄이기 위해 다음식과 같이 long-term smoothing을 적용한다.

$$G_V(i, k) = \frac{a_{12}(i, k)}{a_{22}(i, k)} \quad (5)$$

$$a_{12}(i, k) = \epsilon a_{12}(i, k-1) + (1-\epsilon) |X_d^*(i, k) Y(i, k)| \quad (6)$$

$$a_{22}(i, k) = \epsilon a_{22}(i, k-1) + (1-\epsilon) X_d^*(i, k) X_d(i, k) \quad (7)$$

여기서 ϵ 는 $0 \leq \epsilon \leq 1$ 인 가중치 파라미터이다.

2.2. 잡음 제거 알고리즘

이 장에서는 본 논문의 통합구조에 적용되는 잡음 제거 알고리즘에 대하여 간략하게 소개한다. 본 논문에서는 통합구조의 잡음 제거기를 위하여 기존의 잡음 제거기의 성능 비교나 [8] 통합 구조에서의 잡음 제거 알고리즘으로 주로 사용되었던 [4] 상용 코덱인 IS-127 EVRC (enhanced variable rate codec)에 적용되는 잡음 제거기법을 적용하였다 [9]. IS-127 EVRC의 주파수 영역에 기반한 잡음 제거는 다음과 같이 잡음 제거 이득 $G_{NS}(i, k)$ 과 잡음이 섞여 있는 입력신호 $\hat{E}(i, k)$ 의 곱으로 표현된다.

$$\hat{S}(i, k) = G_{NS}(i, k) \hat{E}(i, k) \quad (8)$$

여기서 $G_{NS}(i, k)$ 는 IS-127의 잡음 제거기법에 적용된 잡음 제거 이득을 나타내며 추정기법에 따라 위너 (Wiener) 필터 또는 MMSE (minimum mean square error) 추정에 기반한 [10] 다양한 제거 이득이 적용가능하다.

III. 제안된 결합 전력 기반의 통합구조

2장에서는 주파수 영역에서 AES와 NS 통합구조에 적용된 각각의 알고리즘에 대하여 간략히 설명하였다. 3장에서는 결합된 음향학적 반향 및 잡음 전력에 기반하여 하나의 제거 이득을 통해 효과적으로 반향 및 잡음신호를 제거할 수 있는 새로운 통합 제거 알고리즘을 제안한다. 일반적으로 기존의 통합 제거 알고리즘은 2장에서 설명한 바와 같이 AES 및 NS 알고리즘이 독립적으로 설계되어 직렬로 연결되어 선반향-후잡음 (structure 1) 또는 선잡음-후반향 (structure 2)의 통합구조로 각각의 신호를 순차적으로 제거하게 된다. 하지만 97년 IEEE ICASSP에서 France Telecom의 연구진에 의해 선반향-후잡음 통합구조에서는 반향 제거기에 의해 선처리된 신호는 잡음 스펙트럼이 반향 제거기에 의해 왜곡이 생겨 잡음 제거 알고리즘에서 정확한 잡음전력 추정이 어려운 것으로 알려져 있으며 반대로 선잡음-후반향 통합구조에서는 잡음 제거기의 비선형적인 연산으로 인해 반향 제거기의 성능이 저하되는 구조적 문제점이 분석된 바 있다 [5]. 특히 이러한 구조적 문제점은 실제적으로 반향구간에서의 신호 왜곡을 통해 효과적인 반향신호 제거가 어려워 잔여 반향신호 [11]를 발생시킬 수 있으며 또한 부정확한 잡음추정에 의해 음성구간에서의 왜곡 및 신호 대 잡음비 (SNR, signal-to-noise ratio)를 감소시킬 수 있다.

따라서 본 논문에서는 이러한 반향 및 잡음 제거를 위한 두 가지에 제거 이득을 거쳐서 이루어지는 기존 통합 시스템의 구조적 문제점에서 발생하는 왜곡현상을 개선하기 위해 반향 및 잡음 전력을 선별적으로 결합하여 하나의 제거 이득을 통해 각각의 신호를 제거하는 새로운 알고리즘을 제안한다. 구체적으로 제안된 통합구조에서는 원단 (far-end) 신호와 마이크로폰 입력신호로부터 추정된 잡음신호의 전력비를 이용한 간단한 결정식으로부터 도출되는 가중치 파라미터를 사용하여 반향경로를 고려하여 추정된 반향신호와 추정된 잡음 전력을 원단신호의 유무에 따라 선별적으로 결합하고 최종적으로 결합된 신호가 위너 필터에 기반한 하나의 제거 이득에 적용되어 반향 및 잡음신호가 제거된다. 제안된 통합 제거 알고리즘의 블록도는 그림 3과 같다. 제안된 알고리즘에서 제거 이득을 $G_{pro}(i, k)$ 라 하면 제거된 최종 신호를 $E(i, k)$ 는 다음과 같이 입력신호 $Y(i, k)$ 와 제거 이득의 곱으로 나타낼 수 있다.

$$E(i, k) = G_{pro}(i, k) Y(i, k) \quad (9)$$

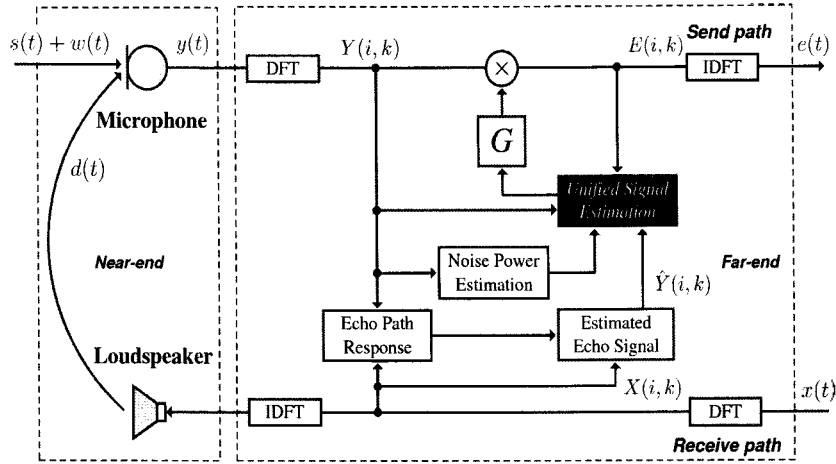


그림 3. 결합된 음향학적 반향 및 잡음 전력에 기반한 제안된 통합구조 블록도
 Fig. 3. Block diagram of the proposed unified structure based on combined power of acoustic echo and noise.

여기서 제거 이득 $G_{pro}(i, k)$ 는 반향 및 잡음신호를 두 개의 제거 이득을 거쳐 처리하는 기존의 통합 구조를 개선하기 위해 하나의 제거 이득을 거쳐 동시에 반향 및 잡음신호를 제거하기 위한 제거 이득으로서 본 논문에서는 제거 필터로 주로 사용되고 있는 위너필터를 적용하였으며 다음과 같이 표현된다 [12].

$$G_{pro}(i, k) = \frac{\xi(i, k)}{1 + \xi(i, k)} \quad (10)$$

또한 $\xi(i, k)$ 는 반향 및 잡음신호가 제거된 결과신호의 전력 $\lambda_{output}(i, k)$ 과 결합 전력 $\lambda_{combined}(i, k)$ 의 비로서 다음과 같다.

$$\xi(i, k) = \frac{\lambda_{output}(i, k)}{\lambda_{combined}(i, k)} \quad (11)$$

여기서 $\lambda_{combined}(i, k)$ 은 (4)식으로부터 유도된 반향경로를 고려하여 추정된 반향신호의 전력 $\lambda_{echo}(i, k)$ 과 IS-127 EVRC의 잡음 제거 알고리즘으로부터 추정된 잡음전력 $\lambda_{noise}(i, k)$ 의 가중치 합으로 다음과 같이 유도된다.

$$\lambda_{combined}(i, k) = q(i, k)\lambda_{echo}(i, k) + (1 - q(i, k))\lambda_{noise}(i, k) \quad (12)$$

여기서 $q(i, k)$ 는 반향과 잡음 전력을 선별적으로 결합하기 위한 가중치 파라미터로서 원단신호의 유무에 따라 반향 및 잡음 전력을 결합하기위해 반향과 잡음신호 전력 비 $\gamma(i, k) = \lambda_{echo}(i, k) / \lambda_{noise}(i, k)$ 에 의한 간단한 결정식

을 통해 다음과 같이 도출 된다 [13].

$$\gamma(i, k) \begin{cases} H_1 \\ > \\ < \\ H_0 \end{cases} \gamma_{TH} \quad (13)$$

$$q(i, k) = \alpha q(i - 1, k) + (1 - \alpha)I(i, k) \quad (14)$$

여기서, γ_{TH} 과 α 는 각각 분턱 값과 가중치 파라미터이며 $q(i, k)$ 는 식 (9)의 결정에 의해 가변 값을 갖게 되는 선행 확률로서 $I(i, k)$ 는 H_0 이면 $I(i, k) = 0$, H_1 이면 $I(i, k) = 1$ 을 갖는 index 함수이다. 또한 (11)식은 보다 개선된 성능향상을 위해 Decision-Directed 추정 기법에 기반하여 다음과 같이 도출된다 [10, 12].

$$\hat{\xi}(i, k) = \alpha_d \frac{|E(i - 1, k)|^2}{\lambda_{combined}(i - 1, k)} + (1 - \alpha_d) \left[\frac{|Y(i, k)|^2}{\lambda_{combined}(i, k)} - 1 \right] \quad (15)$$

여기서 α_d 는 스무딩 파라미터이다.

IV. 실험 및 결과고찰

본 논문에서는 제안된 알고리즘의 성능 평가를 위해 다양한 잡음 및 반향 환경에서 객관적인 실험을 수행하였다. 성능 평가는 근단화자신호가 없을 때 원단신호 구간에서 반향 제거 후 여전히 남아 있는 잔여 반향의 제거 정도를 측정하는 ERLE (echo return loss enhancement)와 동시 통화 구간에서의 음성의 보존도를 평가하는 SA (speech attenuation) 그리고 스펙트럼 성분 분석을 위한

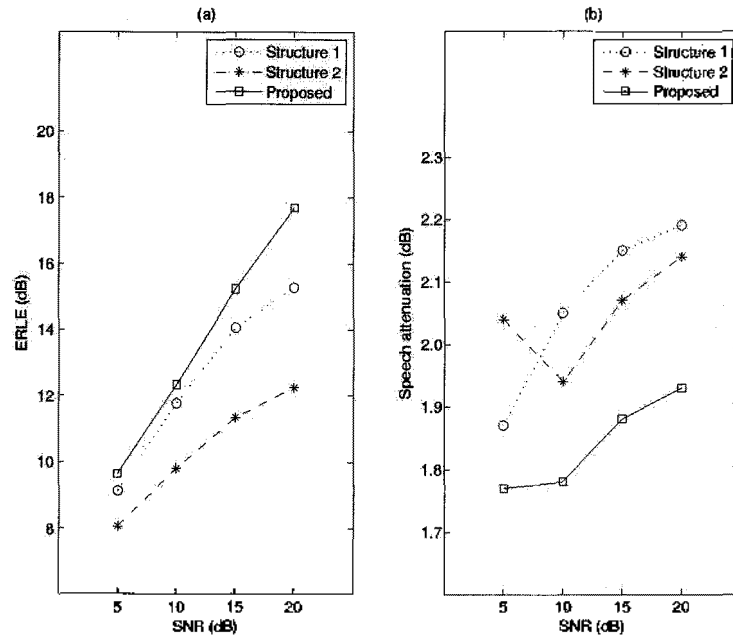


그림 4. 통합구조 알고리즘의 성능 비교: (a) ERLE 비교. (b) 음성의 보존도 비교
 Fig. 4. Performance of the unified structure algorithm. (a) ERLE scores. (b) Speech attenuation during double-talk.

음성 스펙트로그램 (spectrogram) 테스트를 실시하였으며 객관적 음질평가를 위해 ITU-T P.826 PESQ 수치를 비교하였다. 우선 반향신호의 감쇠 정도와 음성 보존도를 측정하기 위해 다음과 같은 $ERLE(t)$ 와 SA의 수치를 비교하였다 [14].

$$ERLE(t) = 10 \log_{10} \left[\frac{E\{y^2(t)\}}{E\{e^2(t)\}} \right] \quad (16)$$

$$SA = \frac{1}{N} \sum 10 \log_{10} \left[\frac{E\{s^2(t)\}}{E\{\tilde{s}^2(t)\}} \right] \quad (17)$$

식 (13)에서 N 은 어중 발생 구간의 샘플수이고 $\tilde{s}(t)$ 는 출력신호의 $e(t)$ 에서의 근단화자신호 성분을 의미한다.

테스트 샘플을 위해 7명의 화자로 부터 얻은 8kHz로 샘플링 된 20개의 문장을 수집하고 각 문장을 원단화자와 근단화자신호로 분류하여 합성하였다. 원단화자신호로 분류된 음성은 섞기 전에 반사 경로를 고려한 실제 환경을 모델링하기 위해 임펄스응답 필터를 통과 시키고 [14, 15] 입력 마이크로폰으로 들어가는 반향신호는 근단화자신호 보다 3.5 dB 작게 하였다. 모델링 환경의 장소는 $5 \times 4 \times 3 m^3$ 크기로 설정 하였고 double-talk 구간을 위하여 모델링 된 반향신호와 근단화자신호를 1~1.5초 구간 overlap 하여 합성 하였으며 잡음 환경을 위해서 street, vehicle와 white 잡음을 다양한 SNR (signal-to-noise

ratio)로 부가하였다. 그리고 제안된 알고리즘에 적용된 가중치 파라미터와 문턱 값은 성능 평가에 사용된 테스트 샘플에 기반하여 $\epsilon = 0.998, \gamma_{TH} = 1.0, \alpha = 0.3, \alpha_i = 0.95$ 로 설정하였다. 그림 4는 기존의 선반향-후잡음 (structure 1) 및 선잡음-후반향 (structure 2) 제거의 통합구조와 제안된 제안된 통합구조에 대한 ERLE와 SA 수치를 비교한 것이다. 그림 4의 (a)에서 제안된 결합신호에 의한 하나의 제거 이득이 적용된 알고리즘이 다양한 SNR 환경에서 기존의 기법보다 향상된 ERLE 수치를 보임을 알 수 있으며 그림 (b)로 부터 음성 보존도에서도 제안된 기법이 기존의 통합구조보다 우수한 성능을 나타내는 것을 볼 수 있다.

그림 5는 배경 잡음으로서 white 잡음이 SNR=15 dB로 부가되고 반향신호가 섞여 있는 입력신호에 대하여 각각의 알고리즘 의한 시간에 따른 ERLE 변화를 보여주고 있다. 그림 5로부터 제안된 통합알고리즘이 반향신호만이 존재하는 구간에서는 기존의 방법보다 비교적 높은 ERLE 수치를 보임으로서 반향제거에 효과적인 것을 알 수 있으며 동시통화 구간에서 기존의 알고리즘과 비슷한 ERLE 수치를 보임으로서 동시통화 구간에서는 기존의 성능을 유지하여 결과적으로 향상된 ERLE 변화를 나타내고 있음을 알 수 있다.

그림 6은 그림 5의 음성신호에 대한 스펙트럼 분석을 위한 음성 스펙트로그램을 보여 주고 있다. 그림 6에서 기존의 통합구조 방법에 의한 스펙트로그램 (c), (d)와 제

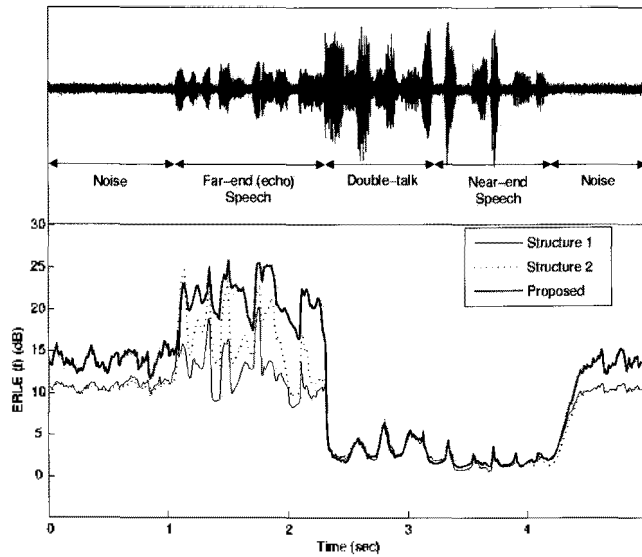


그림 5. 기존의 방법과 제안된 알고리즘의 ERLE 비교 (white noise, SNR=15 dB)
 Fig. 5. Time variation of ERLE(t) (white noise, SNR=15 dB).

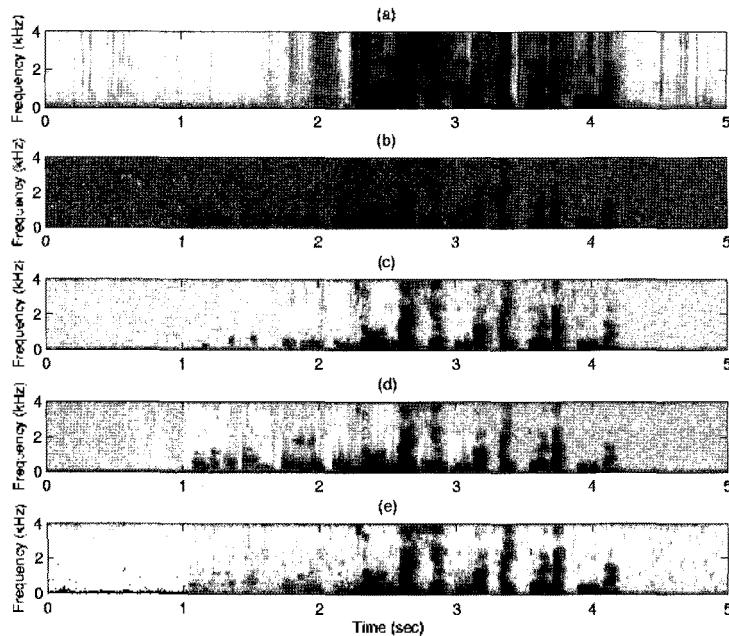


그림 6. 음성 스펙트로그램 (white noise, SNR=15 dB). (a) 깨끗한 근단화자신호의 스펙트로그램. (b) 반향 및 잡음신호가 부가된 입력신호에의 스펙트로그램. (c) Structure 1에 의한 출력신호 스펙트로그램. (d) Structure 2에 의한 출력신호 스펙트로그램. (e) 제안된 알고리즘에 의한 출력신호 스펙트로그램
 Fig. 6. Speech spectrograms (white noise, SNR=15 dB). (a) Spectrogram of the clean and near-end speech signal. (b) Spectrogram of input signal added by acoustic echo and noise. (c) Spectrogram of output signal obtained by the structure 1. (d) Spectrogram of output signal obtained by the structure 2. (e) Spectrogram of output signal obtained by the proposed algorithm.

안된 방법에 의한 스펙트로그램 (e)를 반향신호와 잡음이 섞이기 전의 깨끗한 근단화자신호의 스펙트로그램 (a) 및 반향 및 잡음신호가 부가된 입력신호에 대한 스펙트로그램 (b)와 비교함으로써 제안된 방법이 기존의 방법보다 효과적으로 잡음 및 잔여 반향신호를 제거하는 것을 확인할 수 있다. 구체적으로 반향신호 구간에서의 스펙트로그램을 비교했을 때 제안된 알고리즘에 의한 스펙트로그

램 (e)는 반향신호의 음성 성분을 기존 알고리즘에 비해 효과적으로 제거한 것을 볼 수 있으며 잡음 성분에 대해서도 기존의 알고리즘에 비해 전반적인 주파수 구간에 걸쳐 효과적으로 제거된 것을 볼 수 있다. 최종적으로 통합프레임의 전반적인 성능 비교를 위하여 반향 및 잡음신호가 제거된 결과신호에 대한 객관적 음질평가를 위해 PESQ 테스트를 하였으며 표 1의 PESQ 수치로부터 제안

표 1. 기존과 제안된 방법에 의한 PESQ 비교
Table 1. PESQ obtained from conventional and proposed methods.

Environments		PESQ		
Noise	SNR (dB)	Structure 1	Structure 2	Proposed
Street	5	1.610	1.385	1.623
	10	1.776	1.611	1.789
	15	1.920	1.799	1.938
	20	2.043	1.972	2.087
Vehicle	5	2.057	1.994	2.075
	10	2.140	2.077	2.166
	15	2.210	2.157	2.223
	20	2.259	2.199	2.273
White	5	1.348	1.151	1.445
	10	1.574	1.473	1.666
	15	1.730	1.634	1.799
	20	1.850	1.741	1.939

된 알고리즘의 PESQ 수치가 기존의 방법보다 모든 잡음 환경에 대하여 개선된 결과를 나타내는 것을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 주파수 영역에서 결합된 음향학적 반향 및 배경 잡음 전력에 기반한 효과적인 새로운 통합 제거 알고리즘을 제안하였다. 원단신호에 기반한 가중치 파라미터를 이용하여 반향 및 배경잡음신호를 선별적으로 결합하고 결합된 신호를 하나에 제거 필터에 적용함으로써 기존의 통합구조에서 발생하는 문제점을 개선하여 효과적으로 잡음 및 반향신호를 제거하였고 객관적 테스트 결과로부터 제안된 방법이 기존의 방법보다 개선된 결과를 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 IT핵심기술개발사업의 일환으로 수행하였음 [2009-S-036-1, 고성능 가상머신 규격 및 기술 개발]. 또한 이 논문은 2009년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (2009-0085162).

참고 문헌

1. H. Puder and P. Dreiseitel, "Implementation of a hands-free car phone with echo cancellation and noise-dependent loss control," *Proc. IEEE Int. Conf. Acoustics, Speech, and Signal*

Processing, vol. 6, pp. 3622-3625, 2000.
 2. P. Dreiseitel, E. Hansler, and H. Puder, "Acoustic echo and noise control- a long lasting challenge," *Proc. EUSIPCO*, pp. 945-952, Sep. 1998.
 3. S. Gustafsson, R. Martin, and P. Vary, "Combined acoustic echo control and noise reduction for hands-free telephony," *Signal Processing*, vol. 64, no. 1, pp. 21-32, 1998.
 4. S. J. Park, C. G. Cho, C. Lee, and D. H. Youn, "Integrated echo and noise canceler for hands-free applications," *IEEE Trans. on Circuits and Systems II*, vol. 49, issue 3, pp. 186-195, 2002.
 5. Y. Guelou, A. Benamar, and P. Scalart, "Analysis of two structures for combined acoustic echo cancellation and noise reduction," *IEEE ICASSP*, vol. 2, pp. 637-640, 1996.
 6. C. Faller and C. Tournery, "Robust echo control using a simple echo path model," *Proc. IEEE Int. Conf. Acoustics, Speech, Signal Processing*, 2006, vol. 5, pp. V281-V284.
 7. C. Faller and J. Chen, "Suppressing acoustic echo in a spectral envelope space," *IEEE Trans. Speech Audio Process.*, vol. 13, no. 5, pp. 1048-1062, 2005.
 8. N. S. Kim, J.-H. Chang, "Spectral enhancement based on global soft decision," *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 7, no. 5, pp. 108-110, May 2000.
 9. TIA/EIA/IS-127, Enhanced Variable Rate Codec, Speech Service Option 3 for Wideband Spread Spectrum Digital Systems, 1996.
 10. Y. Ephraim and D. Malah, "Speech enhancement using a minimum mean-square error short-time spectral amplitude estimator," *IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Process.*, vol. ASSP-32, no. 6, pp. 1109-1121, 1984.
 11. J.-H. Chang, H. G. Kim, and S. Kim, "Residual echo reduction based on MMSE estimator in acoustic echo canceller," *IEICE Electronic Express*, vol. 4, no. 24, pp. 762-767, 2007.
 12. Md. J. Alam, D. O'Shaughnessy, S.A. Selouani, "Speech enhancement based on novel two-step a priori SNR estimators," *INTERSPEECH 2008*, pp. 565-568.
 13. D. Malah, R. Cox, and A. Accardi, "Tracking speech-presence uncertainty to improve speech enhancement in non-stationary noise environments," *Proc. IEEE ICASSP 1999*, pp. 789-792.
 14. S. Y. Lee and N. S. Kim, "A statistical model based residual

- echo suppression," *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 14, no. 10, pp. 758-761, Oct. 2007.
15. *A model for room acoustics*, <http://2pt.us/rr.html>, 2003.

저자 약력

•박 윤 식 (Yun-Sik Park)



2006년 2월: 인하대학교 전자공학과 학사
2008년 2월: 인하대학교 전자공학부 석사
2008년 3월 ~ 현재: 인하대학교 전자공학부 박사과정

•장 준 혁 (Joon-Hyuk Chang)



1998년 2월: 경북대학교 전자공학과 학사
2000년 2월: 서울대학교 전기공학부 석사
2004년 2월: 서울대학교 전기컴퓨터공학부 박사
2000년 3월 ~ 2005년 4월: 주넷더스 연구소장
2004년 5월 ~ 2005년 4월: 캘리포니아 주립대학,
산타바바라 (UCSB) 박사후연구원
2005년 5월 ~ 2005년 8월: 한국과학기술연구원
(KIST) 연구원
2005년 9월 ~ 현재: 인하대학교 전자공학부 조교수