

잡음제거 기능을 갖춘 시-청각 단서 제공 읽기 훈련 프로그램

A Reading Training Program offering Visual-Auditory Cue with Noise Cancellation Function

방동혁*, 강현덕, 길세기, 이상민

D. H. Bang, H. D. Kang, S. K. Kil and S. M. Lee

요 약

본 논문에서는 개발된 잡음제거 기능을 갖춘 시-청각 단서 제공 읽기 훈련 프로그램(이하 프로그램)을 소개한다. 프로그램은 시-청각 단서들을 지닌 훈련용 문장들을 제공한다. 말운동장애인들은 읽기훈련을 위해 시각단서와 청각단서들을 각각 또는 동시에 사용 가능하다. 훈련 결과의 평가 편의성 제공을 위해서 잡음제거 알고리즘을 개발하였다. 알고리즘은 피험자가 컴퓨터화면에 제공된 문장을 읽을 때 읽는 말소리와 함께 녹음된 잡음과 청각단서 소리를 제거한다. 또한 피험자가 읽기 연습을 시작할 때 최초의 말소리 개시 시간을 검출하는 기능을 구현하였다. 말소리의 녹음은 4가지 잡음환경(실내 잡음, 백색 잡음, 자동차 내부잡음, 배블 잡음)에서 성인 6명(남성 3명, 여성 3명)으로부터 하였다. 잡음제거 전과 후에 대한 조건에서 녹음된 말소리의 실제 시작 시간과 프로그램상에서 찾은 시간과의 오차를 실험하였다. 잡음제거 전과 후에서의 시간오차가 4.847 ± 2.4235 [ms] 향상되었다. 개발된 프로그램은 말운동장애인의 훈련 및 증상 평가에 도움이 될 수 있으리라 사료된다.

ABSTRACT

In this paper, we introduce a reading training program offering visual-auditory cue with noise cancellation function (RT program) developed by us. The RT program provides some training sentences with visual-auditory cues. Motor speech disorder patients can use the visual and/or auditory cues for reading training. To provide convenient estimation of training result, we developed a noise cancellation algorithm. The function of the algorithm is to remove noise and auditory-cues which are recorded with reading speech at the same time while patient read the sentences in PC monitor. In addition, we developed a function for finding out the first starting time of reading sound after a patient sees a sentence and begins to read the sentence. The recorded speeches are acquired from six people(three male, three female) in four noisy environments (interior noise, white noise, car interior noise, babble noise). We evaluated the timing error for starting time between original recorded speech and processed speech in condition of executing noise cancellation function and not executing. The timing error was improved as much as 4.847 ± 2.4235 [ms] as the effect of noise cancellation. It is expected that the developed RT program helps motor speech disorder patient in reading training and symptom evaluation.

Keyword : Noise Cancellation, Visual-Auditory Cue, Reading Training, Motor Speech Disorder

접 수 일 : 2009년 1월 15일

심사완료일 : 2009년 2월 9일

* 방동혁 : 인하대 전자공학과 석사졸업

b50169@nate.com(주저자)

강현덕 : 인하대 전자공학과 석사과정

nice9860@nate.com(공동저자)

길세기 : 인하대 전자공학과, 정보전자공동연구소

kclips@nate.com(공동저자)

이상민 : 인하대 전자공학과 교수

인하대학교 정보전자공동연구소

sanglee@inha.ac.kr(교신저자)

※ 이 논문은 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원(R01-2007-000-10801-0)과 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원(KRF-2007-331-D00592)을 받아 수행된 연구임.

1. 서론

한국의 사회지표 고령화지수 통계자료에 의하면 2000년경에 65세 이상의 인구비율이 7.2%가 되어 고령화 사회로 진입하였다[1]. 이에 따라서 고령화로 인하여 발생하는 장애의 평가 및 재활에 대한 기술의 중요성이 높아지고 있다.

고령화로 인한 여러 가지의 장애들 중 한 가지가 말운동장애(motor speech disorder)이다. 말운동장애는 말실행증과 말마비장애 등으로 나누어진다. 말실행증은 음절·낱말을 배열하고 산출하는 것에 문제가 있는 장애를 말한다. 말마비장애는 신경계의 손상으로 인하여 말하는 기능에 필요한 근육의 운동능력이 저하되거나 협응이 안 되는 장애를 말한다[2]. 이러한 말운동장애로 인하여 의사소통의 불편함을 겪게 되므로 건강한 고령자들의 사회활동에 큰 영향을 주고, 삶의 질을 현저히 떨어뜨리는 원인이 되고 있다.

말운동장애인의 재활 및 재활보조의 연구는 병원 기반의 전문가들에 의해서 진행되고 있다. 과거의 연구들을 살펴보면 말운동장애인들에게 시각요소들을 이용한 연구, 시각요소와 청각요소들의 속도를 이용한 연구, 청각요소와 속도조절 청각요소를 이용한 연구 등을 이용하여 명료도가 변화된다는 연구들이 발표되었다[3-5]. 또한 읽기속도 요소들을 이용한 실험의 결과를 통하여 말하기가 향상되어진다는 결과가 발표되었다[6-7]. 위의 연구들에서는 시각요소와 청각요소들을 이용하여 속도조절이나 부가적으로 제공하는 방법들을 환자들에게 제공하여 명료도를 비교하는 실험과 환자들의 읽기 속도를 조절하여 실험하였고 속도에 따른 읽기특성을 비교하였다. 이러한 연구들은 시-청각 단서들의 종류와

속도에 의해서 말운동장애인의 읽기의 명료도에 영향을 준다는 연구결과들을 보여주고 있다.

본 논문에서는 잡음제거 기능을 갖춘 시-청각 단서 제공 읽기 훈련 프로그램(이하 잡음제거 시-청각 단서 제공 프로그램)에 대한 설명과 훈련 및 분석효과를 높이기 위해 개발된 잡음제거 알고리즘, 말소리 개시점 찾기 알고리즘, 청각단서 제거 알고리즘에 대한 설명과 실험결과에 대하여 기술한다.

2. 시-청각 단서 프로그램 및 알고리즘의 개발

본 프로그램은 크게 네 가지 부분으로 나눌 수 있다. 첫 번째는 말운동장애인이 스스로 읽기 연습을 하는 시-청각 단서 제공 프로그램 부분, 두 번째는 잡음제거 알고리즘 부분, 세 번째는 청각단서 제거 알고리즘 부분, 마지막으로 말소리 개시점 찾기 알고리즘 부분으로 나눌 수 있다.

그림 1은 시-청각 단서 제공 프로그램과 여러 가지 알고리즘들에 대한 관계를 보여주고 있다. 읽기 훈련의 GUI(graphic user interface)를 통해서 시-청각 단서의 속도, 녹음, 말소리 개시점 찾기 등의 기능설정이 가능하고 데이터베이스에 사용자 정보, 환경설정 정보, 녹음, 말소리 개시점 찾기 등의 정보가 저장된다. 데이터베이스에 저장되어 있는 문장정보를 화면에 보여준 다음 시-청각 단서 제공 기능을 통하여 시-청각 단서를 사용자 화면과 스피커를 통하여 피험자에게 들려준다. 이렇게 문장과 시-청각 단서를 이용하여 연습이 가능하고 읽기 훈련을 통하여 획득된 녹음 파일을 이용하여 잡음제거, 청각단서 제거, 말소리 개시점 찾기 등의 동작을 한다.

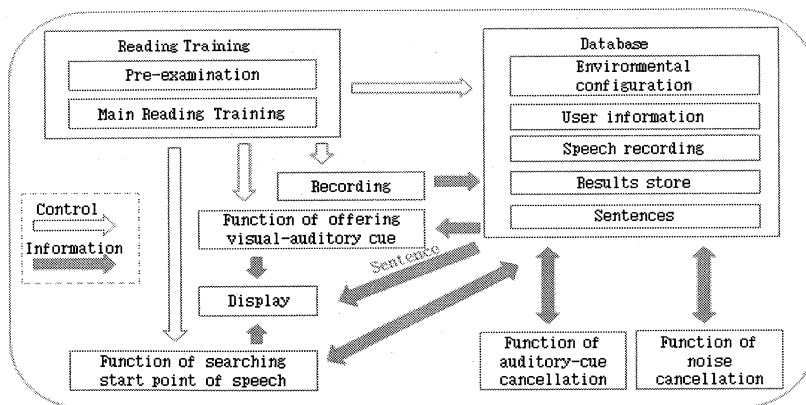


그림 1. 시-청각 단서 제공 읽기 훈련 프로그램의 기능들

Fig. 1. Functions of the reading training program offering visual-auditory cue

2.1 시-청각 단서 프로그램

시-청각 단서 프로그램은 말운동장애인이 스스로 읽기 훈련을 할 수 있도록 시각단서, 청각단서, 초기 지연시간, 주기시간 등의 환경설정이 가능하다. 말운동장애인은 환경설정을 하고 스스로 읽기 훈련을 하여 말소리의 명료도와 자연스러움을 향상시킬 수 있다.

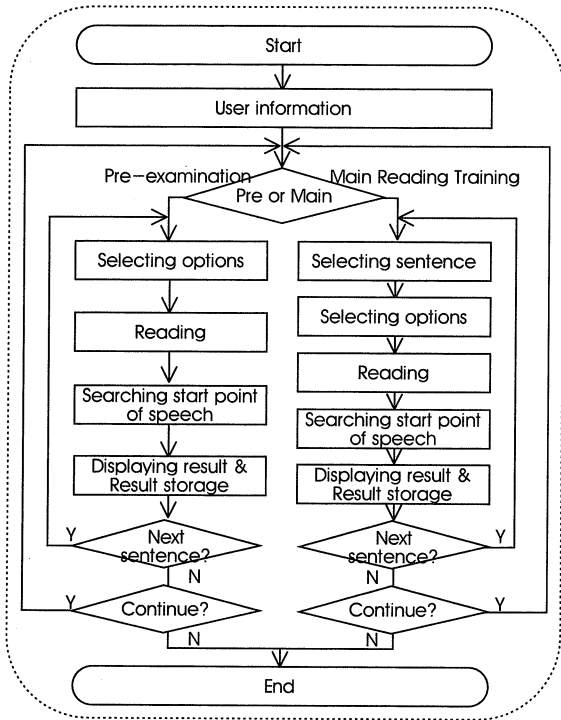


그림 2. 읽기 훈련 프로그램 흐름도

Fig.2. Flowchart of the reading training program

그림 2는 읽기 훈련 프로그램의 흐름도를 보여주고 있다. 읽기 훈련 프로그램은 두 가지 부분으로 나누어진다. 첫 번째 연습 부분은 읽기 훈련을 하기 전에 GUI(graphical user interface)의 사용방법, 시각단서, 청각단서, 말소리 개시점, 녹음 기능 등을 설정하는 방법을 연습하는 부분이다. 두 번째 읽기 훈련 부분에서는 말운동장애인이 읽기 연습을 하는 부분이다. 연습 부분의 흐름도를 살펴보면 옵션을 선택하고 읽기 연습을 마치면 말소리 개시점이 자동적으로 찾아지고 찾아진 결과가 화면과 데이터베이스에 저장된다. 데이터가 저장된 다음 읽기 연습할 것인지를 선택하고 읽기연습이 필요하다면 다시 반복동작을 한다. 읽기 훈련 부분에서는 연습 부분의 흐름도에서 읽기 연습할 문장을 설정하는 부분이 추가되어 있다. 문장을 설정한 다음의 동작은

연습 부분에서의 동작과 동일하다.

2.2 잡음 제거 알고리즘

잡음 제거 알고리즘은 말소리를 녹음할 때 말소리에 잡음이 들어가서 말소리 녹음의 음질이 나빠지는 경우가 발생할 때 잡음을 제거함으로써 음질을 향상시켜주는 역할을 한다. 잡음제거는 주파수영역에서 FFT(fast fourier transform)를 이용하여 잡음을 제거하였다. 잡음제거의 잡음기준신호는 음성파일의 처음 10개의 프레임에서의 평균값을 이용하여 잡음기준으로 사용하였다. SNR(Signal-to-noise ratio)의 신호는 5번째 대역의 신호를 이용하여 잡음기준신호와 비교하여 SNR을 획득하였다.

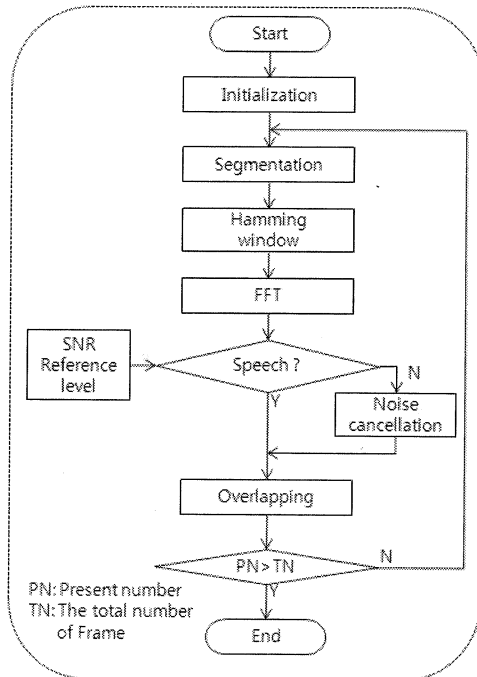


그림 3. 잡음제거 흐름도

Fig.3. Flowchart of noise cancellation

그림 3은 잡음제거 흐름도를 보여주고 있다. 잡음제거는 128개 샘플로 분할하여 해밍윈도우를 이용하여 불 연속되는 에너지를 제거한 다음 FFT를 한다. FFT를 한 다음 처음 10개 프레임의 평균값의 에너지를 기준 값으로 이용하여 SNR을 획득하고 획득된 SNR과 크기를 비교하여 SNR 기준 크기보다 작으면 잡음으로 판단하고 잡음을 제거하고 SNR 기준보다 높으면 음성으로 판단하여 무손실로 에너지를 통과시킨다. 이전에 처리된 프레임의 뒷부분의 에너지와 현재 처리된 프레임의 앞부분 에너지를 절반씩 겹쳐서 왜곡을 줄여서 출력하게 된다.

마지막으로 음성파일의 총 프레임의 수와 현재 프레임을 비교하여 현재 프레임이 크면 잡음제거를 완료하게 된다.

2.3 청각단서 제거 알고리즘

말운동장애인이 잡음제거 시-청각 단서 프로그램의 청각단서를 이용하여 읽기훈련을 할 경우 스피커를 통하여 발생한 청각단서와 읽기훈련 말소리가 동시에 마이크에 입력되어진 신호를 이용하여 녹음하게 된다. 이 녹음 파일을 언어치료 전문가가 응용 프로그램을 이용하여 말소리 녹음파일의 발음을 분석할 때 청각단서가 모음 발음의 에너지보다 상대적으로 작은 자음 발음에 들어가게 되면 청각단서의 마스킹 현상으로 인하여 자음의 정확한 발음을 확인하기 어려워진다. 청각단서 제거 알고리즘은 자음에 들어가 있는 청각단서를 제거하여 말운동장애인의 정확한 발음을 언어치료 전문가가 확인 가능하도록 하는 기능이다.

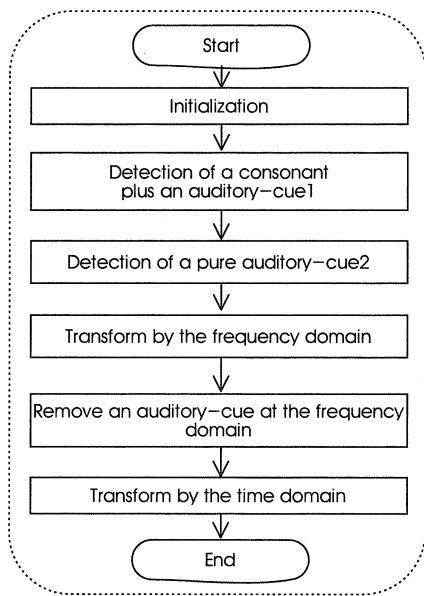


그림 4 청각단서 제거 흐름도
Fig. 4. Flowchart of auditory-cue cancellation

그림 4는 청각단서 제거 알고리즘의 흐름도를 보여주고 있다. 청각단서와 음성이 결합된 부분과 순수한 청각단서가 있는 부분을 검출한다. FFT를 이용하여 주파수 영역으로 변환한 다음 음성과 청각단서가 동시에 녹음되어진 부분에서 순수한 청각단서를 이용하여 청각단서를 제거하고 다시 IFFT(inverse FFT)를 통하여 시간영역으로 변환하

면 알고리즘은 완료되어진다. 청각단서와 음성이 결합된 부분과 순수한 청각단서가 있는 부분은 청각단서 설정시간을 이용하여 검출한다. 순수한 청각단서는 마지막 청각단서 3개의 평균값을 이용하여 청각단서의 기준으로 정하였다.

2.4 말소리 개시점 찾기 알고리즘

녹음된 말소리에서 개시점이 필요한 경우에는 응용프로그램을 이용하여 녹음된 파일의 말소리 녹음 파일을 확인할 필요 없이 말소리 개시점 찾기 알고리즘을 이용하여 자동적으로 말소리 개시점 획득이 손쉽게 가능하다. 말운동장애인에게 말소리 개시점이 정량적으로 어느 정도인지의 정보를 주기위해서 말소리 개시점을 말운동장애인에게 제공하여 말소리 개시 시간을 스스로 인지가 가능하도록 하여 읽기훈련에 참고가 되도록 하였다. 또한 언어치료 전문가가 말소리 개시점 저장파일을 통하여 말소리 개시점을 분석할 수 있도록 하였다.

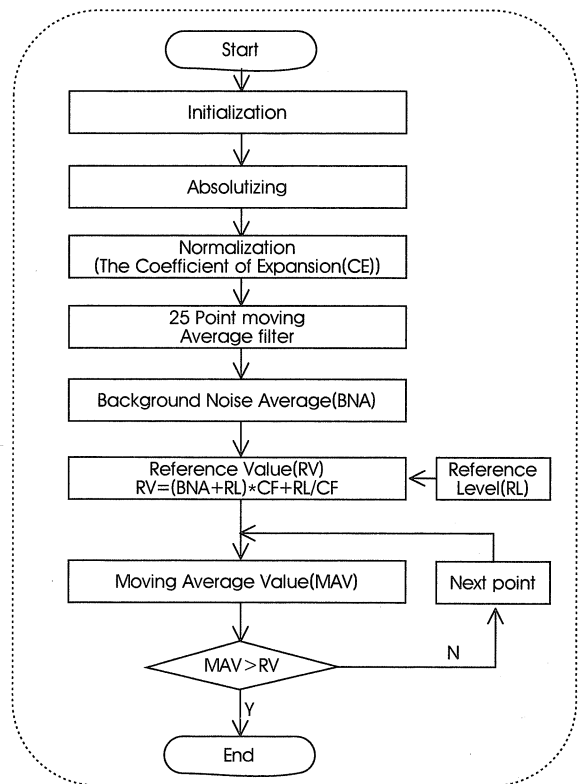


그림 5 말소리 개시점 찾기 흐름도
Fig. 5. Flowchart of searching start point of speech

그림 5는 말소리 개시점 찾기 알고리즘의 흐름도를 보여주고 있다. 말소리 개시점 찾기 알고리즘의

흐름을 살펴보면 음수와 양수의 값을 절대 값으로 만들어 양수로 바꾸어주고 양수의 값을 일정한 크기로 만들어준 다음 이동평균 필터를 이용하여 값을 평탄하게 바꾸어주고 잡음의 평균값을 획득하게 된다. 이 잡음의 값과 기준 레벨을 이용하여 기준 값을 구하게 되고 이 기준 값과 이동평균 필터를 통과한 신호의 값을 비교하여 말소리 개시점을 찾는다.

3. 실험 및 결과

3.1 녹음데이터의 획득

말소리 개시점 찾기 알고리즘의 정량적인 실험을 위하여 여섯 명의 피험자(남성 세 명, 여성 세 명)를 통하여 녹음데이터를 획득하였다. 말소리 개시점 찾기 알고리즘의 실험은 네 가지 잡음 환경에서 실험을 실시하였으며 실험환경은 그림 6과 같다. 녹음은 피험자가 의자에 앉은 상태에서 녹음되었고, 시-청각 단서는 피험자 정면의 모니터와 좌측의 스피커에서 주어지고, 잡음은 마이크에서 1[m] 떨어진 피험자 뒤편의 스피커에서 발생하였다. 피험자의 말소리 입력은 피험자 정면 20[cm]이내의 마이크에서 입력 되도록 마이크를 설치하였다.

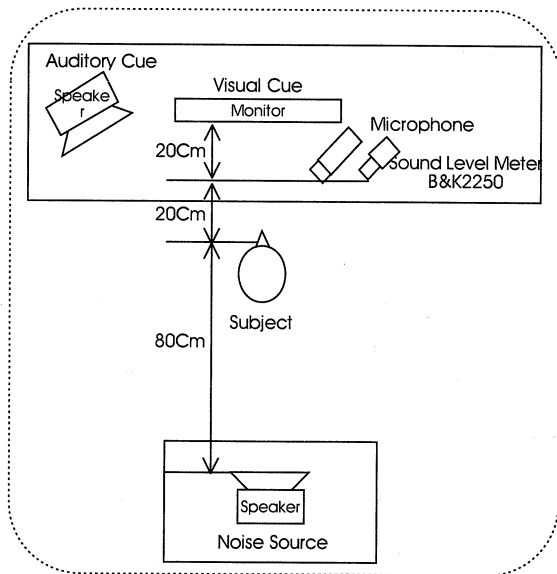


그림 6. 실험 셋업
Fig. 6. Experimental setup

잡음환경은 실내 잡음, 백색 잡음, 자동차 실내 잡음, 배틀 잡음의 네 가지 환경을 조성하여 녹음하였다. 잡음 측정에는 A-weighting을 주어 Bruel &

Kjaer사의 사운드 레벨 메타(Hand-held Analyzer Type 2250)를 이용하여 측정하였고 실내 잡음 환경은 43.3[dBA] 그 외의 백색 잡음, 자동차 내부 잡음, 배틀 잡음의 환경은 60[dBA]로 하여 실험하였다.

3.2 알고리즘의 평가 방법

알고리즘의 평가는 잡음제거의 결과와 잡음 제거하기 전과 후의 파일을 이용하여 말소리 개시점 찾기의 결과에 대해서 평가하였다. 잡음제거의 결과는 세 가지의 시각적인 방법을 이용하여 보여주었다. 첫 번째 시각적인 방법에는 잡음을 제거하기 전과 후의 결과를 시간영역에서 보여주었다. 두 번째 방법에는 SNR을 이용하여 상대적인 비교 방법으로 기준 값에 비하여 SNR이 어느 정도인지를 보여주었다. 세 번째 방법에는 스펙트로그램을 이용하여 잡음 제거 전과 후의 결과를 보여주었다. 청각단서 제거 알고리즘은 스펙트로그램을 이용하여 시각적으로 청각단서가 제거되는 결과를 보여주었다. 잡음 제거하기 전과 후의 파일을 이용하여 말소리 개시점 찾기에 적용한 결과는 시간의 오차를 비교하여 평가하였다.

3.3 실험결과 분석

그림 7 (a)는 음성과 잡음이 동시에 녹음되어진 파일을 보여주고 있다. 실험에 사용된 문장은 “열매는 주로 암술의 씨방이 발달하여 생긴 것으로 성숙한 꽃이라고 하겠다.”로 하여 실험한 결과이다. 실험은 SENNHEISER사 835S모델의 마이크로폰에서 60[dBA]의 배틀 잡음[8]을 사용하여 음성과 동시에 녹음하였다. (b)는 말소리 녹음 파일의 5번째 대역에서의 SNR을 보여주고 있다. 128개의 샘플을 이용하여 FFT를 하여 64개 대역 중 5번째 대역을 이용하여 음성의 기본 주파수대역을 기준으로 선정하였다. 잡음환경에서 녹음되어진 배틀 잡음의 양이 적은 이유는 마이크로폰의 지향성과 주파수가 높은 잡음에 감도가 낮은 특성으로 잡음이 적게 마이크로폰으로 입력되어지는 것으로 판단된다. 식 (1)은 연속 SNR을 구하는 식이다. 잡음과 음성의 다섯 번째 대역의 에너지를 각각 구하여 SNR을 획득하게 된다. $\sigma_{n, fiveband}^{signal}$ 은 11번째 프레임부터 n 번째 프레임까지의 에너지를 의미하고 $\sigma_{n, fiveband}^{noise}$ 은 1-10번째 프레임의 잡음에너지를 의미한다.

$$SNR = 10 \log_{10} \frac{\sigma_{n, fiveband}^{signal}}{\frac{1}{10} \sum_{n=1}^{10} \sigma_{n, fiveband}^{noise}} [dB] \quad (1)$$

(c)는 잡음제거 알고리즘을 이용하여 잡음이 제거된 결과이다. SNR의 문턱 값 이하는 잡음으로 인식하여 에너지를 완전히 제거하였으며 SNR의 문턱 값 이상의 값은 음성으로 판단하여 에너지를 무

손실로 처리하였다.

그림 8은 잡음제거의 결과를 스펙트로그램에서 보여주었고 그림 7과 동일한 문장을 사용하였다. (a)는 잡음과 문장의 말소리가 동시에 포함되어져 있는 신호이고 (b)는 SNR의 문턱 값을 이용하여 잡음을 제거한 결과이다. 음성이 있는 부분은 입력 신호가 그대로 출력되어진 결과를 보여주었고 잡음으로 판단되어진 부분은 완전히 신호의 에너지가 제거된 결과를 보여준다.

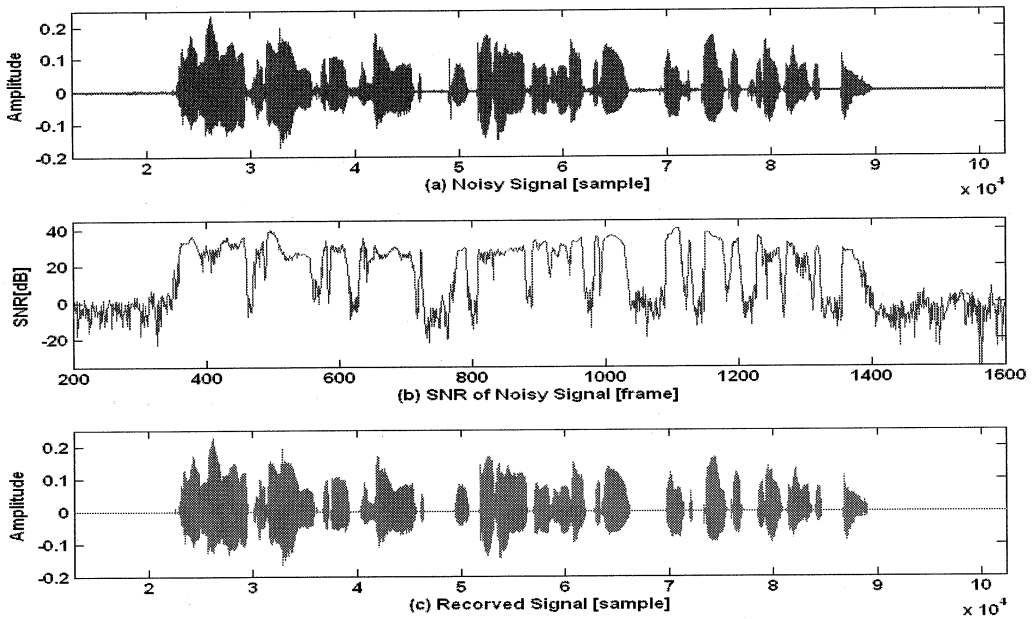


그림 7. 녹음된 말소리에서 잡음제거
Fig. 7. Noise cancellation in recorded speech

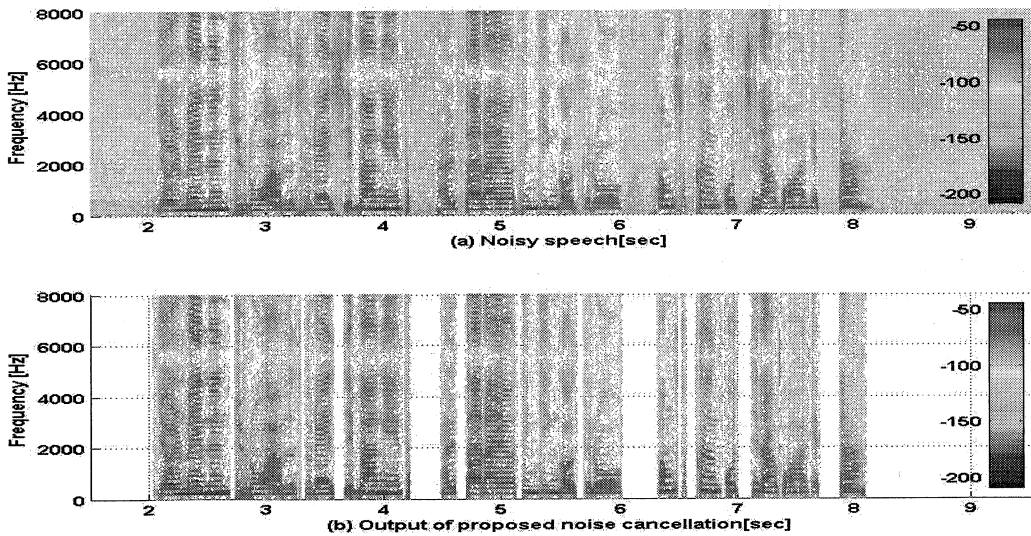


그림 8. 스펙트로그램에서 잡음제거의 결과
Fig. 8. Results of noise cancellation in spectrogram

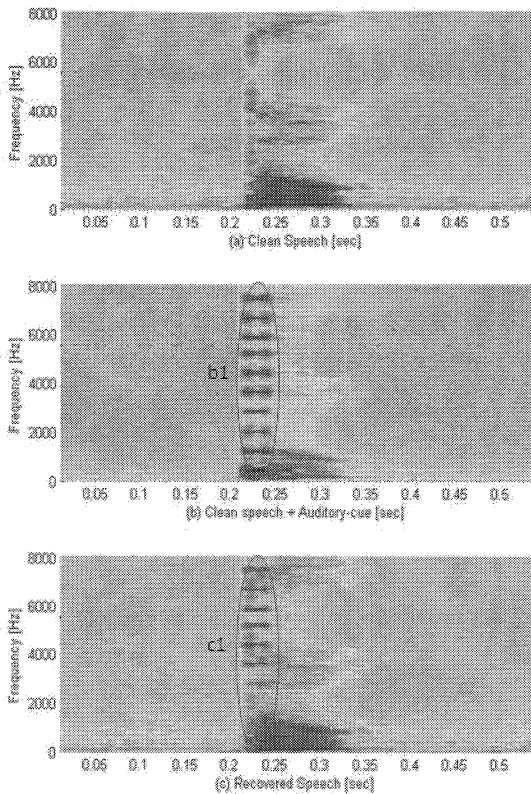


그림 9. 스펙트로그램에서 청각단서 제거 결과
 Fig. 9. The result of auditory-cue cancellation in spectrogram

그림 9는 스펙트로그램에서 청각단서 제거 전과 후의 결과를 보여주고 있다. (a)는 청각단서가 포함되지 않은 깨끗한 음성을 보여주고, (b)의 b1은 청각단서가 음성이 결합된 상태를 보여주고, (c)의 c1은 청각단서 제거 알고리즘을 통하여 청각단서를 제거한 결과를 보여준다. 제안된 청각단서 제거 알고리즘을 통하여 청각단서를 제거한 결과 낮은 주파수는 대부분 제거된 결과를 보여주었고 높은 주파수에서는 청각단서가 조금 남아 있는 결과를 보였다. 청각단서가 높은 주파수에서 육안으로 확인할 정도로 청각단서가 제거되지 않은 이유를 분석해 보면 스피커의 특성, 마이크의 감도, 공간상에서의 상대적으로 높은 주파수가 왜곡이 더 크게 발생하기 때문인 것으로 분석된다.

표 1은 잡음제거 전과 후의 말소리 개시점 찾기 결과를 보여주고 있다. 네 가지의 잡음 환경에서 실험하였고 실내잡음의 경우 사무실 환경에서 발생하는 43.3[dBA]의 잡음환경에서 실험하였고 백색잡음, 자동차 잡음, 배블 잡음의 경우는 60[dBA]의 잡음환경을 구성하여 실험하였다. 6명이 각 잡음환경에서 10개의 녹음파일을 이용하여 실험하여서 잡음환경 당 60개의 평균을 이용하여 값을 획득하였다. 표에서 N은 녹음파일의 개수를 의미한다. 마이크론의 지향성에 의해서 입력 SNR의 전체 평균은

표 1. 잡음제거 전과 후의 말소리 개시점의 추출 오차의 결과

Table 1. Results of extraction error of a speech start point before and after noise cancellation

잡음환경	잡음크기 [dBA]	비교오차 [ms]			N
		잡음제거 전	잡음제거 후	잡음제거 전과 후의 차이	
실내 잡음	43.3	9.779 ± 8.9242	6.642 ± 2.5883	3.138 ± 1.5688	60
백색 잡음	60	10.592 ± 8.4532	6.396 ± 2.5297	4.195 ± 2.0983	60
자동차 잡음	60	20.375 ± 16.9428	10.326 ± 5.7441	10.048 ± 5.0242	60
배블 잡음	60	10.807 ± 8.4692	8.802 ± 3.7583	2.006 ± 1.0029	60
전체	-	12.888 ± 11.0240	8.041 ± 3.6455	4.847 ± 2.4235	240

표 2. 입력 SNR과 말소리 개시점의 추출 오차의 결과

Table 2. Results of extraction error of speech start point and input SNR

잡음환경	잡음크기 [dBA]	입력 SNR [dB]	비교오차 [ms]		N
			잡음제거 전	잡음제거 후의 차이	
실내 잡음	43.3	10.656 ± 1.0941	3.138 ± 1.5688	60	
백색 잡음	60	7.800 ± 1.1948	4.195 ± 2.0983	60	
자동차 잡음	60	6.838 ± 3.3035	10.048 ± 5.0242	60	
배블 잡음	60	6.306 ± 4.1128	2.006 ± 1.0029	60	
전체	-	8.526 ± 2.8245	4.847 ± 2.4235	240	

8.526±2.8245[dB]를 획득하였다. 절대시간의 시간은 응용프로그램 Cool Edit를 이용하여 획득하였고 잡음제거 알고리즘을 이용하여 잡음제거하기 전과 잡음제거한 후 말소리 개시점 찾기 알고리즘을 이용하여 비교오차를 구하였다. 전체 비교오차의 잡음제거 전의 결과는 12.888±11.024 [ms]였고 잡음제거 후의 결과는 8.041±3.6455 [ms]였다. 잡음을 제거하기 전보다 잡음을 제거한 다음의 차이를 살펴보면 잡음을 제거한 다음의 말소리 찾기 시간이 자동차 잡음에서는 10.048±5.0242[ms]가 정확하게 찾아지는 결과를 보여주었고 배틀 잡음의 경우에는 잡음제거 전보다 2.006±1.0029[ms]가 향상되어지는 결과를 보여주었다. 식 (2)는 녹음파일의 전체 SNR을 구하는 식이다. $N+S$ 는 음성과 잡음이 동시에 포함된 신호이고 S^{\wedge} 는 추정된 음성신호이다.

$$SNR = 10 \log_{10} \frac{\sum_{nt=1}^L |S^{\wedge}|^2}{\left(\sum_{nt=1}^L (|N+S|)^2 - \sum_{nt=1}^L |S^{\wedge}|^2 \right)} \quad [dB] \quad (2)$$

표 2는 입력 SNR과 말소리 개시점의 추출 오차의 결과를 보여준다. 획득된 SNR은 실내 잡음의 경우 입력 SNR이 10.656±1.0941[dB]가 획득되었고 잡음제거 전보다 3.138±1.5688[ms]가 향상되었다. 가장 큰 향상이 되어진 자동차 잡음의 경우 입력 SNR이 6.838±3.3035[dB]가 획득되었고 10.048±5.0242[ms]가 향상되었다. 백색잡음의 경우 입력 SNR이 7.800±1.1948[dB]가 획득되었고 4.195±2.0983[ms]가 향상되었다. 배틀 잡음의 경우는 SNR이 6.306±4.1128[dB]가 획득되었고 2.006±1.0029[ms]가 향상되었다. 잡음환경에 따라서 향상된 결과의 차이가 발생하였는데 특히 자동차 잡음에서 잡음제거 전의 결과와 가장 큰 향상의 결과를 보여주었다. 입력 SNR과 말소리 개시점의 관계를 살펴보면 잡음이 일정하다는 가정 하에서 입력 SNR이 높은 경우에는 오차의 범위가 줄어들지만 입력 SNR이 낮아지게 되면 잡음과 음성의 경계를 모호해지는 문제가 발생하여 오차가 증가하는 것이 관찰되었다. 그러므로 말소리 개시점을 효율적으로 찾기 위해서는 SNR을 높이고, 말소리의 크기를 일정하게 유지할 필요성이 있다.

4. 결론

본 논문에서는 객체지향 프로그램을 이용하여 잡

음제거 시-청각 단서 프로그램을 개발하였고 사용자가 간편하게 사용할 수 있도록 대화상자로 구성하였다. 잡음제거 시-청각 단서 프로그램은 사용자가 간편하게 사용할 수 있도록 GUI로 구성하였으며, 문장과 시-청각 단서를 각각 또는 동시에 사용 가능하고 시-청각 단서의 발생시간이 조정 가능한 시-청각 단서 프로그램, SNR을 비교하여 일정크기 이하의 신호이면 잡음으로 인지하고 잡음을 제거하는 기능, 청각 단서가 포함된 말소리에서 청각단서를 제거하는 기능, 말소리 개시점을 찾는 말소리 개시점 찾기 기능 등을 구현하였다.

청각단서 제거 알고리즘의 실행결과는 3000[Hz] 미만의 주파수 영역에서는 청각단서가 대부분 제거되었다. 개발된 잡음제거 기능과 말소리 개시점 찾기 알고리즘의 실험을 위해서 4가지(실내 잡음, 백색잡음, 화이트 잡음, 배틀 잡음)의 잡음 환경을 조성한 다음 6명(남성 3명, 여성 3명)이 각 잡음 환경당 10문장씩 녹음하여 잡음제거 기능의 유효성 및 말소리 개시점 찾기 기능의 유효성을 확인하였다. 잡음제거 알고리즘의 경우 SNR을 비교하여 잡음이 잘 제거되어진 결과를 육안으로 확인하였고 말소리 개시점 찾기 알고리즘을 이용하여 잡음제거 전과 후의 결과를 획득하였고 잡음제거 전은 실제시간과 12.888±11.0240[ms]의 오차를 획득하였고 잡음제거 후는 실제시간과 8.041±3.6455[ms]의 오차를 획득하였다. 말소리 개시점 찾기에서 잡음제거 후의 결과가 4.847±2.4235[ms]가 향상되어진 결과를 보여주었다. 개발된 잡음제거 시-청각 단서 프로그램은 향후 말운동장애인의 평가 및 재활에 충분한 도움이 될 수 있으리라 사료된다.

참고 문헌

- [1] <http://www.nso.go.kr>. 통계청, 2007년 한국의 사회지표, 고령화지수.
- [2] J. R. Duffy, "Motor speech disorders : Substrate, differential diagnosis, and management," St. Louis. : Mosby., 1995.
- [3] K. C. Hustad, T. Jones, S. Dailey, "Implementing speech supplementation strategies: effects on intelligibility and speech rate of individuals with chronic severe dysarthria," J. Speech. Lang. Hear. Res., Vol. 46, No. 2, pp.462-474, 2003.
- [4] M. A. Pilon, K. W. McIntosh, M. H. Thaut, "Auditory vs visual speech timing cues as

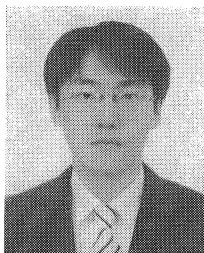
- external rate control to enhance verbal intelligibility in mixed spastic-ataxic dysarthric speakers: a pilot study," *Brain. Inj.*, Vol. 12, No. 9, pp.793-803, 1998.
- [5] K. M. Yorkston, V. L. Hammen, D. R. Beukelman, C. D. Traynor, "The effect of rate control on the intelligibility and naturalness of dysarthric speech," *J. Speech. Hear. Disord.*, Vol. 55, No. 3, pp550-560, 1990.
- [6] M. A. McHenry, "The effect of pacing strategies on the variability of speech movement sequences in dysarthria," *J. Speech. Lang. Hear. Res.*, Jun, Vol. 46, No. 3, pp.702-710, 2003.
- [7] V. L. Hammen, K. M. Yorkston, "Speech and pause characteristics following speech rate reduction in hypokinetic dysarthria," *J. Commun. Disord.*, Vol. 29, No. 6, pp.429-444, 1996.
- [8] http://spib.rice.edu/spib/select_noise.html, Rice Univ. DSP group homepage.



방 동 혁

1997년 광주기능대학교 졸업
 1999년 5월 - 2003년 6월 (주)에 이스테크놀러지 근무
 2007년 2월 광주대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
 2009년 2월 인하대학교 전자공학과 졸업 (공학석사)

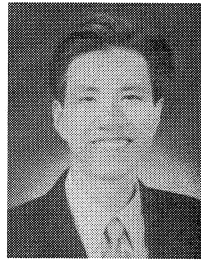
관심분야 : 디지털 보청기, 디지털 신호처리, 적응 잡음제거 알고리즘



강 현 덕

2007년 8월 인하대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 2008년 9월 ~ 현재 인하대학교 전자공학과 석사 과정 재학 중

관심분야 : 음성 신호 처리, 잡음제거 알고리즘



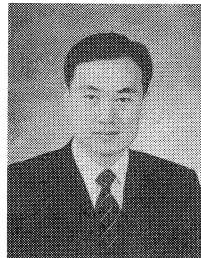
길 세 기

1998년 인하대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
 2006년 인하대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
 2006년 인하대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)

2006.9 - 2007.9 일본 와세다대학교 대학원 초청 연구원

2007.10 ~ 현재 인하대학교 전자공학과 정보전자공동연구소 연구교수

관심 분야 : 생체신호처리, 음성신호처리, 유비쿼터스 헬스케어, 의용영상처리



이 상 민

1987년 인하대학교 전자공학과 학사 졸업
 1989년 인하대학교 전자공학과 석사 졸업
 2000년 인하대학교 전자공학과 박사 졸업

1989년 1월 - 1994년 7월 LG이노텍 선임연구원

1995년 1월 - 2002년 3월 삼성종합기술원 책임 연구원

2002년 4월 - 2005년 2월 한양대학교 의공학교실 연구교수

2005년 3월 - 2006년 8월 전북대학교 생체정보공학부 조교수

2006년 9월 - 현재 인하대학교 전자전기공학부 조교수

관심분야 : Healthcare system design, Psycho-acoustic, Brain-machine interface