

## DSP를 이용한 적응보상기가 있는 적응잡음제거기의 하드웨어 구현

正會員 金大經\*, 朴長植\*, 金炯淳\*, 金在浩\*, 孫慶植\*

### Hardware Implementation of Adaptive Noise Canceller with Adaptive Compensator Using DSP Chip

Dae Kyung Kim\*, Jang Sik Park\*, Hyung Soon Kim\*, Jae Ho Kim\*, Kyung Sik Son\* Regular Members

본 논문은 1993년도 한국과학기술재단의 연구비 지원에 의한 결과임.

#### 要 約

본 논문에서는 디지털 신호처리용 프로세서(digital signal processor : DSP)를 사용하여 보상된 LMS(least mean square) 알고리즘을 이용한 적응 잡음제거시스템을 하드웨어로 구현하였다. 알고리즘을 고정소수점 형태의 프로그램이 가능한 DSP를 사용하여 하드웨어로 구현하기에 앞서 고정소수점(fixed-point) 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 음성신호에 대하여 알고리즘의 성능을 검증하였다. 고정소수점 컴퓨터 시뮬레이션에서 보상된 LMS 알고리즘은 부동소수점 연산의 경우와 같이 기존의 LMS 알고리즘에 비하여 약 2.6dB정도 신호대 잡음 비의 개선 효과를 보였다.

실험결과를 통하여 하드웨어로 구현된 보상된 LMS 알고리즘이 음성신호에 대하여 기존의 LMS 알고리즘보다 더 좋은 성능을 나타냄을 알 수 있었다.

#### ABSTRACT

In this paper, adaptive noise cancellation system based on the compensated LMS(least mean square) algorithm was implemented by using digital signal processor. Before the hardware implementation with fixed-point programmable DSP, the performance of the compensated LMS algorithm was verified through the fixed-point computer simulation for the speech signals. In the fixed-point computer simulation, the compensated LMS algorithm results in the improvement of SNR(signal-to-noise ratio) about 2.6dB compared with LMS algorithm as the case of floating point computer simulation.

The hardware-implemented compensated LMS algorithm has better performance than the conventional LMS algorithm for speech signals.

\*釜山大學校 電子工學科 情報通信研究所  
Dept. of Elec. Eng., Research Institute of  
Information and Communication, Pusan National  
University  
論文番號 : 95072-0218  
接受日字 : 1995年 2月 18日

## I. 서 론

자동차나 항공기 내부에서와 같이 잡음의 크기가 크고 계속적으로 변화하는 환경에서도 사용가능한 통신시스템이나 음성인식시스템 또는 화자인식시스템(speaker identification system)을 만들려면 성능 좋은 잡음 제거기가 반드시 필요하다<sup>(1)</sup>. 특히, 실제 상황에서 잡음은 그 통계적 특성에 대한 사전지식이 거의 없거나 변하는 경우가 대부분이다. 따라서 시스템이 최적상태에서 동작하도록 주변환경의 변화에 따라 시스템이 계속적으로 적응해야 할 필요가 있다. 이런 적응 잡음제거기는 주로 음성을 데이터로 이용하는 시스템에 있어서 음성신호 처리의 전처리과정으로 음성신호를 주변의 잡음에 대하여 강화(enhancement)시키는 역할을 하게 된다.

많은 저작들에 의해서 LMS 알고리즘, NLMS(normalized LMS) 알고리즘 등으로 적응하는 FIR필터를 사용한 적응잡음제거기(adaptive noise canceller: ANC)가 구현되어왔다<sup>(2)</sup>. 이러한 알고리즘들의 주요한 이점은 수식으로 간단하게 표시되기 때문에 실제 계산시 매우 효율적으로 구현할 수 있다는 것이다. 물론 시간영역에서 잡음 섞인 신호를 빠르게 추적하여야 할 경우에는 LMS 알고리즘보다는 FRLS(fast recursive least square)와 같은 다른 알고리즘들이 더 좋은 성능을 보일 경우가 있다<sup>(3)</sup>. 그러나 이런 알고리즘은 많은 계산량을 요구할 뿐 아니라 제거해야 할 신호에 따라서 알고리즘의 성능저하가 있을 수 있다<sup>(4)</sup>. Harrison 등은 LMS 알고리즘을 사용한 적응 잡음제거기에서 음성의 존재여부에 따라서 잡음경로를 추정하는 필터가 선택적으로 동작하도록 하여 성능을 높이고 하였다<sup>(5)</sup>. 그러나, 음성구간과 비음성구간을 구별하기 위한 전처리과정이 필요하다. 한편, 손경식 등은 기존의 적응 잡음제거기에서 문제가 되는 진동적 수렴을 해결하기 위하여 출력단에 적응보상기를 삽입한 새로운 적응 잡음제거기를 제안하고 이를 위하여 LMS 알고리즘을 수정한 보상된 LMS 알고리즘을 유도하였다<sup>(6,7)</sup>. 음성신호에 대한 부동소수점 컴퓨터 시뮬레이션에서 보상된 LMS 알고리즘은 LMS 알고리즘에 비해 약 3dB의 성능개선을 보였다.

본 논문에서는 DSP를 이용하여 보상된 LMS 알고리즘 및 LMS 알고리즘을 실시간으로 처리할 수 있는 하드웨어시스템을 구현하고 실험한 결과 보상된 LMS 알고리즘의 잡음제거성능이 LMS 알고리즘보다 우수함을

보였다. 고정소수점 컴퓨터 시뮬레이션에서 입력 잡음대 신호비가 -2 dB이고 적응필터의 차수가 32차, 적응보상기의 차수가 12차일 때 보상된 LMS 알고리즘이 신호대 잡음비에 있어서 2.6 dB정도 LMS 알고리즘보다 우수했다.

II장에서는 보상된 LMS 알고리즘에 대하여 정리하고, III장에서는 컴퓨터 시뮬레이션 한 결과를 보인다. IV장에서는 구성된 하드웨어와 그 하드웨어에 의한 실험결과 및 검토를 한다.

## II. 보상된 LMS 알고리즘<sup>(6,7)</sup>

기존의 적응 잡음제거기에서는 적응필터의 파라미터 벡터가 최적값에 수렴하는 것과 추정오차신호(estimated error)가 원신호에 수렴하는 것 사이에 서로 상충되는 관계가 있다. 즉 추정오차신호가 원신호에 수렴하면 적응필터의 파라미터벡터는 최적값으로부터 계속 변동하며 진동적으로 수렴한다. 반면 파라미터벡터가 최적값으로부터 변동없이 수렴하기 위해서는 추정오차신호가 영으로 수렴해야 한다. 따라서 시간이 경과함에 따라 적응필터의 파라미터벡터가 최적값에 변동없이 수렴하는 것과 추정오차신호가 원신호에 수렴하는 것은 동시에 만족되어야 이상적이다.

원신호  $s(k)$ 에 간섭신호  $x(k)$ 가 혼신될 때 이를 제거하는 일반적인 적응잡음제거기의 구성도와 그 계동도는 그림 1과 같다.

그림 1(b)에서  $R(z)$ 는 간섭신호  $x(k)$ 가 원신호  $s(k)$ 에 혼신되는 경로의 전달함수이다.  $R(z)$ 의 특성이 시간에 따라 변하거나 그에 대한 사전정보가 없을 경우에 최적필터  $A(z)$ 를 최소 평균자승오차의 의미에서  $R(z)$ 로 수렴시키면  $y(k)$ 가  $d(k)$ 에 가까워지게 되며 그 결과 추정오차신호  $e(k)$ 에는  $d(k)$ 의 성분이 제거되고 원신호  $s(k)$ 에 가까운 성분만 남게 된다.

일반적으로 추정오차신호  $e(k)$ 의 자승평균이 최소가 되는 방향으로 적응필터  $A(z)$ 를 적응시킬 경우, 시간  $k$ 와  $k+1$ 에서 추정된  $A(z)$ 의 파라미터벡터  $w(k)$ 와  $w(k+1)$ 사이에는

$$w(k+1) = w(k) + q(k)e(k)x(k) \quad (1)$$

의 관계가 있다<sup>(8,9)</sup>. 여기서 벡터  $x(k)$ 는 지연된 입력 표본값들로 구성된 데이터벡터이고 또한  $q(k)$ 는 식(1)

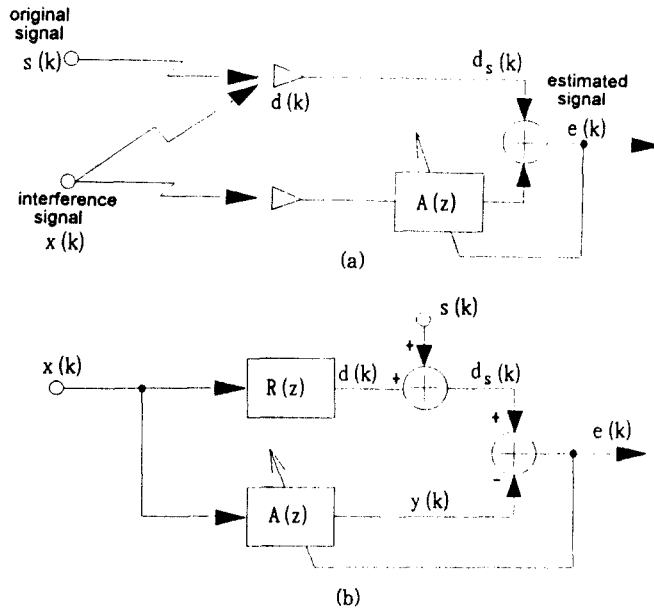


그림 1. 기존 적응잡음제거기의 구조  
 (a) 적응잡음제거기의 구성도 (b) 적응잡음제거기의 계통도  
 Fig. 1. Structure of conventional ANC  
 (a) structure of the ANC (b) block diagram of the ANC

의 수렴상태를 결정짓는 중요한 요소로서 알고리즘의 종류에 따라 일반행렬, 대각선행렬 또한 스칼라량의 여러 가지 형태를 가질 수 있다. 식(1)에서 파라미터벡터  $w(k)$ 는 시간이 경과함에 따라 최적값으로 수렴해야 하고 동시에 복구된 추정오차신호  $e(k)$ 가  $s(k)$ 에 수렴해야 하는 두 가지 조건이 만족되어야 한다. 그러나 정상 상태에서  $w(k)$ 가 최적값에 수렴하는 것과 추정오차신호  $e(k)$ 가 원신호  $s(k)$ 에 수렴하는 것은 서로 상충되는 관계가 있다. 즉  $e(k)$ 가  $s(k)$ 로 수렴하면  $w(k)$ 는 최적값으로부터  $q(k)e(k)x(k)$ 만큼 계속해서 변동하는 진동적 수렴을 하며 반면  $w(k)$ 가 최적값으로부터 변동이 없기 위해서는  $e(k)$ 가 0으로 수렴해야한다. 따라서 우리가 원하는 두 가지 목적이 동시에 이루어 질 수 없다.

기존의 적응 잡음제거기에서 문제가 되는 진동적 수렴을 해결하기 위하여 출력단에 적응보상기를 삽입한 것이 그림 2와 같은 구조이다<sup>(6,7)</sup>.

삽입된 적응보상기의 주파수 응답특성은 notch필터(notch filter)의 주파수 응답특성을 갖게 되어 추정오

차신호의 주파수 스펙트럼을 상쇄시킨다. 따라서 적응보상기의 출력은 영으로 수렴하게 된다. 적응 잡음제거기의 적응필터 및 적응보상기에 안정성을 고려하여 적응비순환필터가 사용되었고, 이를 위해 유도한 보상된 LMS 알고리즘은

$$w(k+1) = w(k) + \mu_w v(k)x(k) \tag{2}$$

$$c(k+1) = c(k) + \mu_c v(k)e(k-1) \tag{3}$$

이다.  $w(k)$ ,  $c(k)$ ,  $x(k)$  및  $e(k)$ 는 각각  $A(z)$ 의 파라미터벡터,  $C(z)$ 의 파라미터벡터,  $A(z)$ 의 데이터벡터 및  $C(z)$ 의 데이터벡터이다.  $v(k)$ 는  $C(z)$ 의 출력이고,  $\mu_w$ 와  $\mu_c$ 는 적응상수이다.

보상된 LMS 알고리즘에 대하여 부동소수점 시뮬레이션을 한 결과, 적응 잡음제거기의 출력파형의 신호대 잡음비가 기존의 LMS 알고리즘에 의한 것보다 크게 개선되고 수렴곡선의 정상상태가 최적값에 더 가깝게 수렴한다.

한편, 그림 1에 도시된 적응잡음제거기의 적응필터의

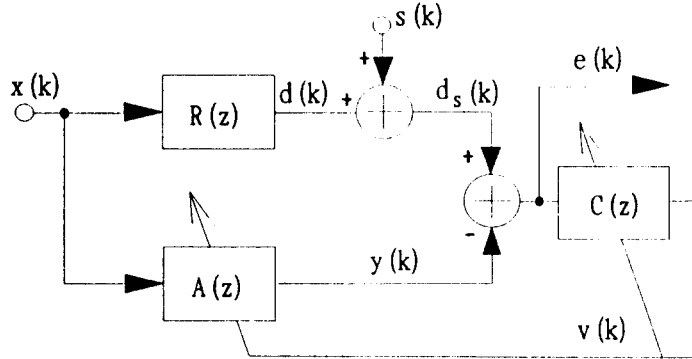


그림 2. 보상기를 채용한 적응잡음제거기  
Fig. 2. ANC employing the compensator

차수가 N인 경우에 대해 기존의 LMS 알고리즘은  $N(2N+3)$ 개의 실수 곱셈이 필요하고, 그림 2에 도시된 적응보상기를 가지는 잡음제거기의 적응필터  $A(z)$  및 적응보상기  $C(z)$ 의 차수가 각각 N인 경우에 대해 보상된 LMS 알고리즘의 식(2)와 (3)에서는  $4N(N+1)$ 개의 실수 곱셈이 필요하다.

기존의 LMS 알고리즘의 실수 곱셈량에 대한 보상된 LMS 알고리즘의 실수 곱셈량의 비는

$$m = \frac{4N+4}{2N+3} \tag{4}$$

와 같다. 여러 필터차수 N에 대해서 이 비율 계산한 것이 표 1이다. 보상된 LMS 알고리즘은 그림 2에서 보는 바와 같이 적응필터  $A(z)$ 와 적응보상기  $C(z)$ 의 필터차수를 같게 하였을 때 기존의 LMS 알고리즘에 비해 약 2배의 계산량이 요구된다.

표 1. LMS 알고리즘에 대한 실수 곱셈량의 비  
Table 1. Ratios of real multiplies with respect to LMS algorithm

N	16	32	64	128	256	512
m	1.493	1.970	1.985	1.992	1.996	1.998

### Ⅲ. 컴퓨터 시뮬레이션 및 결과

실제로 DSP를 사용하여 적응 잡음제거시스템의 하드웨어를 구현했을 때 그 시스템의 잡음 제거성능을 알아보기 위하여 고정소수점 컴퓨터시뮬레이션을 하였다.

고정소수점 컴퓨터시뮬레이션에서 보상된 LMS와 기존의 LMS 알고리즘을 음성신호에 적용해 비교하기 위해서 10KHz로 샘플링하고, 8비트로 양자화했다. 잡음의 전달경로는

$$H(z) = \frac{0.5}{1 - 1.272792z^{-1} + 0.81z^{-2}} \tag{5}$$

를 32차 FIR필터로 근사화했다. 그림 3과 같은 원음성신호에 대하여 평균자승오차(MSE)를 이용하여 구한 학습곡선이 그림 4이다. 보상된 LMS 알고리즘의 평균자승오차가 대부분의 구간에서 기존의 LMS 알고리즘에 비해서 작다. 묵음구간에서 LMS 알고리즘의 평균자승오차가 보상된 LMS 알고리즘의 평균자승오차보다 작다. 이것은 보상된 LMS 알고리즘에서 적응필터의 파라미터벡터가  $e(k)$ 가 보상된 신호 즉,  $v(k)$ 에 의해서 천천히 적응되기 때문이다

위와 같은 시뮬레이션 조건하에서 적응필터의 차수를 가변시키면서 LMS 알고리즘의 잡음제거특성을 실험한 것이 그림 5이다. 적응필터의 적응계수  $\mu_w$ 는 LMS 알고리즘의 성능이 가장 좋도록 실험적으로 선정했는데  $1.525 \times 10^{-5}$ 로 하였다. 입력 음성의  $SNR_{seg}$ (segment-

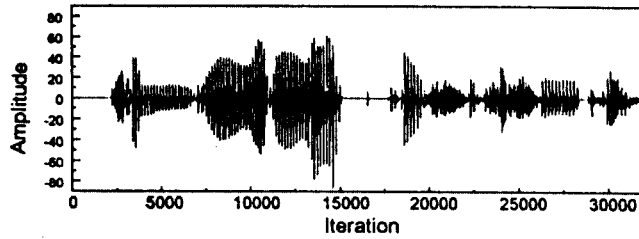


그림 3. 원음성신호  
Fig. 3. Original speech signals

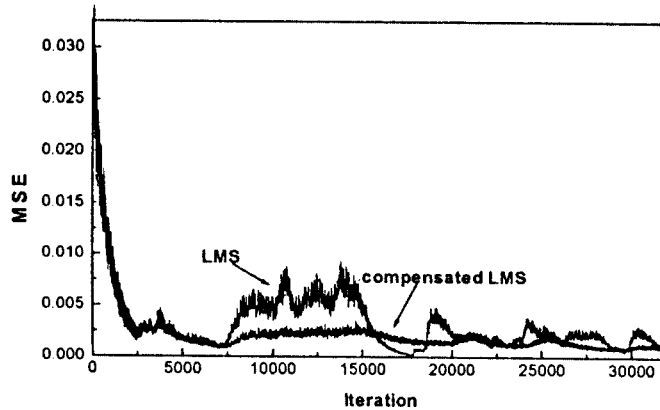


그림 4. 음성신호에 대한 LMS와 보상된 LMS 알고리즘의 학습곡선  
Fig. 4. Learning curves of LMS and compensated LMS algorithms for speech signals

tal SNR)은  $-3.6\text{dB}$ 이 되도록 하였다.  $\text{SNR}_{\text{seg}}$ 는

$$\text{SNR} = \frac{1}{M} 10 \log_{10} \left[ \sum_{n=m_j-N+1}^m \frac{s^2(n)}{(s(n) - \hat{s}(n))^2} \right] \quad (6)$$

와 같이 정의된다<sup>(10)</sup>. 여기서  $m_j(j=0 \sim M-1)$ 는 각각의 길이가  $N$ 인  $M$ 개의 프레임(frame)의 종점(end-times)들이다. 여기서 필터차수가 32차일 때 가장 좋은 음을 알 수 있다. 이것은 잡음전달경로를 32차 FIR필터로 근사화하였기 때문에 잡음전달경로가 적응필터와 가장 잘 system identification되었기 때문이다.

한편, 적응필터 차수를 32차로하고 적응보상기의 차수를 가변시키면서 보상된 LMS 알고리즘의 성능을 실험한 것이 그림 6이다. 적응필터의 적응계수  $\mu_w$ 는  $1.525 \times 10^{-5}$ , 보상기의 적응계수  $\mu_{co}$ 는  $\mu_w$ 를 LMS 알고

리즘에서와 같이 고정시키고 보상된 LMS 알고리즘에서 좋은 성능을 보이는  $3.051 \times 10^{-6}$ 으로 하였다. 입력 신호의  $\text{SNR}_{\text{seg}}$ 은 역시  $-3.6\text{dB}$ 으로 하였다. 그림 7은 입력  $\text{SNR}_{\text{seg}}$ 을  $-11.4\text{dB}$ ,  $-8.6\text{dB}$ ,  $-3.6\text{dB}$ ,  $-2\text{dB}$  및  $-1\text{dB}$ 로 변화시켰을 때 보상된 LMS 알고리즘과 LMS 알고리즘의 성능을 비교 실험한 결과이다. 실험 결과 입력  $\text{SNR}_{\text{seg}}$ 이  $-2\text{dB}$ 이고 적응필터의 차수가 32차, 적응보상기의 차수가 12차일 때 출력  $\text{SNR}_{\text{seg}}$ 이 최대 약  $2.6\text{dB}$ 정도 개선되는 것을 볼 수 있다.

#### IV. 구현된 하드웨어에 의한 실험결과 및 검토

##### 1. DSP를 사용한 하드웨어 구현 및 실험

본 연구에서는 ANALOG DEVICES의 ADSP-

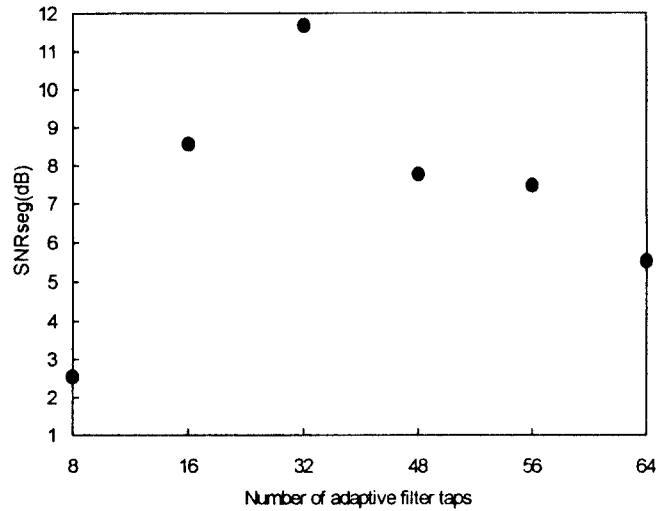


그림 5. 음성에서 적응필터의 차수에 대한 LMS 알고리즘의 성능 비교(음성)  
 $(\mu_w=1.525 \times 10^{-5}, \mu_{\infty}=3.051 \times 10^{-6})$

Fig. 5. Performance comparison of LMS algorithm for the number of adaptive filter taps in speech signal  $(\mu_w=1.525 \times 10^{-5}, \mu_{\infty}=3.051 \times 10^{-6})$

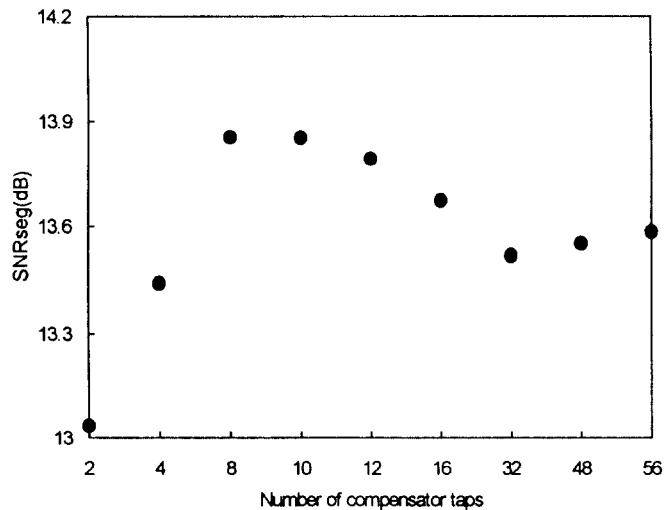


그림 6. 음성에서 보상기 차수에 대한 보상된 LMS 알고리즘의 성능 비교  
 $(\mu_w=1.525 \times 10^{-5}, \mu_{\infty}=3.051 \times 10^{-6}, \text{적용필터차수:32})$

Fig. 6. Performance comparison of compensated LMS algorithm for the number of adaptive compensator taps in speech signal  
 $(\mu_w=1.525 \times 10^{-5}, \mu_{\infty}=3.051 \times 10^{-6}, \text{adaptive filter tap:32})$

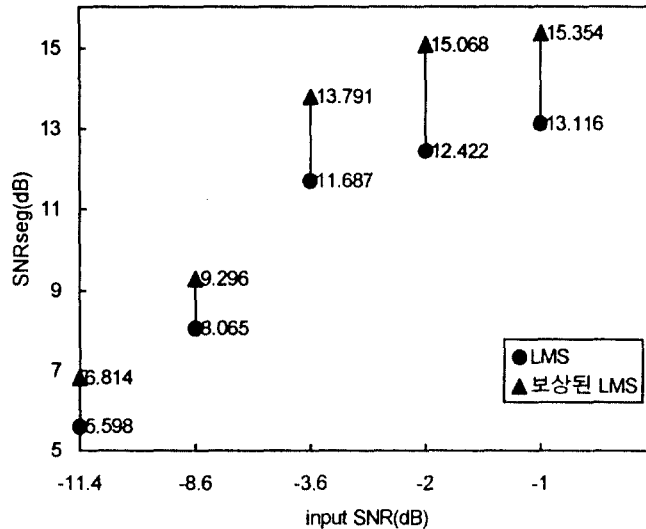


그림 7. 음성신호의 입력 SNR 변화에 대한 LMS 알고리즘과 보상된 LMS 알고리즘의 성능 비교  
 ( $\mu_w=1.525 \times 10^{-4}$ ,  $\mu_{\infty}=3.051 \times 10^{-4}$ )  
 Fig. 7. Performance comparison of LMS and compensated LMS algorithm for the input SNR change of the speech signal ( $\mu_w=1.525 \times 10^{-4}$ ,  $\mu_{\infty}=3.051 \times 10^{-4}$ )

2101 디지털 신호처리용 프로세서(DSP)와 AD1849 SoundPort Stereo CODEC을 이용하여 적응 잡음 제거를 위한 실시간처리 보상된 LMS 알고리즘 및 LMS 알고리즘을 하드웨어로 구현하였다. ADSP-2101은 어드레스 버스와 데이터 버스가 분리되어 있는 하버드(Harvard) 구조로 되어 있어 고속의 명령어 처리가 가능하다<sup>(11)</sup>. 내부에 2개의 직렬포트를 가지고 있어서 직렬 인터페이스를 통하여 다중 처리 시스템 구성이 용이한 마이크로 프로세서이다. ADSP-2101은 12.5Mhz의 클럭으로 12.5MIPS의 명령어 처리가 가능하다. 또한, 내부에는 3개의 독립적인 계산장치가 있는데 이것은 산술 및 논리연산장치(ALU), 곱셈기(multiplier) 그리고 쉬프트장치(shifter)이다. 실제 시스템에서는 16.384MHz의 클럭을 사용하여 61nsec에 1개의 명령어를 처리할 수 있다. 특히, ADSP-2101은 순환형 버퍼(circular buffer)구조를 사용하여, 하나의 명령어 사이클 내에 곱셈과 덧셈 그리고 2개의 데이터를 한꺼번에 읽어올 수 있는 고속 신호처리용 DSP이다. AD1849는 다중채널의 스테레오 입출력이 가능하고 칩 내부에 앨리어싱(aliasing)방지를 위한 저역통과필터

(LPF)가 내장되어 있다<sup>(12)</sup>. 이 칩은 5.5KHz에서 48KHz까지 샘플링 할 수 있으며 ADSP-2100계열의 고정소수점 디지털 신호처리칩과 직렬통신을 통하여 직접 연결할 수 있다는 장점이 있다. AD1849는 내부적으로 시그마-델타( $\Sigma-\Delta$ )방식의 A/D, D/A변환을 수행한다. 입력신호는 두 개의 마이크로부터 들어오는 아날로그 신호가 증폭기를 거쳐서 입력된다. 구현된 시스템의 전체 구성도가 그림 8이다. 이 시스템은 1)ADSP-2101 DSP 칩, 2)DSP에서 사용할 프로그램을 저장하는 EPROM, 3)AD1849와 ADSP-2101사이의 데이터 전송을 위한 직렬 통신포트, 4)외부의 신호를 입력받을 수 있는 2개의 콘덴서 마이크와 증폭기, 5)A/D 및 D/A 변환을 위한 AD1849로 구성되어 있다.

실제로 구현된 하드웨어에서 입력이 구형파 및 음성신호인 경우에 대하여 실험하였다. 먼저 일차입력부(primary input)에 대한 입력신호는 신호발생기의 출력이나 음성신호를 라인입력(line input)으로 하여 AD1849에 입력된다. 입력신호는 16비트로 양자화하였고 샘플링 주파수는 22KHz였다. 기준입력부(secondary input)에는 백색가우스 잡음을 입력으로 넣었

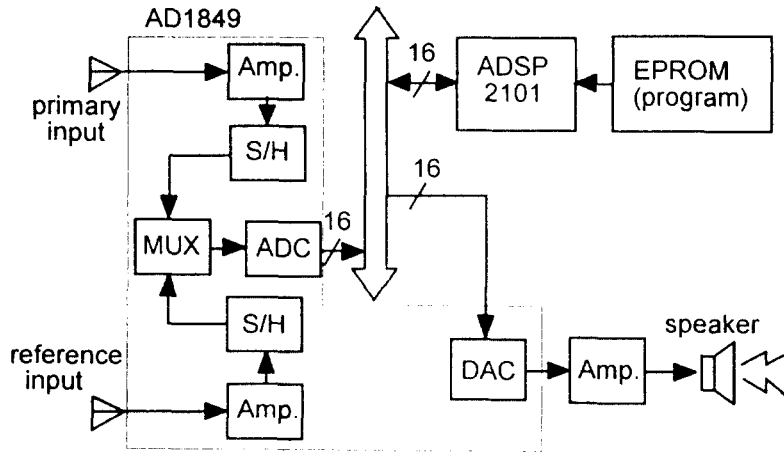
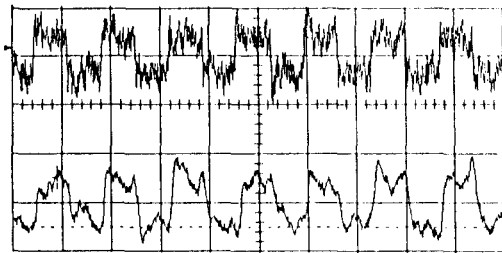
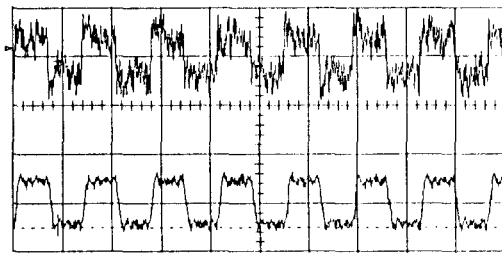


그림 8. 시스템의 전체구성도  
Fig. 8. System block diagram



(a)



(b)

그림 9. 구형파에 대한 적응잡음제거실험 결과  
(a) LMS 알고리즘 (b) 보상된 LMS 알고리즘  
Fig. 9. Experimental results of ANC for rectangular wave  
(a) LMS algorithm (b) compensated LMS algorithm

는데 이러한 잡음은 임의파형발생기(arbitrary waveform generator)를 사용하여 발생시켰다. 잡음 경로는 차단주파수 10KHz, Q값이 0.707, 직류이득(DC gain)이 1인 저역통과필터(LPF)를 사용하였다.

실험조건은 고정소수점 컴퓨터 시뮬레이션에서와 같이 적응필터의 차수는 32차, 보상기의 차수는 12차로 하였고, 적응계수  $w$  및  $c_0$ 는 하드웨어 실험에서 좋은 성능을 보이도록 실험적으로 선정하였는데 각각  $3.051 \times 10^{-5}$ ,  $3.051 \times 10^{-6}$ 으로 두었다.

2. 실험결과 및 검토

1.2KHz의 구형파에 대한 실험결과는 그림 9와 같다. 보상된 LMS 알고리즘을 적용한 적응 잡음제거기가 LMS 알고리즘을 적용한 적응 잡음제거기보다 성능이 많이 개선된 것을 알 수 있다. 음성에 대한 LMS와 보상된 LMS 알고리즘의 실험결과는 그림8과 같다. 음성에 대해서도 보상된 LMS 알고리즘이 LMS 알고리즘보다 잡음제거 능력이 좋다는 것을 알 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 LMS 알고리즘보다 잡음제거 성능이 우수한 보상된 LMS 알고리즘을 하드웨어로 구현하기 위해서 음성신호에 대하여 고정소수점 컴퓨터 시뮬레이



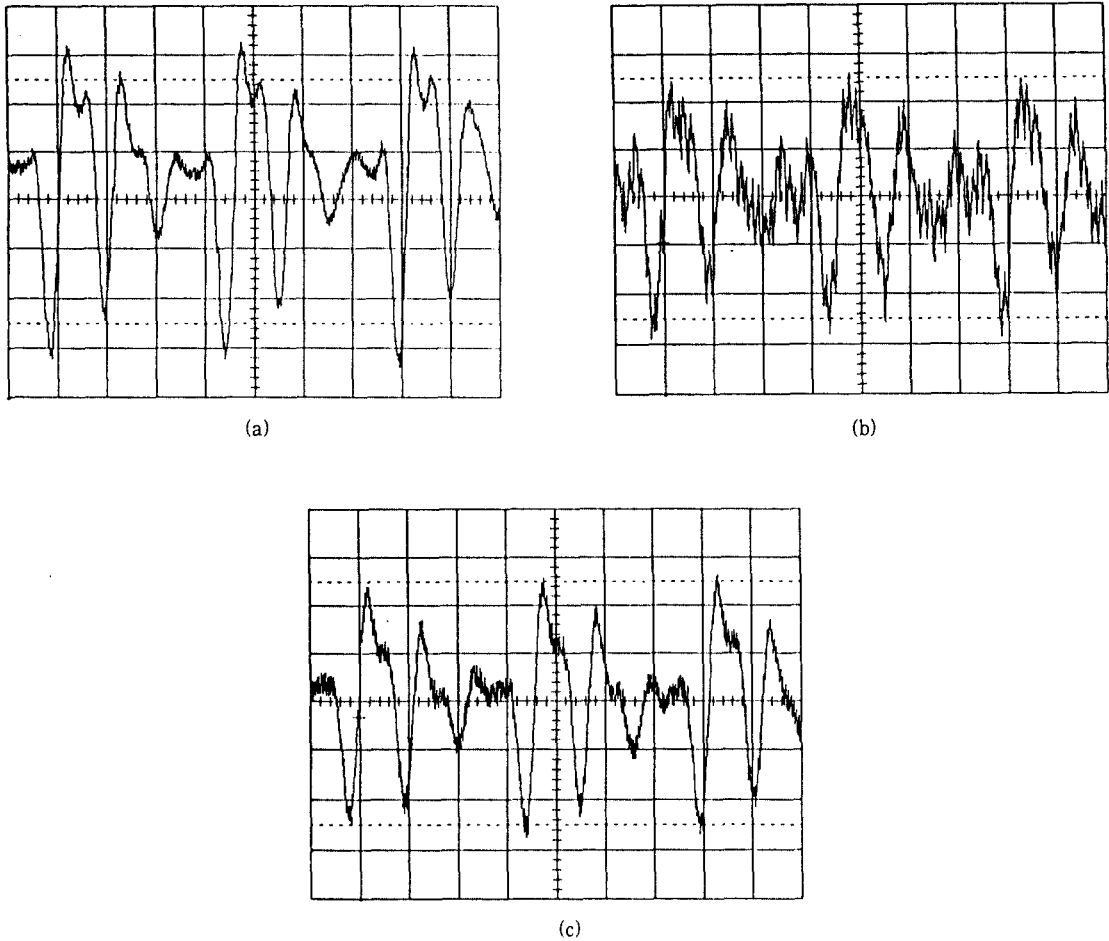


그림 10. 각 알고리즘들의 음성신호에 대한 적응잡음제거기실험 결과  
 (a) 원 음성신호 (b) LMS 알고리즘 (c) 보상된 LMS 알고리즘  
 Fig. 10. Experimental results of ANC using each algorithm for speech signals  
 (a) Original speech waveform (b) LMS algorithm (c) compensated LMS algorithm

선을 하고, 실제환경에 응용하기 위해서 하드웨어로 구현하였다. 입력신호의 신호대 잡음비가 -2dB일 경우 고정소수점 컴퓨터 시뮬레이션에서 보상된 LMS 알고리즘은 LMS 알고리즘에 비해 2.6dB정도 신호대 잡음비가 높았다.

구현된 하드웨어로 실험한 결과 보상된 LMS 알고리즘이 LMS 알고리즘보다 잡음제거 성능이 우수함을 알 수 있었다. 이것은 음성구간을 구분하지 않고도 비행기

나 자동차와 같이 잡음제거를 필요로 하는 환경에서 DSP를 사용하여 간단하게 잡음제거기를 구현할 수 있다는 것이다. 따라서 음성인식이나 화자인식과 같이 음성을 데이터로 사용하는 시스템들의 실제 성능을 크게 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. Carlos R.Martins, Moises S. Piedade, "Fast Adaptive Noise Canceler Using the LMS Algorithm," *ICSPAT '93*, pp.121-127, Sep., 1993.
2. Steven F.Boll and Dennis C. Pulsipher, "Suppression of Acoustic Noise in Speech Using Two Microphone Adaptive Noise Cancellation," *IEEE Trans. ASSP.*, vol. ASSP-28, No. 6, pp.752-755, Dec., 1980.
3. William A.Harrison, Jae S. Lim, Elliot Singer, "A New Application of Adaptive Noise Cancellation," *IEEE Trans. ASSP.*, Vol. ASSP-34, No. 1, pp.21-27, Feb., 1986.
4. Martie M. Goulding, John S. Bird, "Speech Enhancement for Mobile Telephony," *IEEE Trans. on Vehicular Tech.*, Vol. 39, No. 4, pp.316-326, Nov., 1990.
5. B. Widrow, J. R. Williams, R. H. Hearn, J. R. Zeidler, and R. C. Goodlin, et. al., "Adaptive Noise Cancelling: Principles and Applications," *Proc. IEEE*, vol. 63, no. 12, pp.1962-1716, Dec., 1975.
6. 손경식, 신윤기, "비상관 잡음 제거를 위한 적응 잡음 제거 시스템 및 알고리즘," *전자공학회 논문지*, 제26권, 제1호, pp.129-139, 1월, 1989.
7. 손경식, 김수중, "적응보상기를 채용한 주파수영역 적응 잡음제거시스템 및 알고리즘," *전자공학회 논문지*, 제27권, 제9호, pp.146-157, 9월, 1990.
8. B. Widrow and S. D. Stearns, *Adaptive Signal Processing*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1985.
9. Simon Haykin, *Adaptive Filter Theory*, 2nd ed., Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J.07632, pp.67-72, 1990.
10. John R. Deller, Jr., John G. Proakis, John H.L. Hansen, *Discrete-Time Processing of Speech Signals*, Macmillan Publishing Company, pp.584-587, 1990.
11. the Applications Engineering Staff of Analog Devices, DSP Division, *Digital Signal Processing Applications Using the ADSP-2100 Family*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, pp.67-72, 1990.
12. Analog Devices, *AD1849 SoundPort Stereo Codec Manual*, pp.1-27.



金大經(Dae Kyung Kim) 준회원

1968년 9월 3일생  
 1992년 2월 : 부산대학교 공과대학  
 전자공학과 졸업(공학사)  
 1995년 2월 : 부산대학교 대학원 전  
 자공학과 졸업(공학석사)

1995년 3월~현재: 부산대학교 대학원 전자공학과 박사과정  
 ※주관심 분야 : 디지털신호처리, 적응신호처리, Equalizer



朴長植(Jang Sik Park) 준회원

1965년 11월 15일생  
 1992년 2월 : 부산대학교 공과대학  
 전자공학과 졸업(공학사)  
 1994년 2월 : 부산대학교 대학원 전  
 자공학과 졸업(공학석사)

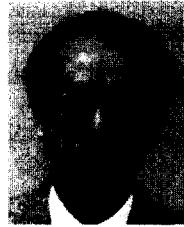
1994년 3월~현재: 부산대학교 대학원 전자공학과 박사과정  
 ※주관심 분야 : 디지털신호처리, 적응신호처리, Halftoning

金 炯 淳(Hyung Soon Kim)

정회원

1960년 8월 21일생

1983년 2월 : 서울대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 1984년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사과정  
 (박사과정 조기진학)  
 1989년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학  
 박사)  
 1987년 1월~1992년 6월 : 디지콤 정보통신연구소 연구부장  
 1992년 7월~1994년 9월 : 부산대학교 전자공학과 전임강사  
 1994년 10월~현재 : 부산대학교 전자공학과 조교수  
 ※주관심 분야 : 음성인식, 음성합성, 디지털 통신 및 신호처리

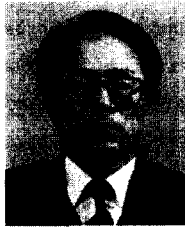


金 在 浩(Jae Ho Kim)

정회원

1957년 3월 23일생

1980년 2월 : 부산대학교 전기기계  
 공학과 졸업(공학사)  
 1982년 2월 : 한국과학기술원 산업  
 전자공학과 졸업(공학  
 석사)  
 1990년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학  
 박사)  
 1988년 8월~1992년 2월 : 삼성전자통신연구소 화상통신연구  
 실 수석연구원  
 1992년 3월~1993년 1월 : 삼성전자 자문교수  
 1993년 3월~현재 : 부산대학교 전자공학과 조교수, 파라다이스  
 비치호텔 전산화 자문교수  
 ※주관심 분야 : 영상처리, 디지털신호처리 VLSI설계, 문자  
 인식, Halftoning



孫 慶 禧(Kyung Sik Son) 정회원

1950년 3월 25일생

1973년 2월 : 부산대학교 전자공학  
 과 졸업(공학사)  
 1977년 8월 : 부산대학교 대학원 전  
 자공학과 졸업(공학석  
 사)  
 1979년~1982년 : 부산대학교 전자공학과 전임강사  
 1985년 10월 : 부산대학교 전자공학과 조교수  
 1991년 8월 : 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)  
 1991년 10월~현재 : 부산대학교 전자공학과 부교수  
 ※주관심 분야 : 디지털신호처리, 신경회로망 등