

TMS320C30을 이용한 단일채널 적응잡음제거기 구현

정 성 윤, 우 세 정, 배 건 성
경북대학교 전자·전기 공학부

Implementation of the Single Channel Adaptive Noise Canceller Using TMS320C30

Sung Yun Jung, Se Jung Woo, Keun Sung Bae
School of the Electronic & Electrical Engineering, Kyungpook National University
yunij@mmir11.knu.ac.kr

요 약 문

본 논문에서는 재귀적 지연추정기를 갖는 적응여파기를 이용하여 음성신호에 내재한 배경잡음을 제거하는 단일입력 적응잡음제거기 TMS320C30 EVM 보드에서 실시간 구현하였다. 이를 위하여 샘플시간마다 지연정보를 구할 수 있는 재귀적 평균 절대차 함수를 사용하고, 정규화된 최소평균자승(NLMS: Normalized Least Mean Square) 알고리즘을 사용하는 단일입력 잡음제거 시스템을 시뮬레이션한 [1]의 내용을 EVM 보드에 구현하였다. 그리고, [1]과 동일한 방법으로 백색 가우시안 잡음에 의해 왜곡된 음성에 대하여 SNR(Signal-to-Noise Ratio)에 따른 잡음제거 실험을 하였으며, EVM 보드에서의 실험결과를 [1]의 시뮬레이션 결과와 비교/검토하였다.

I. 서 론

대부분의 음성신호처리 시스템들이 주로 주변 잡음이 없거나 무시할 수 있을 정도의 양질의 음성을 대상으로 연구가 진행되어 왔는데 잡음 환경의 영향을 고려하지 않은 음성신호처리 시스템의 성능은 실제 환경에서 급격히 감소하게 된다. 따라서 음성신호처리 기술이 적용된 시스템의 실용화를 위해서 음성개선(speech enhancement), 즉 수신된 음성신호에서 잡음요인의 제거 또는 그 영향을 경감시키는 기술에 대한 연구 및 개발이 지속적으로 이루어져 왔다.

적응잡음제거 기술은 음성신호에 포함된 잡음신호의

상세한 통계적 특성을 미리 알고 있지 않아도 되는 장점이 있으나, 일반적으로 입력 음성내의 잡음과 상관관계를 갖는 기준입력(reference input), 그리고 입력신호와 높은 상관관계를 갖는 1차 입력신호(primary input)의 2 가지 입력신호가 필요하다. 그러나, 대부분의 음성처리 시스템에서는 입력신호가 1개의 센서(마이크)를 통해서 얻어지므로 2차의 센서를 필요로 하는 기준신호를 따로 얻을 수 없게 된다. 그러나, Sambur가 제안한 단일입력 잡음제거 기법[2]은 유성음의 준주기적인 특성을 이용하여 1~2 피치정도 지연된 잡음이 포함된 음성신호로부터 입력신호와 높은 상관관계를 갖는 기준신호를 얻음으로써 적응여파기의 기준신호를 구하기 어려운 환경에서도 음성을 개선할 수 있었다. Sambur는 매 분석구간마다 분석된 피치만큼 지연된 잡음음성을 적응여파기의 기준신호로 사용한 반면, [1]에서는 매 샘플시간마다 지연정보를 구하여 적용함으로써 Sambur 방법의 각 음성구간 사이의 불연속성과 준주기적 특성을 갖지 않는 무성음 처리부분의 단점을 개선시켰다.

본 연구에서는 [1]에 서술된 재귀적 평균 절대차 함수를 사용하여 지연정보를 추정한 후, 정규화된 최소평균자승(NLMS) 알고리즘을 사용하는 적응여파기에 적용함으로써 단일채널 적응잡음제거시스템을 구성하였다. 그리고, 이 시스템을 TMS320C30 EVM 보드를 사용하여 실시간 구현하여 그 결과를 검토하였다. 실시간 구현을 위해서 10 샘플단위로 지연정보를 추정한 잡음 적응알고리즘을 사용하였고, SNR에 따른 실험을 통해 잡음제거 성능을 [1]의 결과와 비교, 검토하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는

EVM 보드에 구현한 단일채널 적응잡음제거 방법에 대해서 살펴보고, 3장에서는 TMS320C30 EVM 보드의 구조와 이를 이용한 실시간 구현 방법을 설명한다. 그리고, 4장에서는 백색 가우시안 잡음에 의해 왜곡된 음성 신호의 잡음제거 실험 및 결과를 기존 실험 결과와 비교/검토하고, 5장에서 결론을 맺는다.

II. 단일채널 적응잡음제거 알고리즘

그림 1은 음성신호의 유성음 구간의 준주기적인 특성을 이용하여 기준신호를 얻는 단일입력 적응잡음제거 방법을 보인 것이다. 음성신호 $s(n)$ 와 백색잡음 $w(n)$ 이 섞인 입력신호 $x(n)$ 은 유성음 구간에서 준주기적인 특성을 갖게 되므로 1 ~ 2개 정도의 피치가 지연된 신호 $x(n-T)$ 는 음성신호 성분 $s(n)$ 과 높은 상관관계를 가지면서 잡음성분 $w(n)$ 과는 아주 낮은 상관관계를 갖게 된다. 유성음 구간에서는 재귀적인 평균절대차 함수를 이용하여 샘플마다 지연값을 추정하고, 추정된 값만큼 지연된 잡음음성 신호를 적응여파기의 기준신호로 사용하여 샘플마다 잡음을 제거하게 되며, 무성음 구간에서는 1 샘플이 지연된 입력 신호를 적응여파기의 기준신호로 사용하여 샘플마다 잡음성분이 적응적으로 제거된다. 특히, 지연값을 1로 선택할 경우의 단일입력 적응잡음제거 시스템을 '1 샘플지연 적응 선 개선기 (ALE: Adaptive Line Enhancer)'라 하며, Griffiths[3]에 의해 LP 스펙트럼을 적응적으로 구할 수 있게 되었다.

적응여파기의 출력 $\hat{s}(n)$ 은 전체 시스템의 오차신호 $\hat{w}(n)$ 의 에너지를 최소화함으로써 $s(n)$ 의 최소자승오차를 갖는 대응신호로 식 (1)과 같이 구할 수 있다.

$$\hat{s}(n) = \sum_{i=0}^L b_i x(n-i-T) \quad (1)$$

여기서, $x(n)$ 은 잡음이 포함된 음성신호, T 는 피치정보, 그리고 $b_i, 0 \leq i \leq L$ 는 여파기의 계수를 나타낸다.

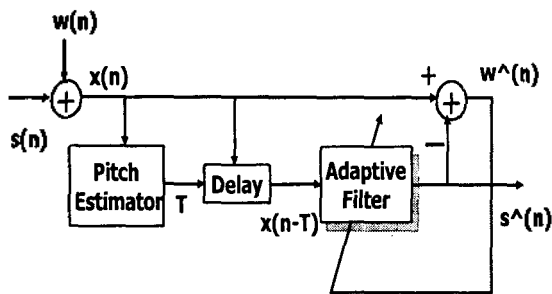


그림 1. 단일입력 적응잡음제거 시스템의 구조

본 논문에서는 적응여파기에 의해 정규화된 최소평균자승(NLMS) 알고리즘을 사용하는 횡단형 적응여파기를 사용하였다. NLMS 적응알고리즘은 식 (2) 및 (3)과 같이 표현된다.

$$B_{n+1} = B_n + \frac{2\mu \hat{w}(n) X_n}{(L+1)\hat{\sigma}_n^2}, 0 < \mu < 1 \quad (2)$$

$$\hat{\sigma}_n^2 = \alpha x^2(n) + (1-\alpha)\hat{\sigma}_{n-1}^2, 0 \leq \alpha < 1 \quad (3)$$

여기서 X_n 및 B_n 은 각각 시간 n 일때의 입력신호 벡터 및 여파기 계수벡터이고, $\hat{\sigma}$ 는 입력신호 $x(n)$ 의 전력을 추정한 값이며, μ 는 수렴인자이다. 그리고, 식 (3)에서, 입력신호의 전력을 모르거나 환경변화에 대응하기 위해 망각계수 α 가 정의되었다.

재귀적 평균절대차함수(RAMDF: Recursive Average Magnitude Difference Function)는 샘플마다 지연정보를 구할 수 있도록 하기 위해 일반적인 평균절대차 함수로부터 유도할 수 있으며, 식 (4)로 주어진다. 이때 최적의 지연 추정치 T 는 식 (5)와 같이 정의된다[1].

$$AMDF_n(k) = AMDF_{n-1}(k) + \frac{1}{N+1}|x(n) - x(n-k)| - \frac{1}{N+1}|x(n-N-1) - x(n-N-1-k)|, 0 \leq k \leq N \quad (4)$$

$$T = \arg \min_{t_L \leq k \leq t_U} [AMDF_n(k)] \quad (5)$$

III. TMS320C30 EVM 및 구현

TMS320C30 EVM(Evaluation Module) 보드는 IBM PC/AT 호환 8-bit 카드로써 ISA버스를 통해 PC와 인터페이스가 가능하고, 마이크, 스피커와 같은 아날로그 입/출력이 연결되면 간단한 실시간 신호처리 도구가 된다. 그림 2는 EVM의 내부연결 블록도이다. EVM 보드는 부동소수점 연산자인 TMS320C30 DSP를 연산 코어로 사용하고, 프로그램이나 데이터를 저장하는 16 kwords, 35 ns의 SRAM과 3 kHz ~ 18 kHz 범위의 가변 샘플링을 및 14 bits 양자화가 가능한 A/D, D/A를 내장한 TLC32044 AIC(Analog Interface Controller)를 내장하고 있다. 그리고 PC와 통신할 수 있는 16 bits 양방향 포트와 아날로그 입/출력을 위한 표준 RCA잭을 포함하고 있다[4].

실시간 구현을 위해, Serial Port 0을 통해 A/D, D/A와 프로세서간의 통신을 수행하였다. 정수값의 샘플

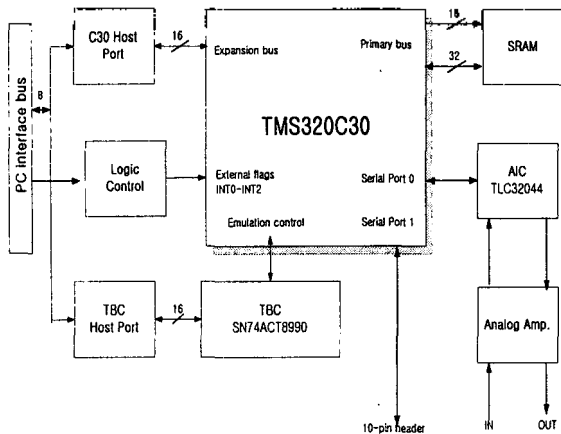


그림 2. TMS320C30 EVM 블럭도

플이 A/D로부터 매 샘플마다 인터럽트에 의해 부동소숫점으로 바뀌어 내부 RAM의 입력버퍼에 저장되고, RAMDF를 사용하여 샘플단위로 지연정보를 추정할 때 프레임 크기는 8 kHz의 샘플링율에서 256 샘플로 하였으며, 적응여파기의 차수는 14차로 하였다. 적응여파기의 출력은 버퍼에 저장되고, D/A로 최종 출력되게 된다. 매 샘플마다 지연추정 및 적응잡음제거의 실시간 처리를 위해 입력샘플을 처리하는 방법을 고려해야 하는데, 현재의 입력샘플에 대한 알고리즘은 다음 입력샘플이 들어 올 때까지의 시간, 즉 0.125 ms내에 처리되어야 한다. TMS320C30은 60 ns의 명령사이클 시간을 가지므로 16.7 MIPS(Million Instructions Per Second)와 33.3 MFLOPS(Million Floating-point Operation Per Second)의 처리속도로 동작하게 된다. 본 논문에서는 한 프레임에 대한 지연추정에서 수행되는 CPU 클럭 사이클수가 샘플간 처리시간을 초과하므로 10 샘플간격으로 지연추정을 한 후, 매 샘플에 대한 NLMS 알고리즘을 수행하였다.

IV. 실험 및 검토

SNR에 따른 잡음제거정도를 측정하기 위해, 8 kHz 샘플링율로 녹음한 깨끗한 음성에 백색잡음을 SNR이 -10 dB에서 10 dB가 되도록 첨가하여 잡음이 포함된 음성을 만들었다. 이 음성을 EVM 보드의 입력으로 인가하여 보드내의 적응잡음제거 알고리즘을 통한 출력을 PC로 보낸 후, 잡음이 제거된 음성을 파일로 저장하였다. 표 1은 EVM 보드를 통해 알고리즘을 적용했을 때의 입력 SNR에 따른 개선된 음성의 출력 SNR과 PC 환경에서 시뮬레이션한 [1]의 결과를 비교하여 나타낸 것이다. 표 1에서 컴퓨터로 시뮬레이션한 결과와 EVM 보드의 결과가 거의 일치함을 알 수 있다. 그림 3의

표 1. 입력 SNR에 따른 출력 SNR

Input SNR[dB]	Output SNR[dB]	
	[1]에서의 PC 시뮬레이션 결과	EVM 보드를 통한 실험 결과
10	7.2652	7.2670
5	5.3604	5.3619
0	3.1771	3.1783
-5	2.3722	2.3732
-10	0.3450	0.3450

(a), (b)는 유성음 구간의 일부분(32 ms)에 대해, [1]에서의 PC 시뮬레이션 결과파형과 EVM 보드에서의 결과파형을 나타낸 것인데, 거의 일치함을 볼 수 있다. 또, 그림 3의 (c)는 샘플 단위로 두 결과의 차이를 보인 것으로서, 전체 구간에 대해 각 샘플차이의 평균은 2.108 정도로 나타났다. 그리고, 그림 4에는 깨끗한 원음성파형과 입력 SNR이 0 dB일 때의 음성파형, 그리고 EVM 보드를 통한 잡음제거음성 파형을 나타낸 것으로서, 파형 전체에서 잡음이 많이 제거되었음을 확인할 수 있다. 이와 같은 실험결과에서, 큰 오차없이 EVM보드에서 [1]의 단일채널 잡음제거 시스템을 실시간 구현할 수 있음을 확인하였다.

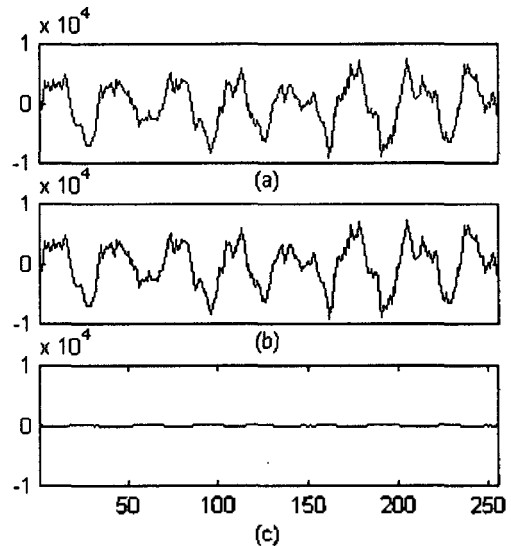


그림 3. (a) 시뮬레이션 결과 파형. (b) EVM 보드의 결과 파형. (c) 각 샘플간 (a),(b) 파형의 차이

V. 결론

본 논문에서는 잡음이 내재된 음성신호에서 잡음성분을 제거하기 위하여 재귀적 지연 추정기를 갖는 단일

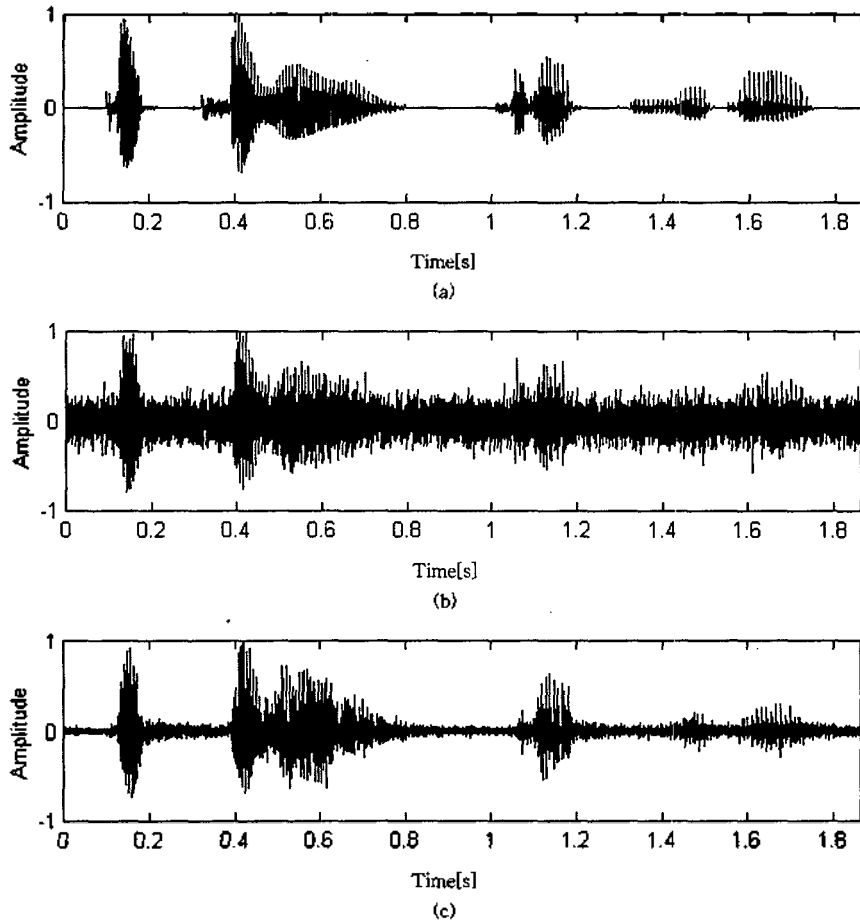


그림 4. SNR이 0dB인 잡음음성의 개선 예.
 (a)원음성 파형 (b)잡음이 섞인 음성파형 (c)EVM을 통해 개선된 음성파형

입력 적응잡음제거에 관한 [1]의 내용을 TMS320C30 EVM 보드를 이용하여 실시간 구현하였다. [1]에서 사용했던 매 샘플마다 재귀적 지연 정보를 추정하는 방법 대신 10 샘플 단위로 지연 정보를 추정함으로써 실시간 구현을 가능하게 하였다.

EVM 보드를 이용하여 실시간으로 구현한 결과가 [1]에서의 PC 시뮬레이션 실험결과와 일치하는지를 검증하기 위하여, 두 실험방법을 통해 구해진 개선된 음성파형을 샘플별로 비교하고, 동일한 입력 SNR에 따른 출력 SNR을 계산하였다. 실험결과, PC 시뮬레이션 결과와 EVM 보드를 이용한 실시간 구현결과가 거의 일치함을 확인하였다.

앞으로의 연구방향은 매 샘플별 지연정보를 추정한 적응잡음제거 시스템을 구현하고, 그 결과를 주/개관적인 평가를 통해 검증한 후 음성 인식 시스템의 전처리 과정에 적용하고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] 강해동, "재귀적 지연추정기를 갖는 단일입력 적응 잡음제거 기법을 이용한 음성개선", 경북대학교 공학박사학위논문, 1993
- [2] M. R. Sambur, "Adaptive noise canceling for speech signals", *IEEE Trans. ASSP*, Vol. 26, pp. 418-423, Oct. 1978
- [3] L. J. Griffiths, "Rapid measurement of digital instantaneous frequency", *IEEE Trans. ASSP*, Vol. 23, No.2, pp.207-222, Apr., 1975
- [4] Texas Instruments, *TMS320C30 Evaluation Module Technical Reference*, 1990
- [5] Texas Instruments, *TMS320C30 User's Guide*, 1991.