

DSP에서 FIR 필터를 이용한 잡음 제거기 구현

김정국, 이충근
동서대학교, 삼영전자공업(주)

An Implementation of Noise Canceler by using FIR Filter on DSP

Jeong-kuk Kim and Chung-gun Lee
Dongseo University and Samyung Electronic Co. Ltd.
E-mail: kjk@dongseo.ac.kr

Abstract

In this paper, we want to implement a noise canceller by using FIR filter on DSP(Digital Signal Processor). The FIR filter was designed by Blackman window together with desired band width and center frequency. We adopt Motorola DSP56002 and Crystal CS4215 (A/D and D/A converter) for our purpose. we generate input sinusoidal signals and noises by differential equations and pseudo random sequences on DSP also. The input signal including sinusoidal and noise passes through the FIR filter. The FIR filter output is a sinusoidal signal with noise reduced.

I. 서론

DSP(Digital Signal Processor)를 사용, 정현파(sine-wave)에 잡음(noise)이 포함된 입력 신호를 FIR(Finite Impulse Response) 대역 통과 필터(band pass filter)를 사용하여 잡음을 제거하는 잡음 제거기가 본 논문에서 실현되었다.

DSP는 모토로라(Motorola)사의 40 MHz 클럭 주파수, 20 MIPS(Million Instruction per Second)를 수행하는, 그리고 24-비트/워드(bit/word) 정확도를 가진 DSP56002가 사용되었다^[1]. A/D(Analog to Digital)와 D/A(Digital to Analog) 변환기는, 크리스탈(Crystal)사의 CS4215,

샘플링(sampling) 주파수 48 kHz 그리고 16-비트이다^[2].

입력 정현파는 차분 방정식을 그리고 잡음은 의사 난수 열(pseudo random sequence)을 사용하여 DSP에 의해 디지털(digital)적으로 역시 발생시켰다.

FIR 필터는 요구되는 대역폭과 중심 주파수, 그리고 계수 항의 선택은 블랙-맨 윈도우(Blackman window)를 사용하여 설계되었다^[3].

디지털 적으로 발생하는 입력 신호와 잡음의 SNR(Signal to Noise Ratio) 그리고 입력 정현파와 잡음이 제거된 출력 정현파 사이의 오차 분산(variance) 역시 계산될 수 있어 필터의 성능을 평가할 수 있다.

II. 본론

$$\theta = 2\pi \left(\frac{f_I}{f_S} \right) \quad (4)$$

2.1 디지털 발진기(Digital Oscillator)

디지털 정현파 신호를 발생시키는 일반적인 방법은 정현파의 일부를 메모리(memory)에 저장시켜 발생시키는 방법과 식 (1)의 차분 방정식을 이용하는 것이다.

$$y[n] = Cy[n-1] - y[n-2] \quad (1)$$

식 (1)은 영 입력(zero input) 차분 방정식으로 그 블록 다이어그램은 그림 1과 같다.

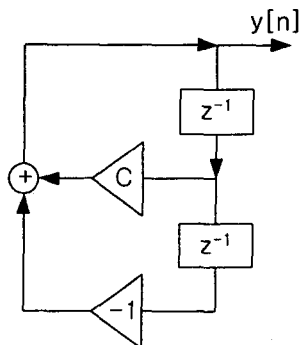


그림 1. 디지털 발진기

식 (1)의 계수와 초기 치가

$$\begin{aligned} C &= 2\cos(\theta), \\ y[-1] &= \sin(-\theta), \\ y[-2] &= \sin(-2\theta) \end{aligned} \quad (2)$$

로 주어지면, 식 (1)의 차분 방정식은,

$$y[n] = \sin(n\theta) \quad (3)$$

로 주어진다. 여기서,

이다. f_S 는 샘플링 주파수, f_I 는 발생시키려는 정현파의 주파수이다.

2.2 잡음 발생기(Noise Generator)

잡음은, 그림 2와 같이, 15-비트 이동 레지스터(shift register)를 사용하여 의사 난수 열(pseudo random sequence)로 발생시킨다. 비트 S14와 비트 S13을 XOR한 결과가 비트 S0에 주어진다.

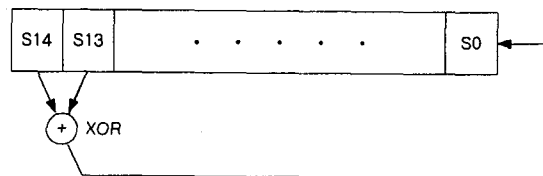


그림 2. 의사 난수 열 발생기

2.3 FIR(Finite Impulse Response) 필터

그림 3과 같이, 샘플링 주파수 f_S , 즉 나이퀴스트(Nyquist) 주파수 $f_N = f_S/2$, 중심 주파수 Ω_0 , 그리고 반 대역(half band) 주파수 Ω_1 이 요구되는 FIR 필터의 임펄스(Impulse) 응답은,

$$g[n] = \frac{1}{n\pi} \sin(n\Omega_1) \cos(n\Omega_0) \quad (5)$$

로 주어진다^[4].

블랙 맨 윈도우(Black man window)를 사용하여, $2M+1$ 항의 계수를 가지도록 하는 경우, 그 임펄스 응답,

$$h[n] = g[n]w[n] \quad (6)$$

이다. 여기서,

$$w[n] = 0.42 + 0.5 \cos\left(\frac{\pi n}{M+1}\right) + 0.08 \cos\left(\frac{2\pi n}{M+1}\right), \quad -M \leq n \leq M. \quad (7)$$

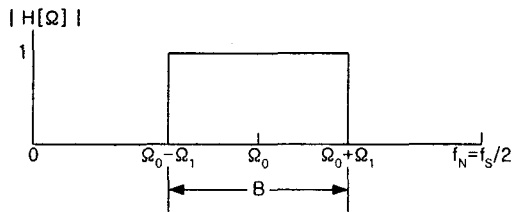


그림 3. 이상적인 대역통과 필터

$2M+1$ 항의 계수를 가진 직접형(direct form) FIR 필터의 차분 방정식은,

$$y[n] = \sum_{k=0}^{2M} b_k x[n-k] \quad (8)$$

여기서:

- $x[n]$ = 시간 nT 에서 입력 샘플,
- $y[n]$ = 시간 nT 에서 출력 샘플,
- T = 샘플 주기, 그리고
- b_k = 시간 nT 에서 필터 임펄스 응답.

식 (8)의 z -변환은,

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \sum_{k=0}^{2M} b_k z^{-k}. \quad (9)$$

식 (8)의 차분 방정식은 다음과 같은 이산 시간 필터 구조로 실현될 수 있다.

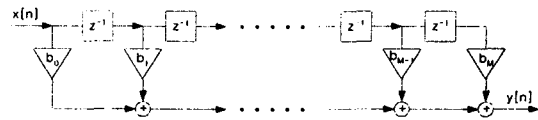


그림 4. 직접형 FIR 필터

III. 실험 및 고찰

샘플링 주파수 $f_s=48,000$ Hz (즉, Nyquist 주파수 $f_N=24,000$ Hz), 입력 정현파의 주파수 $F_1=1000$ Hz일 때, 식 (2)의 계수와 초기 치는 각각 $C=2\cos(\pi/24)$, $y[-1]=\sin(-\pi/24)$, 그리고 $y[-2]=\sin(-\pi/12)$ 로 주어진다.

위 초기 조건들과 계수에 의한, 최대치는 약 0.2499 V, 실효치는 0.1767 V인, 입력 정현파는 그림 5와 같다.

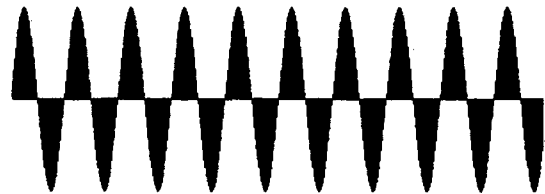


그림 5. 입력 정현파

그림 2의 난수 발생기에 의해 생성된, 실효치 0.137 V와 평균치 -0.005027 V의 잡음은, 그림 6과 같다.



그림 6. 잡음(Pseudo Random Sequence)

그림 5의 정현파에 그림 6의 잡음이 더해진 입력 신호는 그림 7과 같다.

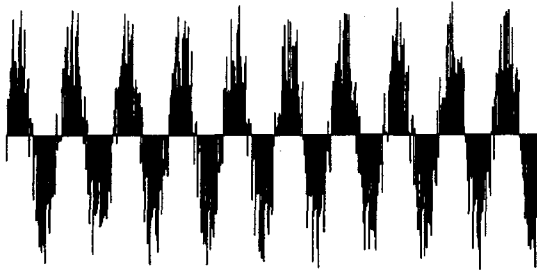


그림 7. 입력 신호

그림 7의 SNR(Signal to Noise Ratio)은 2.2 dB로 다음 식으로 계산되었다.

$$S/N = 20 \log_{10} \frac{V_m / \sqrt{2}}{E[n^2]} \quad (10)$$

여기서, V_m 은 입력 정현파의 최대치이고 $E[n^2]$ 은 잡음 n 의 실효 치이다.

그림 3에서, 요구되는 중심 주파수 $\Omega_0=1,500$ Hz이고 반-대역폭 $\Omega_1=1,200$ Hz일 때, 즉, 대역폭 $B=2,400$ Hz, 하위 차단 주파수 $\Omega_0-\Omega_1=300$ Hz이고, 그리고 상위 차단 주파수 $\Omega_0+\Omega_1= 2,700$ Hz인 경우, 식 (6)에 의한, 71(2M+1)개 항의 계수를 가진 직접 형(Direct form) FIR 필터의 임펄스 주파수 응답은 그림 8과 같다.

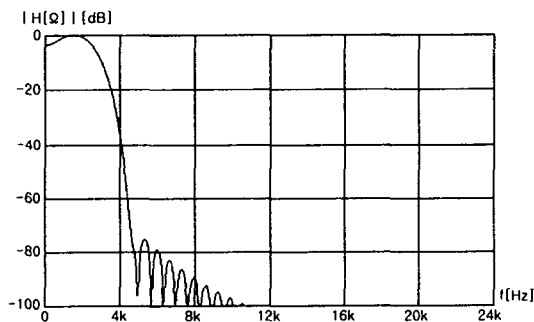


그림 8. FIR 필터의 임펄스 주파수 응답

그림 7의 입력이 그림 8의 특성을 가진 식 (6)의 71 항 FIR 대역 통과 필터의 출력 정현파의 파형은 그림 9와 같다.



그림 9. FIR 필터 출력 파형

IV. 결론

본 논문에서는, DSP를 사용하여 입력 신호를, 차분 방정식에 의해 정현파 그리고 의사 난수 열을 사용하여 잡음을 생성시켰다.

입력에 포함된 잡음을 감소시키기 위한 대역 통과 FIR 필터의 설계는, 요구되는 대역폭과 중심 주파수의 계수 선택으로, 블랙 맨 윈도우를 사용하여 계수와 항을 선택하였다. 정현파에 포함된 잡음은 DSP로 구현된 FIR 필터에 의해 잡음이 감소된 정현파 출력을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] DSP56002 Digital Signal Processor User's Manual, Motorola Inc., 1993.
- [2] CS4215(16-Bit Multimedia Audio Codec), Crystal Semiconductor Co., 1993.
- [3] E. C. Ifeachor and B. W. Jervis, Digital Signal Processing, Addison-Wesley, 1993.
- [4] P. A. Lynn and W. Fuerst, Digital Signal Processing, John Wiley & Sons, 1998.