

체력특성측정장치에서 측정정밀도를 높이는 한가지 방법

리금성, 강현상

선행연구[1]에서는 A/D변환리론을 취급하고 보편적인 신호처리방법들에 대한 연구를 진행하였다. 선행연구[2, 3]에서는 인체무게중심측정의 몇가지 방법을 제기하고 한가지 측정장치에 대한 연구를 진행하였다.

논문에서는 체력특성측정장치에서 측정정밀도를 높이는 한가지 방법에 대한 연구를 진행하였다.

1. 량자화처리

표본화와 량자화는 수자신호를 상사신호로 변환하는데서 필요한 처리조작이다. 그림 1에 표본화와 량자화의 과정을 보여주었다. 표본화에서 유지축전기는 측정된 때 표본 $x(nT)$ 를 A/D변환기가 그것을 량자화된 표본 $x_Q(nT)$ 로 변환할 때까지 유지한다.

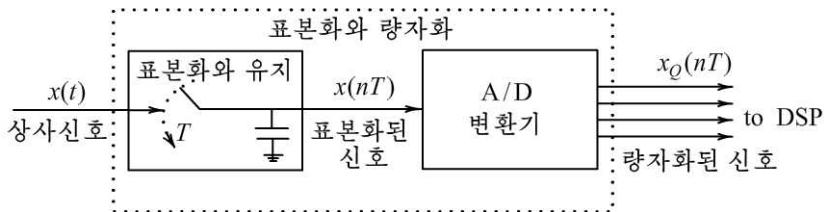


그림 1. 표본화와 량자화

$x_Q(nT)$ 는 $x(nT)$ 를 유한개의 비트들로 표시한것이다. 이 B 개의 비트단어가 수자신호처리의 다음단계에로 넘어간다. B 개의 비트들로 표시된 량자화된 $x_Q(nT)$ 는 2^B 개의 가능한 값들중의 어느 하나만을 취할수 있다.

A/D변환기는 완전척도범위 R 에 의하여 특징지어지는데 이 범위는 그림 2에서와 같이 2^B 개의 량자화준위로 균일하게 등분된다. 준위들사이의 공간을 량자화너비라고 한다.

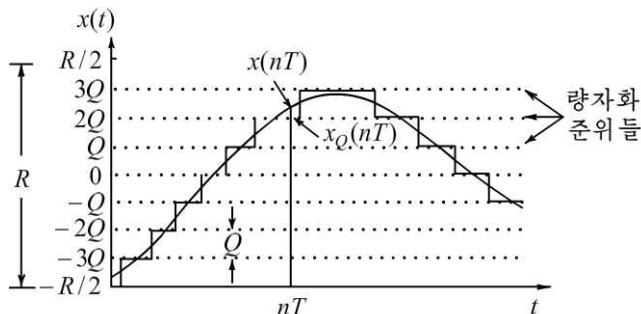


그림 2. 량자화준위

$$Q = \frac{R}{2^B} \quad (1)$$

이 식을 다음과 같이 쓸수도 있다.

$$\frac{R}{Q} = 2^B \quad (2)$$

이 식은 양자화준위들의 개수를 준다. R 의 전형적인 값은 실천에서 $0 \sim 10v$ 이다. 그림 2는 $B=3$, 준위들인 경우를 보여준것이다.

$x(t)$ 의 양자화는 등그리기에 의하여 진행되었다. 즉 $x(t)$ 는 가장 가까운 양자화준위의 값으로 교체된다. 양자화는 매 $x(t)$ 가 그아래의 준위값으로 교체되는 자르기로 진행될수도 있다.

2. 과표본화와 소음조절

표본화와 양자화는 서로 다른 개념이다. 그러나 이것들은 서로 관련될수 있다. 과표본화는 전처리러파기의 질에 대한 요구를 완화시키는것으로 리용된다. 그것은 또한 비트들을 표본들과 교환하는데 리용될수 있다. 다른 말로 표본화주파수를 올리면 양자화기의 비트개수를 낮출수 있다. 매 표본은 정확하지 못해도 그것들이 더 많으면 평균효과는 잃어진 정확성을 회복할수 있는것이다. 이것은 어떤 량 x 의 다중측정과 류사하다. σ_x^2 을 한번 측정에서의 평균오차라고 하자. x 의 L 번측정이 서로 독립이라면 큰수의 법칙으로부터 측정오차는 σ_x^2/L 으로 줄어들어 측정의 정확도가 개선된다. σ_x^2 이 증가하면 그에 맞게 측정회수 L 을 증가시켜 σ_x^2/L 이 상수로 남아있게 할수 있다.

표본화주파수 f_s 와 표본당 B 개 비트인 경우와 더 높은 표본화주파수 f'_s 와 표본당 B' 비트인 경우를 고찰하자. 다음의 량

$$L = \frac{f'_s}{f_s} \quad (3)$$

를 과표본률이라고 하며 보통 옹근수로 취한다. B' 가 B 보다 작지만 같은 질을 유지한다는것을 보자. 두 경우에 완전척도범위 R 는 같다고 하자. 양자화너비들은

$$Q = R2^{-B}, Q' = R2^{-B'} \quad (4)$$

이고 양자화소음출력[1]은

$$\sigma_e^2 = \frac{Q^2}{12}, \sigma_e'^2 = \frac{Q'^2}{12} \quad (5)$$

이다. 두 경우에 같은 질을 유지하기 위하여서는 출력스펙트르밀도들이 같아야 한다.

$$\frac{\sigma_e^2}{f_s} = \frac{\sigma_e'^2}{f'_s} \quad (6)$$

이로부터

$$\sigma_e^2 = f_s \cdot \frac{\sigma_e'^2}{f'_s} = \frac{\sigma_e'^2}{L} \quad (7)$$

이다. 따라서 전체 양자화소음출력 σ_e^2 은 $\sigma_e'^2$ 의 L 배만큼 작으며 B 는 B' 보다 더 크다.(그림 3)

만일 더 높은 주파수 f'_s 로 표본화한다면 양자화소음의 전체 출력 $\sigma_e'^2$ 은 f'_s 의 나이퀴스트구간에 균일하게 퍼질것이다.

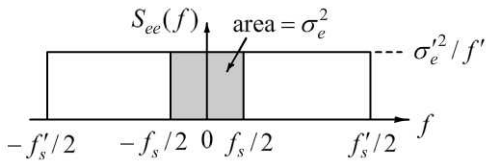


그림 3. 과표본화된 양자화소음스펙트르

그림 3에서 어두운 면적이 f_s 구간내에 놓이는 $\sigma_e'^2$ 출력의 몫이다. 옷식을 L 에 관하여 풀고 $\Delta B = B - B'$ 로 표시하면

$$L = \frac{\sigma_e'^2}{\sigma_e^2} = 2^{2(B-B')} = 2^{2\Delta B} \quad (8)$$

$$\Delta B = 0.5 \log_2 L$$

로 된다. 즉 L 에 대하여 2의 제곱수당 1/2bit씩 절약한다.

3. 측정정밀도를 높이는 방법

측정정밀도를 높이려면 우선 A/D변환기의 분해능이 높아야 하며 다통로측정인 경우 동시측정가능성과 신호처리속도도 무시할수 없다.

우리가 개발한 체력특성분석장치에서는 완전척도범위가 3.3v인 12bit의 A/D변환기능을 갖춘 STM32F103을 리용하였다. 그러나 STM의 처리속도가 72MHz로서 매우 빠르므로 과표본화를 실현하여 측정분해능을 16bit로 높였다.

이 장치의 우점은 우선 낮은 bit의 A/D변환기로 높은 bit의 A/D변환기를 대신한다는 것이다.

STM32F103의 A/D변환비트수는 12bit이고 완전척도범위는 3.3v이다.

일반적으로 PIC, ATmega들은 완전척도범위가 5v이다.

완전척도범위를 5v로 환산하면 해당되는 비트수는 12.6bit이다.

$$Q = \frac{3.3}{2^{12}} = \frac{5}{2^x}, \quad 2^{x-12} = \frac{5}{3.3}$$

$$x - 12 = \log_2 5 - \log_2 3.3$$

$$x = 12 + \log_2 5 - \log_2 3.3 \approx 12 + 2.32 - 1.72 = 12.6$$

표에는 양자화기의 차수에 따르는 ΔB 와 과표본률을 보여준다.

표. 과표본률과 절약비트관계

L	4	8	16	32	64	128	256	512	1 024	2 048	4 096
$\Delta B = 0.5 \log_2 L$	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0

측정장치설계에서 과표본률을 $L_1 = 100$, $L_2 = 200$, $L_3 = 400$ 으로 취하면 위의 이론에 의하여 절약되는 비트수는 다음과 같다.

$$\Delta B_1 = 0.5 \log_2 100 \approx 0.5 \times 6.6 = 3.3$$

$$\Delta B_2 = 0.5 \log_2 200 \approx 0.5 \times 7.6 = 3.8$$

$$\Delta B_3 = 0.5 \log_2 400 \approx 0.5 \times 8.6 = 4.3$$

그러므로 12bit의 분해능을 과표본률이 100일 때에는 15(15.9)bit로, 과표본률이 200일 때에는 16(16.4)bit로, 과표본률이 400일 때에는 16(16.9)bit로 높일수 있다는것을 알수 있다.

우점은 다음으로 4개의 수감부에서 얻어진 신호를 한번에 2통로씩 A/D변환한다는것

이다.

STM32F103은 내부에 2~3개의 A/D변환기(우리가 리용한 STM32F103RB는 2개)가 있어 동시에 2~3개 통로의 신호를 A/D변환(변환시간 $1\sim 1.5\mu s$)하므로 4개 통로의 신호를 A/D변환하는데 $1\sim 1.5\mu s$ 정도면 충분하다. 따라서 시한기를 $10\sim 50\mu s$ 로 설정하고 이 사건이 발생할 때마다 A/D변환을 진행한 다음 5ms마다 한번씩 자리표점을 확정하면 과표본률을 100~500사이에서 보장할수 있다. 이런 원리로부터 장치의 분해능을 16bit이상으로 보장할수 있다.

맺 는 말

선행연구에서는 일반적인 신호처리론과 몇가지 무게중심측정방법에 대한 연구를 진행하였다. 논문에서는 체력특성 측정장치에서 정밀도를 높이는 한가지 방법을 연구하고 체력특성 측정장치에 응용하여 그 실효성을 론증하였다.

참 고 문 헌

- [1] 강현상; 스펙트르해석, 김일성종합대학출판사, 20~28, 주체97(2008).
- [2] 管志光 等.; 人体重心动态测试系统的研, 西安体育学院学报, 24, 5, 48, 2007.
- [3] 計装; トラックスケールの設計資料, 6, 11, 1968.

주체108(2019)년 12월 15일 원고접수

A Method Rasing Measurement Accurary of the Physical Strength Measurement Equipment

Ri Kum Song, Kang Hyon Sang

In this paper, we propose a method rasing measurement accurary of the physical strength measurement equipment using over-sampling.

Keywords: sampling, quantization, physical strength