

아날로그 신호의 디지털화 기술

김중진

삼성서울병원 영상의학과 PACS팀

A/D & D/A변환이란?

..... 대부분의 통신시스템에 사용되는 정보원 (information source)은 음성, 음악, 또는 영상과 같은 아날로그 형태이다. 따라서 이와 같은 아날로그 정보원에 대한 디지털 통신시스템의 첫번째 과정은 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하는 것이며 수신측에서는 디지털 신호를 아날로그로 복원할 필요가 있다. 이와 같은 변화를 각각 A/D변환(analog to digital conversion) 및 D/A변환(digital to analog conversion)이라 부른다.

여기서 디지털 신호라함은 일반적으로 시간축과 진폭축상에서 이산적인 값을 갖는 신호로 정의된다. 시간축상에서의 이산화 조작을 표본화라하며 연속 진폭값을 일정한 이산값으로 변환하는 것을 양자화(quantization)라 한다.

양자화된 신호는 부호화(coding)의 과정을 통하여 일정한 범칙에 따라 펄스부호열로 변환된다. 그리고 이에 따른 많은 A/D변환기술이 개발되고 있다.

이와같이 디지털 신호는 입력되어 지는 아날로그 신호를 3개의 분리된 과정, 즉 표본화(sampling), 양자화(quantizing) 및 부호화(coding)에 의하여 디지털 신호

로 변환시킨다. 양자화와 부호화는 보통 같은 회로에서 수행하며 이 회로를 A/D변환기(analog to digital converter)라 부른다. 첫째로 아날로그 신호를 일정한 간격으로 표본화하면 신호의 순시 진폭값을 얻는다.

표본주파수는 앞에서 설명한 바 있는 Nyquist표본화 정리에 의해서 결정된다.

표본화된 각각의 진폭은 이산적인 양자화 레벨에 가장 가까운 레벨로 근사시킨다. 부호화 과정은 선택된 양자화 레벨을 2원부호(binary code)로 변환한다. 예를 들어, 만약 $256 (= 2^8)$ 개의 양자화 레벨을 사용하면 샘플된 각 진폭을 2원부호로 표시하는데 8비트가 필요하다.

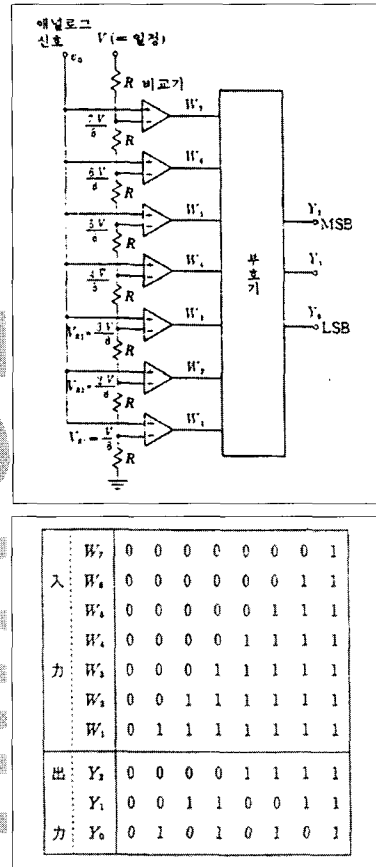
일반적으로 영상의 디지털부호화 기술은 크게 나누어 세 가지로 분류할 수 있다. 이 중 첫째는 영상파형을 표본화하여 양자화하는 파형부호화(waveform coding) 방식이고, 둘째는 영상의 주기와 depth의 계수 등 영상의 특징만 추출하여 전송해서 수신측에서 영상을 재생하는 보코딩(vocoding)방식이며, 셋째는 파형부호화 방식과 보코딩방식의 이점만 사용하는 혼합부호화(hybrid coding)방식이다.

1. A/D 변환기 구조

아날로그 신호를 디지털신호로 변환하는 analog to digital converter(A/D)에도 여러 가지 방법이 있으나 그중 한 가지만 든다. AD변환에서 입력아날로그 신호에 포함된 최고주파수의 2배 이상으로 샘플링하여야만 원신호를 재현할 수 있다는 사실이 알려져 있다. - Nyquist정리. 따라서 고주파신호일수록(음성보다 video 신호가) 고속 ADC가 요구된다. 또 ADC의 출력 2진수의 비트수가 많을 수록 ADC의 분해능(reslution)이 높다고 말하며 입력아날로그 신호의 레벨이 더 세분화되어 디지털신호로 대표된다.

병렬비교 ADC 이것은 flash형이라고도 불리우며 가

장 속도가 빠른 ADC이다. 다음 그림은 그 구조를 나타내며 아날로그입력전압 v_a 가 병렬비교기들에 의해서 그 레벨이 비교되어 3비트의 2진수로 동시에 부호화되어 나온다.



부호기의 입출력관계

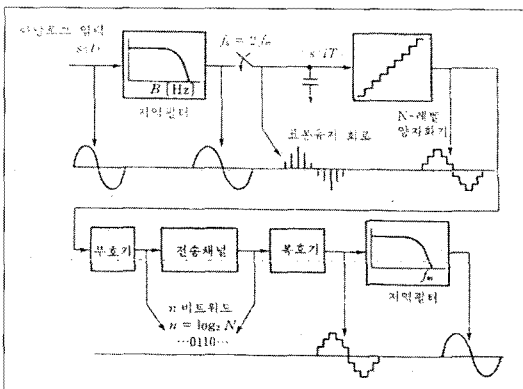
2. A/D변환방법

- 1) 아날로그 신호 $s(t)$ 를 $B[\text{Hz}]$ 의 대역폭을 갖는 저역필터로 그의 주파수를 제한시킨다.
 - 2) 대역제한된 신호를 $f_s [\text{samples/sec}]$ 율로 표본화한다. 여기서 $f_s \geq 2B$ 이다.
- (Nyquist 주파수)

- 3) 표본화된 신호 $s(iT)$ 는 표본화 유지(sampling and hold)회로에 의해서 2점간의 표본구간 $T[\text{sec}]$ 동안 일정하게 유지된다.
- 4) 이 구간 동안 표본값은 N 개의 레벨 (이는 셀 수 있는 일정한 수)중의 한 레벨로 양자화된다. 이와 같이 양자화 작용은 표본값을 이산적인 진폭으로 변환시키는 것이며, 그 과정에서 입력과 양자화된 출력간의 차이에 해당하는 잡음이 발생한다. 이를 양자화 잡음(quantization noise)라 한다. 양자화기(quantizer)의 레벨수가 증가할 수록 그만큼 양자화기에 의한 양자화 잡음은 적어진다. 예를 들어 만약 f_m [Hz]이 신호 $s(t)$ 의 최고 주파수라고 하면 PAM에 의한 정보전송에 필요한 최소 펄스 전송률은 $2f_m$ [samples/sec]이며, 각 PAM펄스를 다시 m 개의 펄스로 부호화하면 적어도 $2mf_m$ [samples/sec]의 펄스전송률이 필요하다. 따라서 주파수대역 $B[\text{Hz}]$ 의 펄스전송률은 $2B=2mf_m$ 이다. 즉

$$B \geq mf_m$$

위의 결과를 살펴보면 다음과 같다. 비트의 수 m 를 증가하면 각각의 펄스폭이 감소하므로 전송에 필요한 주파수대역폭이 증가함과 동시에 양자화 잡음이 감소한다.



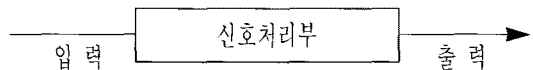
- 5) 부호기 (encoder)는 양자화기가 선택한 진폭레벨을 $n(n=\log_2 N)$ 개의 비트로 구성된 2원 부호로 대응시킨다. 예를 들면 b_1, b_2, \dots, b_n (여기서 $b_i = 1$ 또는 0)과 같이 부호화(encoded)한다. 즉 3비트를 사용한 경우 2^3 개의 조합에 의한 8개의 레벨의 높이는 다음과 같다.

양자화된 표본값	2원 부호
0	0 0 0
1	0 0 1
2	0 1 0
3	0 1 1
4	1 0 0
5	1 0 1
6	1 1 0
7	1 1 1

3. 일반적 A/D 활용

전자시스템에서의 ADC, DAC의 역할을 고찰하자. 신호처리의 관점에서 볼 때 전자회로는 각기 특수한 신호처리를 한다. 예컨대 증폭, 필터링, 변·복조(16장), 미적분, 가감승제 등의 연산을 한다. 이상은 아날로그회로의 기능이지만 디지털회로에서는 이들 이외에 논리적 연산, 비교, 기억, 계수, Fourier 변환 등 여러 가지 신호처리를 할 수 있다.

전자시스템은 어떤 목적을 위하여 1개 또는 수 개의 신호를 받아들여서 이에 어떤 처리를 한 다음 적당한 시간에 적당한 형식으로 정보를 출력으로 내보낸다 (아래그림 참조).



입·출력 신호는 아날로그, 디지털 어느 쪽일 수도 있고 신호처리는 아날로그영역에서 또는 디지털 영역에서 또는 두 영역에서 할 수 있으므로 일반적으로 전자 시스템구성은 다음 그림과 같이 표현할 수 있다. 입력에서 출력에의 경로는 가장 간단하게 아날로그입력 아날로그 처리 아날로그출력(아날로그시스템)과 같이 모든 것을 한 영역에서만 하는 것이고, 가장 복잡하게는 아날로그입력 아날로그처리 ADC 디지털처리 DAC 아

날로그처리 아날로그 출력과 같이 중간에 다른 영역에서의 처리과정을 삽입하는 것이다. 특히 출력은 입력에 포함된 정보를 어떻게 이용할 것인가에 따라 여러 가지 형태가 될 수 있다. 예컨대 meter로 변수의 값을 지시하든지(아날로그 표시), 광소자로 숫자를 표시하든지(디지털 표시), loudspeaker를 구동시키든지, 어떤 동작(예컨대 스위치의 ON/OFF)을 일으키기 위한 제어신호로 쓰든지, 또는 다른 시스템의 입력으로 쓸 수도 있다.