

실제 음은 여러 가지 주파수와 진폭 성분이 합쳐져 있는 복잡한 형상으로 푸리에 해석(Fourier Analysis)으로 분석하면 기본적인 사인 파형 이외에 여러 가지 성분의 파형으로 분리해낼 수 있다.

디지털 신호로 변환

아날로그 신호의 음을 디지털 신호로 바꾸는 경우 양자화와 샘플링 레이트라는 두 가지의 주요한 요소에 의해 음질이 결정된다.

양자화(Quantization)

아날로그 신호를 디지털화하는 단계에서 미세한 시간 단위마다 그 크기를 측정해 이를 2진수로 나타내는데 이같이 단위 시간당의 신호의 크기를 나타내는 것을 양자화(Quantization)한다고 한다.

샘플링

양자화할 때 그 크기를 얼마만큼 세밀하게 나누느냐를 샘플링 사이즈(Sampling Size) 또는 샘플 비트(Sample Bit)라고 하는데 보통 8비트 또는 16비트의 샘플링 사이즈를 많이 사용한다. 8비트의 경우는 음의 강약을 28 즉 256 단계로 나누는 것이고 16비트는 216, 즉 65,536 단계로 나누어 표시한다.

- CD와 DAT의 경우는 16 비트를 사용하지만 DVD 오디오의 경우는 24 비트까지 지원한다.

- 샘플링 사이즈가 커질수록 더욱 세밀하게 음의 세기를 표시할 수 있고, 강음이 들어오는 경우에도 충분히 대응할 수 있다. 이러한 강음이 입력되는 데에 여유가 있는 것을 헤드 룸(Head room)이 크다고 말한다.

- 또한 샘플링 사이즈가 커질수록 신호 대 잡음(S/N) 비율이 높아지게 되는데, n 을 샘플링 사이즈라고 할 때 S/N 비는 ' $6n+1.8(\text{dB})$ '로 나타내진다. 16비트의 샘플링 사이즈를 사용하는 경우에는 이론적으로 97.8dB의 S/N 비를 갖는다.

샘플링 레이트(Sampling Rate)

아날로그 음을 디지털화하는 과정에서 샘플링하는 시간의 단위를 가리켜 샘플링 주파수 또는 샘플링 레이트(Sampling Rate)라고 한다. 이는 하나의 샘플링이 이루어지고 다음 샘플링을 하는 사이를 의미하는데 그 사이가 짧을수록, 다시 말해 샘플링 간격이 짧을수록 아날로그 파형을 더욱 정확하게 표현할 수 있게 된다.

- 디지털 오디오에서 많이 사용하는 샘플링 주파수는 44.1kHz(CD)와 48kHz

(DAT)이며 PC에서 사용하는 WAV 포맷은 이외에도 11kHz 및 22kHz 등을 추가로 사용한다. 44.1kHz의 샘플링 주파수를 사용하는 경우는 1초에 44100번의 샘플링이 이루어지게 된다.

- 한편 DVD에서는 96kHz 또는 이의 두 배인 192kHz의 샘플링 레이트가 사용된다.

나이퀴스트 주파수(Nyquist Frequency)

아날로그 음을 디지털화하는데 있어 최소한의 샘플링 주파수는 아날로그 음에 포함되어 있는 가장 높은 주파수의 두 배 이상의 주파수여야 한다. 이는 20세기 초의 수학자이자 공학자였던 나이퀴스트의 정리(Theorem)에 의한 것으로 실제적으로는 A/D 변환을 하기 이전에 샘플링 주파수의 1/2에 해당하는 주파수(즉 나이퀴스트 주파수) 이상의 신호를 로우 패스 필터를 통해 미리 제거해준다.

- 즉, 44.1kHz의 샘플링 주파수로 A/D 변환을 하는 경우 아날로그 신호에 22kHz 이상의 신호를 제거해주는 로우 패스 필터를 적용시킨 다음 디지털화한다.

●Sampling frequency

샘플링시 신호를 채집하는 주파수를 나타낸다. (샘플링 주파수 = 1/ 샘플링 주기), 즉, 연속적인 신호를 이산화하여(discrete) 처리하기 위하여 다음의 예에서와 같이 신호를 채집하게 되는데 그 간격을 샘플링 주기라 하고, 그 역수를 샘플링 주파수라 한다.

샘플링 주파수의 1/2 에 해당하는 주파수를 Nyquist 주파수라고 하며, 이 주파수의 크기가 오류없이 신호를 채집할수 있는 범위를 결정한다.

●Nyquist frequency

샘플링 법칙에 의하면 샘플링 주파수 f_s 는 신호의 최대주파수 성분의 두배 이상이 되어야 한다. 이는 $f_s/2$ 이상의 주파수 성분에서는 중첩(folding)현상이 발생하여 앨리어싱 (aliasing)현상이 발생하기 때문이며, 이때 $f_s/2$ 를 중첩 주파수 또는 나이퀴스트 주파수라 부른다. 디지털 신호분석시, 입력신호를 A/D 변환기에 의하여 디지털화 할때 N개의 이산화값 (discrete value)으로 기록된다. 샘플링 주파수 (f_s), Nyquist 주파수 (f_0), 분해능 주파수 (frequency resolution, $2 \Delta f$)사이의 기본적인 관계식은 다음과 같다.

$$f_0 = f_s/2 * \Delta f = f_s / N$$

●Aliasing

분석하고자 하는 신호를 샘플링 주파수 (ω_s)로 샘플링 하여 주파수 분석을 하였을 때 샘플링 주파수의 절반 ($\omega_s/2$, Nyquist frequency)이 상에 해당하는 주파수 성분이 나이퀴스트 주파수 이하의 성분으로 겹쳐나게 되는 현상. 이러한 현상을 피하기 위해서는 샘플링 주파수를 최대분석 주파수의 2배 이상으로 하고 또한 샘플링 하기 전에 저주파수 통과여파기를 사용하여 최대 분석주파수 이상의 신호를 소거할 필요가 있다.ex) 영화에서 빠르게 돌아가는 마차바퀴가 천천히 돌아가거나 혹은 반대로 돌아가는 것처럼 보이는 현상

PCM의 기초

[1] 표본화(Sampling)

펄스 변조 방식의 기본원리는 영상신호와 음성신호 등의 연속적인 신호 파형을 일정한 간격으로 단속(斷續)하여 펄스열로서 전송하고, 수신측에서는 그 펄스열을 필터(Filter)를 통하는 것에 의해 원파형으로 완전히 복원하는 것이다.

이 전반의 조작을 표본화 또는 PAM(pulse amplitude modulation : 펄스 진폭 변조)라고 하며, 후반의 조작을 복조라고 한다.

정보를 이산적으로 추출하여 뽑아내는 것을 표본화 라고 말하며, 그 추출된 것을 표본 (sample)이라고 한다.

낭비 없이 적절한 간격으로 표본화 하는 수법은 '샘플링 정리'('새년의 정리'라고도 한다)에 의해 명확하게 되어있다. 이 정리의 한가지 표현을 나타내면, '어떤 연속하는 신호에 포함되어 있는 최고의 주파수를 f_c 라고 하면 적어도 $1/2f_c$ 의 주기 펄스로 정보를 추출하면, 그 펄스에는 원신호 정보의 모든 것이 포함되어 있다'.

이것을 PAM이라고 부른다. 이 표본값으로 있는 펄스 주파수 스펙트럼에서 표본화 주파수 f_s 를 중심으로 상측파대와 하측파대를 발생한다.

이것은 반송파가 없는 진폭변조의 주파수 스펙트럼, 즉 반송파 억압 양측파대 신호의 주파수 스펙트럼과 비슷하다.

여기서, 원신호의 최고 주파수 f_c 의 2배의 주파수 $f_s = 2f_c$ 를 나이키 스트(nyquist) 주파수라고 부르며, f_c 의 2배의 역수 $T = 1/2f_c$ 를 나이키스트 기간(nyquist interval)이라고 부른다. 표본화 주파수를 나이키스트 주파수 이하로 선택한 경우 이것을 서브 나이키스트 주파수 샘플링이라고 하는데 일반적으로 사용하지 않지만 TV신호의 PCM에서는 대역 압축의 목적으로 사용되고 있다.

[2] 양자화(quantization)

양자화란, 표본화된 진폭을 일정한 진폭의 계단과와 비슷하며, 그 진폭을 디지털 표시의 신호로 하는 것이다.

아날로그적인 진폭값을 어떤 일정한 진폭의 대표값으로 변환하는 조작이며 아날로그의 진폭값이 각 양자화 레벨이 있어서 1양자화 레벨의 1/2보다 높은 진폭의 경우에는 위의 레벨로 행하며 1/2보다 낮은 경우에는 아래의 레벨로 행하는 일종의 사사오입과 같은 것이다.

이 때문에 원파형과 양자화 파형과의 사이에는 약간의 오차가 생긴다.

이것은 PCM처리에 있어서는 근본적인 문제가 되는데, 이 오차를 양자화 오차(quantization error), 또는 양자화 잡음(quantization noise)라고 부른다.

이 양자화 오차를 작게 하는 데는 양자화 스텝을 세밀하게 하면 좋으나, 이 스텝을 세밀하게 하여 스텝수를 많이 하는 것은 부호화의 자릿수를 증가시켜 부호와 장치를 복잡하게 만든다. 양자화에서는 등간격으로 양자화 하는 직선 양자화(균등 양자화)와 불균증하게 양자화 하는 비직선 양자화(불균형 양자화)가 있다.

입력신호의 작은 진폭에 대해서는 작은 스텝으로 근사하고, 큰 진폭에 대해서는 큰 스텝으로 대응하도록 하면 입력신호와 양자화 잡음의 비는 소진폭에서 대진폭까지 범위에서 거의 일정하게 할수 있다.

또, 다이내믹 레인지가 넓은 신호를 양자화 하는 경우에 필요로 하는 스텝의

수는 전체로서 그렇게 많지 않게 된다.

일반적으로, 직선 양자화는 영상신호에 사용되며, 비직선 양자화는 음성 신호에서 사용되고 있다.

[3] 부호화(coding)

표본화된 입력신호는 양자화에 의해 그 진폭에 대응한 수치 즉, 디지털 표시의 신호로 되며, 이 신호를 부호로 변환하는 조작을 부호화라고 한다.

부호화의 형식은 펄스의 유무로 표현되는 2진 형식의 2진 부호, 즉 0 또는 1의 두 조합에 의한 부호가 이용된다.

어떤 신호를 표현하는데는 2진 부호의 0이나 1이 몇 개 필요한가에 따라 그 신호의 정보량을 결정할 수 있다.

2진 부호 1개를 1비트(비트)라고 하는 정보량의 단위로 하고 있다. 비트는 binary digit(2진수)로 부터 만들어진 단어이다.

원신호로 있는 아날로그 신호로 부터 부호화 하는데 까지의 조작을 '아날로그 디지털 변환'이라고 하며, 영어의 머리 글자를 따서 A/D 변환이라고도 한다.

또한, 그 반대로 디지털 파형을 아날로그 파형으로 되돌리는 조작을 '디지털 아날로그 변환' 또는 D/A 변환이라고 한다.

원신호는 경사 신호지만 양자화 하는 단계에서 계단상태의 신호로 되고, 이것이 세로 선이 되어 화면에 나타내 진다.

이것을 가짜 윤곽효과(contour effect)라고 한다.

이 선은 양자화 단계에서 비트 수를 증가시켜 행하면 보이지 않게 되지만 비트 수를 증가 시키지 않고 이것을 개선하는 방법이 있다.

이 방법은 입력신호에 적당한 잡음(이미 알고 있는 양) 및 1양자화 스텝의 1/2 진폭에 상당하는 방형파를 중첩하는 노이즈 디더(dither), 방형파 디더(squar wave dither)등이 있다.

이 원리는 입력신호에 적당한 값의 잡음을 중첩하여 표본화 하고 양자화 하면, 표본화 펄스에 중첩하여 있는 잡음에 의해 양자화 스텝은 임의로 $\pm 1/2$ 스텝 오르락 내리락 하지만 1초 이상의 장시간에서는 이 시간이 적분 된 형태로 되어 양자화 신호를 구할 수 있어, 화면상의 세로선은 흐려진다.

입력신호에 1 양자화 스텝 Q인 진폭의 1/2Q인 방형파를 중첩하여 PCM 처리하면 1비트 증가한 것과 등가인 양자화 신호를 얻을 수 있다.

위성방송은 음성신호를 디지털화하고 있는데 그 전송모드에는 A모드와 B모드의 두종류가 있으며 이 모드는 각각 방송국측 프로의 내용에 따라 선택해 사용한다. A모드는 14비트, 샘플링주파수 32KHz라고 하는 포맷으로 FM 방송과 동등의 음질을 갖는다. 이에 대해 B모드는 16비트, 샘플링주파수 48KHz라고 하는 CD(컴팩트디스크)정도의 음질을 실현시킨다.

- MPEG-1레이어 3는 32,44.1, 48KHz를 사용하며 MPEG-2 레이어 3는 16, 22.05, 24KHz의 샘플링 주파수를 이용한다.

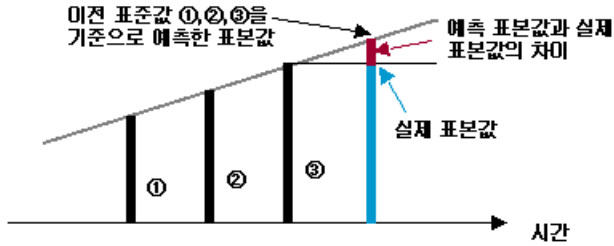
ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation :적응 차분 펄스 부호변조)

ADM 방식은 양자화기의 스텝 크기를 적응적으로 변화시키는 적응 양자화 방법을 사용하고 있으며,DPCM에서는 예측기를 사용한 예측 부호화 방법을 사용하므로 이들의 기본적인 개념을 조합하여,적응 양자화와 예측 부호화 개념을 동시에 사용하는 방식으로, 음성신호의 경우 표본화된 펄스간 서로 상관성이 크며, 현재 디지털 통신을 위해 사용중인 PCM의 전송속도는 64Kb/s로써,이것은 대역폭의 사용 면에서 볼 때 아날로그의 SSB방식의 4KHz에 비

해 비경제적이다.

이같은 대역폭 문제를 해결하기 위해 음성대역폭 축소에 대한 예측부호화 (Predictive Coding)방식이 ADPCM방식 이다.

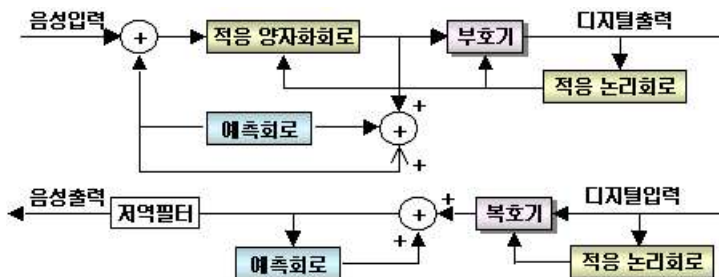
[기본원리]



ADPCM 예측 부호화 방식의 기본원리는 음성신호가 상관성이 큰 특성을 이용하여 음성신호를 직접 양자화하지 않고, 과거의 음성신호의 Sample을 기준으로 다음에 들어올 신호의 크기를 예측하고 실제의 입력 신호로부터 빼 줌으로써 오차 신호를 발생시켜 이 오차 신호를 양자화해 전송한다.

보통 오차 신호의 진폭은 입력 음성신호의 진폭에 비해 훨씬 더 작기 때문에 그 만큼 양자화 레벨의 수도 감소되어 동일한 성능을 갖게될 경우, 전송 속도를 PCM에 비해 약1/3 정도로 감소시킬 수 있다.(8비트 부호화 시 64Kbps 속도, 3비트 부호화 시 24Kbps)

[ADPCM 시스템 구성도]



DPCM의 부호화기는 크게 양자화기/부호화하기(Quantizer / Coder)와 예측기(Predictor)등 두 개의 Subsystem으로 분류할 수 있다.

본래 예측기는 예측필터의 형성을 위한 계수를 고정시킬 수도 있고, 입력 신호에 따라 변화시킬 수도 있는데, DPCM방식에서는 고정 예측기(Fixer Predictor)를 선택하고 있다.

일반적으로 예측기를 형성하는 Filter의 계수와 양자화기의 양자화 레벨의 크기를 결정할 때 음성신호가 Stationary 상태(고정 상태)라고 가정하고 있으나, 음성신호의 특성으로 인해 실제로는 고정상태가 아니므로 양자화기에 입력되는 오차 신호가 급격히 변화하여 Slope Over Load현상이 발생하는 경우가 있다.

ADPCM 방식은 Non-Stationary 상태에 있는 음성 신호를 국부적으로 Stationary상태로 간주할 수 있는 구간으로 분할해서 신호의 통계적 특성을 구한 후, 그에 따라 적응 예측방식이나,적응 양자화 방식을 적용한다.

적응 양자화 방식은 양자화의 레벨의 크기를 변화 시키는 것을 가르키고, 적응 예측 방식은 양자화의 레벨의 크기를 고정 시킨 상태에서 예측기의 Filter계수를 입력되는 신호에 대응해서 변화 시키는 것을 말한다.

적응 양자화기에서 입력되는 신호의 Dynamic Range가 크면 양자화 레벨의 크기를 입력되는 신호의 크기에 비례해서 증가시킨다. 그리고 원래 신호와 예측신호 사이의 오차 신호의 분산은 원래 신호의 분산에 비례하는 성질을 이용하여 적응 예측기의 filter 계수를 입력 신호의 구간 변화 특성에 따라 대응 시킴으로써 오차 신호의 분산을 적게 할 수 있다.

이와 같이 ADPCM은 32Kb/s 디지털 음성 통신에 전송속도가 기존PCM의 1/2밖에 되지 않는 반면음질이 양호하여 경제적 이여서 앞으로 디지털 음성 통신에 중요한 역할을 할 것임은 틀림없는 사실이다.

※32Kbps ADPCM특성을 요약하여 보면..

① 기존 64Kb/s PCM과 직접 연결이 가능하다.

- ② 음성속도가 32Kb/s(양자화 레벨:2의4승 개)로서, 기존PCM의 1/2로 감소된다.
- ③ 음성 정보 이외의 음성 대역 데이터 및 Tone 신호까지도 부호화 할 수 있다.
- ④ 음성신호의 특성에 따라 양자화 레벨의 크기를 변화 시키는 적응식 양자화기와 예측기의 Filter 계수를 변화 시키는 적응식 예측기를 사용한다.
- ⑤ 적응식 양자화기는 매 Sample 단위로 양자화 레벨을 변화 시키는 순간 압신방식을 적용한다.
- ⑥ 적응식 예측기는 매 입력의 Sample 단위로 Filter 계수를 Update시키는 순차 적응방식을 적용 한다.

▶ADM과 ADPCM의 특성 비교

구 분	ADM	ADPCM
표본화 주파수	Nyquist Rate의 2~4배 (16 ~ 32 KHz)	8 KHz
PCM비트수	1비트	4비트
양자화 계단수	2	16
전송속도	16Kbps, 32Kbps	32Kbps
시스템 구성	간단	복잡
적용분야	일반 공중 통신용	군사용, 이동통신, 특수분야
S/N비	5Kbps 이하에서 양호	35Kbps 이상에서 양호

※ 음성 부호화 방식 비교

부호화 방식	샘플링 레이트 (KHz)	샘플당 비트수	비트 레이트 (Kbps)
PCM	8	7 ~ 8	56 ~ 64
DPCM	8	4 ~ 6	32 ~ 48
ADPCM	8	3 ~ 4	24 ~ 32
DM	64 ~ 128	1	64 ~ 128
ADM	48 ~ 64	1	48 ~ 64

그림 [ADPCM]에서와 같이 표본화 된 신호의 차이를 저장하는 방식 차이만을 저장하는 방식은 DPCM(Differential Pulse Coded Modulation)이라고 함

DPCM은 인접한 값과의 차이가 크면 비효율적이 됨

ADPCM : DPCM에서 인접한 값과의 차이가 크면 진폭을 나누는 단계를 크

게 하고, 차이가 작으면 진폭을 나누는 단계를 작게하여 가변적으로 차이를 정밀하게 저장

ADPCM

앞에서 언급한 바와 같이 ADPCM은 이론적으로 표준화되어 있지만 각 방식 간의 호환성은 없음

ITU-T(International Telecommunication Union-Telecommunication)에서 ADPCM 방식으로 32Kbps에서 음성을 전송할 수 있는 방식으로 G.721 제정

- 각 표본화 값의 차이를 4bit로 표현하고 표본화율(Sampling Rate)은 8KHz를 사용

imt2000

음성부호화 방식에 관하여는 32kbps 부호화 대상의 ADPCM(Adaptive Differential Pulse Code Modulation, 적응차분펄스부호변조) 부호화방식(G.726), 16kbps 부호화 대상의LD-CELP(Low delay Code Excited Linear Prediction) 방식(G.729), 8kbps 부호화대상의 CS-ACELP(Conjugate Structure-Algebraic Code Excited Linear Prediction) 방식(G.729)을 권고하고 있다.

2.B.예측기법:

예측기법(Predictive Technique)은 이전 정보를 바탕으로 다음 정보를 예측하고, 예측에 의해 발생한 오류를 소량의 오류 보정 정보를 이용하여 보정함으로써 원래 정보를 복원 할 수 있다는 사실을 기반으로 하고 있다.

ㄱ.DPCM(Discreted PCM): PCM을 통해 부호화된 소리 데이터는 비교적 대용량이므로 직접 처리하기에는 어려움이 있다. DPCM은 PCM을 통해 부호화된 데이터를 압축하기 위해 사용되는 기법중의 하나이다. DPCM 부호화는 부호화하려는 정보를 직전 정보의 값을 이용하여 예측한후 예측에 의한 오류를 보정하기 위한 정보로서 예측한 값과 실제 값의 차이 정보를 생성하고 출력한다. 따라서 DPCM으로 부호화된 데이터는 일련의 오류보정 정보라고 할 수 있다. DPCM으로 부호화된 데이터의 복원은 부호화하는 과정에서 생

성된 오류 보정 정보들을 계속해서 합산함으로써 이루어진다. 단 단점으로 기울기 과부화 문제가 발생한다.

ㄴ.ADPCM(Adaptive Differential PCM): ADPCM은 DPCM에서 나타나는 기울기 과부화 문제를 해결하기 위해 오류 보정 정보를 적응적으로 부호화하는 방법을 이용한다. 즉, 기울기 과부하가 일어나면 문제가 되는 기울기 정도에 따라 오류보정 정보의 비트수를 바꾸는 방법이다.

ㄷ.DM(Delta Modulation): DPCM의 극단적인 방법으로 볼 수 있다. DM은 1비트만을 이용하여 보정 정보를 나타낸다. 이때 하나의 비트로 표현되는 보정 정보는 예측한 정보가 실제 정보보다 큰가 작은가만을 알려주는 역할을 한다. 즉, DM에서 오류보정 정보는 + 아니면 -이다.

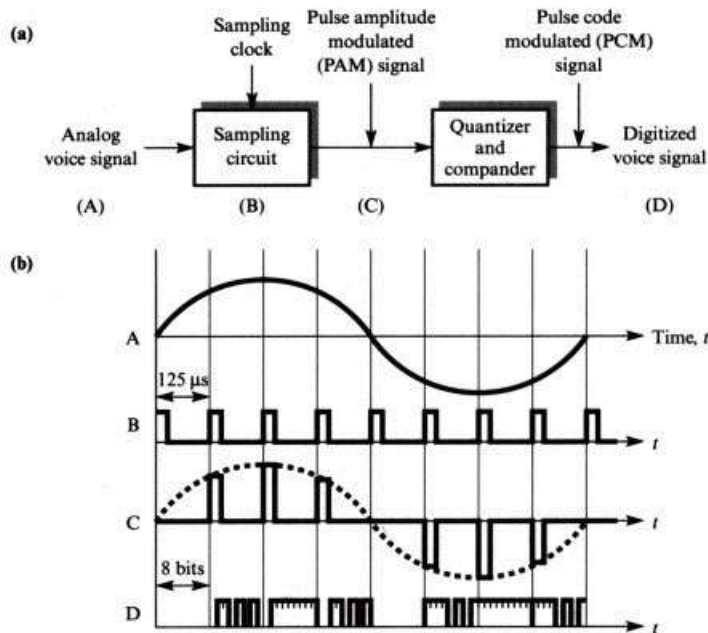
ㄹ.ADM(Adaptive DM):ADM은 오류 보정 정보의 배열 순서에 따라 미리 정해놓은 차이값의 크기를 변화시키는 방식을 이용한다.

음성 디지털화(나이퀴스트 샘플링 이론)

- 음성 전송에서 사용할 수 있는 최대 대역폭은 4KHz로 제한되어 있다.
- 이러한 신호를 디지털 형태로 변환하는데는 최소한 가장 높은 주파수 성분의 두배보다 높은 비율로 진폭이 측정되어야 한다(나이퀴스트 샘플링 이론)
- 그러므로 4KHz의 음성신호를 디지털로 변환하기 위해서는 초당 8000번의 비율로 측정이 되어야 한다.
- 펄스 진폭 변조(PAM) 신호
 - ▶pulse amplitude modulation의 머릿글자.
 - ▶아날로그 신호를 표본화하여 아날로그 신호의 크기를 디지털 신호로 만드는 변조방식.
 - ▶아날로그 신호를 디지털화하기 위해서는 일정한 간격으로 표본 추출(sampling)을 해야 하는데, 표본 추출 정리에 의하면 신호의 최고 주파수의 2배 이상의 빈도로 추출하면 표본 데이터로부터 본래의 데이터를 재현할 수 있다고 한다.
 - ▶예를 들어 음성 대역의 4kHz 신호라면 8kHz, 즉 1초에 8000번 추출하면

아날로그 신호의 진폭과 같은 크기의 진폭을 갖는 디지털화된 펄스를 얻을 수 있다.

▶이 신호는 크기를 소수점 이하의 단위까지 지니고 있지만 이를 정수로 양자화하면 PCM(펄스 코드 변조) 방식이 된다.



정량화

● 측정된 각각의 신호를 이에 해당하는 이진형식으로 정량화하여야 한다.

● 펄스 코드 변조(PCM) 신호

▶ pulse code modulation의 머릿글자.

▶ 아날로그 형태의 신호를 원래의 형태대로 전송하면 회선의 안팎에서 발생하는 잡음 때문에 신호가 왜곡되므로 아날로그 신호를 디지털화된 펄스 신호로 변조시켜 위 문제점을 해결한 방식 중에서 일정 주기로 아날로그 전압을 수치화 하는 방식.

▶ PAM(펄스 진폭 변조)을 양자화(quantization)한 것이다.

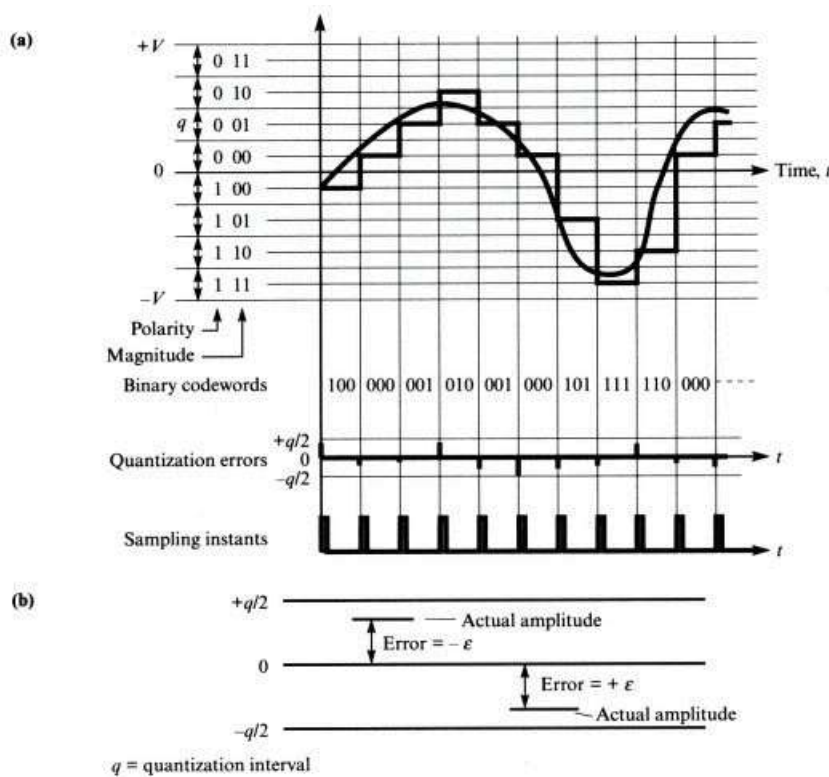
음성신호를 수치화하기 위한 표준중의 하나(ITU-T G.711 규격)로 사용되며, 8kHz 표본화속도, 8비트로 표본화하므로 64kbps 정보량을 갖는다. 이를 개선한 32kbps 속도의 ADPCM이다.

★ ADPCM(Adaptive Differential Pulse Code Modulation)

★ 16비트 PCM 방식을 개선한 것.

★ITU-T G.721로 표준화 되었으며, 음성신호에 대한 압축 표준은 32kbps속도의 정보량을 갖는다.

★다른 방법에 비해 실시간(real time) 코딩이 가능하므로 인터넷 전화 (internet phone) 등에 사용된다.



adaptive differential pulse code modulation [ADPCM] : 적응 차분 펄스 부호 변조 (適應差分 - 符號變調)

영상 신호나 음성 신호의 데이터 압축 부호화 방식의 하나로, 이미 전송된 신호를 예측치로 하여 예측치와 실제 입력치를 비교하여 그 차이분만을 양자화하여 전송하는 방식을 차분 펄스 부호 변조(DPCM)라고 한다. 이때에 양자화의 단계 폭(step size)을 신호의 진폭에 따라 적응적으로 변경시키는 방식이 적응 차분 펄스 부호 변조(ADPCM)이다. 즉 진폭이 큰 곳에서는 단계 폭을 크게하여 신호의 변화에 따라서 적응적으로 예측치와 실제치의 차분만을 부호화하여 전송하는 방식이다. ADPCM 방식을 이용한 2개의 음성 전송 표준 규격이 ITU-T 권고로 제정되었다. (1) ITU-T 권고 G.721 : 표본화 주파수를 8kHz로 하고 차분 양자화 비트 수를 4비트로 압축하여 32kbps

로 전송하는 규격이다. 이 규격의 ADPCM LSI가 개발되어 전송 회선뿐만 아니라 음성사서함 등에 사용되고 있다. (2) ITU-T 권고 G.722 : 표본화 주파수를 16kHz로 하고, 차분 양자화 비트 수를 14비트로 압축하여 64kbps로 전송하는 규격으로 ISDN의 64kbps 디지털 회선 등과의 정합성이 높다.

2. Baseband 방식

○ 데이터를 0과 1로 부호화하여 변조하지 않고 그대로 전송 매체를 통해 보내는 방식이다. ○ 이 방식은 하나의 채널에 하나의 신호만을 양방향으로 전송하는 원리이므로 모뎀이 불필요하다. ○ 비용은 저렴하지만 전송 거리가 짧은 것이 단점이다.

3. Broadband 방식

○ 0, 1로 부호화된 정보를 변조기에서 아날로그 반송파 상에 변조하고(AM, FM, PM 변조) 필터를 통해 제한된 주파수 성분만 전송 매체로 보내는 방식이다. ○ 이 방식은 하나의 채널에 다중화해서 전송할 수 있으나 신호는 한 쪽 방향만 전송된다. ○ 또 디지털 신호를 아날로그 신호로 변환하기 때문에 모뎀이 필요하므로 베이 스패드 방식보다 비용이 많이 드는 경향이 있으나 전송거리는 수 십 Km까지 늘릴 수 있다.

4. Baseband 방식과 Broadband 방식의 비교

구 분/ Baseband 방식/ Broadband 방식

채널수/ 1/ 20~30

전송 속도/ 1~10Mbps/ 1~10Mbps

전송매체상 신호/ 디지털(양방향)/ 아날로그(단방향)

전송 거리/ 수 Km 이내/ 수십 Km 이내

설치, 보수/ 쉬움/ 어려움

응용 분야/ 소, 중규모의 데이터 전송/ 대규모 멀티미디어 전송

전송 매체와 접속기/ 트랜시버/ 모뎀

1. 단극 펄스(부호)

○ 펄스 전송에 있어 가장 기본적인 신호 형태로서 전송되는 데이터 비트 '0'은 기준 레벨 또는 0(V)로 유지하고 (입력 신호가 0이면 펄스를 전송하지 않는다.) '1'이면 +V 혹은 -V 중 한 가지를 유지하는 (0, +V) 혹은 (0, -V)의 2개의 진폭 레벨을 갖는 단류 방식과 0, 1을 전압의 극성 차이로 표현하는 것을 복류 방식이라 한다.

2. RZ(Return-to-Zero)

○ 부호의 비트 시간 길이 보다 짧은 펄스를 송출하고 나머지 시간은 펄스를 송출하지 않는 즉, 전압 0 상태로 돌아가는 방식을 말한다. ○ 비트 시간의 50%를 점유하고 있는 단극성 신호방식과 복극성 신호방식이 있다.

○ T 동안 T/2만 펄스가 접하고 T/2는 0으로 돌아가는 것이다.

3. NRZ(Non Return to Zero)

○ 부호의 비트 시간 길이 전체 동안(T 동안) 계속 펄스를 송출하고 있는 것. ○ 즉, 전압 0의 상태로 T 동안은 돌아가지 않는다. ○ 단극 펄스와 양극 펄스가 있다.

4. Bipolar 방식

○ '1'을 펄스 있음. '0'은 펄스 없음으로 표현하고 '1'의 펄스 있음 극성을 교대로 순차적인 +, -로 변화시켜서 송출하는 방법이다. ○ 직류 성분이 없이 고속 전송에 쓴다. ○ 유니 폴라는 단극성을 말하며 직류 성분을 포함하고 있다. ○ 잡음에 약하고 고속 전송에 부적합하다.

5. CMI부호(Coded Mark Inversion)

○ 이 부호는 동기 단국장치와 국내 인터페이스에 있어서의 전송부호이다.
○ 이 부호는 1 이 발생하는 경우에 앞의 1과 진폭 레벨 극성이 반대가 되게 송출하고 0일때는 한 주기의 1/2씩을 0, 1로 레벨을 나눠서 송출한다.

[3. 디지털 변조]

1. 개요

○ 통신을 위한 부호, 문언, 음향, 영상 신호는 단말장치에 의해 전기적 신호로 변환된 후 전송되나, 보다 효율적이고 경제적으로 전송하기 위해 다른 형태의 신호로 변환시켜 전송하는데 이를 변조(Modulation)라 하며, 수신측에서 원래의 신호로 환원하는 것을 복조(Demodulation)라 한다. ○ 그리고 이와 같은 변복조 장치를 모뎀(Modem: Modulation & Demodulation) 이라 한다. ○ 디지털 신호는 직류 신호로 원거리 전송에 불리하므로 원거리 전송이 잘되는 아날로그 신호로 변환하여야 한다. 이를 위해 반송파를 사용한다. ○ 보통 아날로그 신호의 변조 방식을 진폭 변조 (Amplitude Modulation), 주파수 변조(Frequency Modulation), 위상 변조(Phase Modulation)라 한다.

○ 실제로 근거리 통신망(LAN)에서는 디지털 신호 전송이 주가 되므로 진폭 편이 변조(ASK: Amplitude Shift Keying), 주파수 편이 변조(FSK: Frequency Shift Keying), 위상 편이 변조(PSK: Phase Shift Keying)라 한다. ○ 대부분의 비동기식 변복조기는 주파수 편이 변조방식을 사용하고, 동기식 변복조기는 위상 편이 변조방식을 사용하는 경향이거나 특별한 경우에는 다른 변조 방식이 사용되기도 한다.

2. 진폭 편이 변조 방식(ASK: Amplitude Shift Keying)

○ 진폭 편이 변조 방식은 데이터 신호의 전압 변화 (0과 1의 값)에 따라서 반송파의 진폭을 변화시키는 방식이다. ○ 즉, 반송파 진폭을 2가지로 정하여 데이터가 1 또는 0으로 변함에 따라 미리 약속된 진폭의 정현파를 상대방으로 보내고, 수신측에서는 이를 약속된 원래의 1 또는 0으로 만들어 주는 변조 방식이다. ○ 이는 2비트 전송 방식으로 데이터 신호를 변조파라 한다.

3. 주파수 편이 변조(FSK: Frequency Shift Keying)

○ 주파수 편이 변조방식은 반송파로 사용하는 정현파의 주파수에 데이터를

신는 방식으로 데이터 신호의 0은 높은 주파수, 1은 낮은 주파수를 할당해서 데이터를 전송한다. ○ 주파수는 0과 1에 대응해서 변화하지만 진폭은 항상 일정하다. ○ 이 방식은 진폭 편이 방식에 비해 잡음등 레벨 변동의 영향을 받지 않고 회로도 비교적 단순하므로 널리 사용된다. ○ 그림과 같이 일정 진폭의 정현파 주파수를 두 가지로 정하여 데이터가 0과 1로 변함에 따라 두 개의 주파수중 할당된 주파수를 상대쪽에 보내고 수신쪽에 서는 이를 약속된 원래의 0과 1의 상태로 환원시키는 변조 방식이다.

<그림2> 2 주파수의 FSK

4. 위상 편이 변조(PSK: Phase Shift Keying)

○ 위상 편이 변조방식은 반송파로 사용하는 정현파의 위상에 데이터를 신는 방식으로 일정 주파수, 일정 진폭의 반송파 위상을 2등분(180도 위상차), 4등분 (90도 위상차), 8등분(45도 위상차)등으로 나누어 각각 다른 위상에 0 또는 1을 할당하거나 2비트 또는 3비트를 한꺼번에 할당하여 상대방에 보내고 수신측에 서는 이를 약속된 원래의 데이터 신호의 상태로 만들어 주는 변조 방식이다.

○ 데이터 통신에 많이 사용하는 변조방식으로 2위상 편이 변조 방식등이 있다. ○ 그림은 2 위상 편이 변조 방식을 나타내고 있다. 1은 위상 무변(0도), 0은 위상 변화(180도)

Baseband 방식과 Broadband 방식의 차이.

1. 개요

○ LAN의 전송 방식에는 Baseband 방식과 Broadband 방식이 있다. ○ CSMA/CD 방식과 Token Ring 방식은 Baseband 방식을 사용하며, Token Bus 방식은 Broadband 방식을 채택하고 있다.

2. Baseband 방식

○ 데이터를 0과 1로 부호화하여 변조하지 않고 그대로 전송 매체를 통해

보내는 방식이다. ○ 이 방식은 하나의 채널에 하나의 신호만을 양방향으로 전송하는 원리이므로 모뎀이 불필요하다. ○ 비용은 저렴하지만 전송 거리가 짧은 것이 단점이다.

3. Broadband 방식

○ 0, 1로 부호화된 정보를 변조기에서 아날로그 반송파 상에 변조하고(AM, FM, PM 변조) 필터를 통해 제한된 주파수 성분만 전송 매체로 보내는 방식이다. ○ 이 방식은 하나의 채널에 다중화해서 전송할 수 있으나 신호는 한 쪽 방향만 전송된다. ○ 또 디지털 신호를 아날로그 신호로 변환하기 때문에 모뎀이 필요하므로 베이 스펠드 방식보다 비용이 많이 드는 경향이 있으나 전송거리는 수 십 Km까지 늘릴 수 있다.

4. Baseband 방식과 Broadband 방식의 비교

구 분/ Baseband 방식/ Broadband 방식

채널수/ 1/ 20~30

전송 속도/ 1~10Mbps/ 1~10Mbps

전송매체상 신호/ 디지털(양방향)/ 아날로그(단방향)

전송 거리/ 수 Km 이내/ 수십 Km 이내

설치, 보수/ 쉬움/ 어려움

응용 분야/ 소, 중규모의 데이터 전송/ 대규모 멀티미디어 전송

전송 매체와 접속기/ 트랜시버/ 모뎀

디지털 전송을 하기 위한 선로부호 방식 (2원 전송 부호).

1. 단극 펄스(부호)

○ 펄스 전송에 있어 가장 기본적인 신호 형태로서 전송되는 데이터 비트 '0'은 기준 레벨 또는 0(V)로 유지하고 (입력 신호가 0이면 펄스를 전송하지 않는다.) '1'이면 +V 혹은 -V 중 한 가지를 유지하는 (0, +V) 혹은 (0, -V)의 2개의 진폭 레벨을 갖는 단류 방식과 0, 1을 전압의 극성 차이로 표현하는 것을 복류 방식이라 한다.

2. RZ(Return-to-Zero)

○ 부호의 비트 시간 길이 보다 짧은 펄스를 송출하고 나머지 시간은 펄스를 송출하지 않는 즉, 전압 0 상태로 돌아가는 방식을 말한다. ○ 비트 시간의 50%를 점유하고 있는 단극성 신호방식과 복극성 신호방식이 있다.

○ T 동안 T/2만 펄스가 접하고 T/2는 0으로 돌아가는 것이다.

3. NRZ(Non Return to Zero)

○ 부호의 비트 시간 길이 전체 동안(T 동안) 계속 펄스를 송출하고 있는 것. ○ 즉, 전압 0의 상태로 T 동안은 돌아가지 않는다. ○ 단극 펄스와 양극 펄스가 있다.

4. Bipolar 방식

○ '1'을 펄스 있음. '0'은 펄스 없음으로 표현하고 '1'의 펄스 있음 극성을 교대로 순차적인 +, -로 변화시켜서 송출하는 방법이다. ○ 직류 성분이 없이 고속 전송에 쓴다. ○ 유니 폴라는 단극성을 말하며 직류 성분을 포함하고 있다. ○ 잡음에 약하고 고속 전송에 부적합하다.

5. CMI부호(Coded Mark Inversion)

○ 이 부호는 동기 단국장치와 국내 인터페이스에 있어서의 전송부호이다.
○ 이 부호는 1 이 발생하는 경우에 앞의 1과 진폭 레벨 극성이 반대가 되게 송출하고 0일때는 한 주기의 1/2씩을 0, 1로 레벨을 나눠서 송출한다.

진폭 천이 변조(ASK).

1. 개 요

○ 2진 PCM의 주파수 스펙트럼은 낮은 주파수 성분에서부터 높은 주파수 성분까지 넓게 차지하고 있으므로 진폭 변조를 시행하여 이 PCM 신호의 스펙트럼을 높은 반송파 주파수 쪽으로 옮기지 않으면 안된다. ○ 이러한 조

작 방식을 진폭 천이 변조라 한다.

○ 간단한 예를 들면 [그림]과 같다. 즉, 2원 부호 1이 있으면 정현파 신호가 존재하고 그 부호가 0이면 정현파 신호가 존재하지 않는다.

ASK 신호파 형식 $S(t) = u(t)\cos(2\pi f_c t + \psi)$ 단, f_c : 반송파 주파수 ψ : 위상 $u(t)$: 베이스 밴드 신호

2. 신호 파형에 따른 ASK 결과

(c) 4원 양극 NRZ ○ 그림(a) : 단극 NRZ 펄스 → 반송파의 단속, On-Off Keying 방식

○ 그림(b) : 양극 NRZ 펄스에 의해 변조된 신호 파형은 180도 반전되는 결과, 2진 PSK와 동일

○ 그림(c) : 4원 양극 NRZ 펄스 → QAM에 잘적응

3. 변조 방법

○ ASK 파형을 만드는 방법에는 두 가지가 있다. 즉, 기저 대역 신호를 만들고 아날로그 형태의 AM 통신에 사용되는 방식과 Keying Operation(키 작용)에 의한 방법.

4. 특징

○ 매우 간단히 구현할 수 있다. ○ 에러 성능이 떨어진다. ○ ASK는 효과적인 오차 성능을 얻지 못하기 때문에 널리 사용되지 않는다. ○ ASK 신호가 차지하는 대역폭은 기저 대역 신호의 최대 주파수의 2배가 된다.

○ 대역폭은 원 신호의 2배가 되므로 대역의 낭비가 생긴다. → 이에 대한 대책으로 필터링에 의해 한쪽 측파대만 전송 ○ 대역폭은 변조 과정에서 두 배가 되므로 이론적인 최대 대역폭 효율이 1 bps/Hz이다.

4분 진폭 천이 변조(QAM).

1. 개 요

○ 신호 벡터의 위상과 진폭을 달리하므로 잡음 면역성을 개선하기 위해 착안한 방식이다. ○ 진폭과 위상 천이 변조 시스템은 QPSK 처럼 위상이 수직인 반송파를 평형 변 조하는 방식이다.

2. QASK의 기하학적 표현

○ 매 4 비트를 하나의 기호로 전송할 때 16개의 서로 다른 기호가 존재하고 그 16개를 구분할 수 있는 신호를 발생 할 수 있어야 한다. ○ 16개의 신호를 기하학적으로 표현할 수 있는 방법을 도시하면 그림과 같다.

○ 각 신호점들은 가장 가까운 이웃점들과 똑 같은 거리, $d=2a$ 를 두고 존재한다. ○ 시스템의 하드웨어 설계를 간단히 하고, 한 신호당 에너지를 거의 최소화 하기 위하여, 신호의 점이 신호 공간의 원점에 대해 대칭이 되도록 그 위치를 선택한다. 실제에 있어서도 합당한 일이지만 16개 신호 전부를 등 확률로 가정한다. ○ 그림에 도시한 대칭성 때문에 1 상한에 있는 4개 신호로부터 한 신호에 관계 된 평균 에너지를 구할 수 있다.

3. 특징

○ 16 QASK가 16 MPSK 보다 더 낮은 착오율을 갖지만 QPSK 보다는 더 높은 착오율을 갖는다. ○ QASK 신호의 대역폭은 M진법 QASK와 똑같은 $B = 2fb/N$ 이다. ○ $N = 4$ 인 QASK인 경우에는 2진 PSK에 필요한 대역폭의 1/4인 $B_{qask}(16) = fb/2$ 가 된다.

주파수 천이 변조(FSK).

1. 개 요

○ 2개의 독립된 발진기를 정보 비트에 따라 스위칭시키면 간단한 FSK(Frequency Shift Keying) 신호는 발생된다. ○ 변조 파형은 $G_{fsk}(t)$ 는 $S_1(t) = A \cos(2\pi f_1 t + \theta_1)$ $0 \leq t \leq T$ '0' 인 경우, $S_2(t) =$

$A \cos(2\pi f_2 t + \theta_2)$ $0 \leq t \leq T$ '1'인 경우 단, θ_1, θ_2 는 임의의 위상각

- 비트당 에너지는 $E_1 = E_2 = A^2 T / 2$ 이며 T 는 한 비트의 펄스폭이다.
- FSK의 경우 반송파의 주파수는 정보원의 신호에 따라 변한다. 1 과 0을 갖는 2원 부호 전송인 경우 그림 1 과 같이 2개의 On-Off Keying 파형으로 중첩으로 생각 할 수 있으며 그 파형의 예는 그림 2 와 같다.

○ 위상차 0 이라면 $\theta_1 = \theta_2 = 0$ 이므로

$$S_1(t) = A \cos 2\pi f_1 t \quad 0 \leq t \leq T \text{ '0' 인 경우}$$

$$S_2(t) = A \cos 2\pi f_2 t \quad 0 \leq t \leq T \text{ '1' 인 경우}$$

지금 $f_1 = f_c - \Delta f$ 와 $f_2 = f_c + \Delta f$ 라 놓으면 위의 식은 다음과 같다.

$$S_1(t) = A \cos 2\pi(f_c - \Delta f)t$$

$$S_2(t) = A \cos 2\pi(f_c + \Delta f)t \quad \text{단, } \Delta f \text{ 는 주파수 편이}$$

2. 특징

○ FM파의 변조 지수 $\beta_f = \Delta f / f_m$ 이고 ○ FM 전송에 필요한 대역폭 B_r 에 대한 Carson 관계식은 $B_r = 2 f_m (1 + \beta_f)$ 이므로

○ 2 개의 특별한 경우 가정

$B_r \sim 2\Delta f, \Delta f \gg f_m$ ($\beta_f \gg 1$): 광대역 FSK

$2f_m, \Delta f < \beta_f \gg 1$ 인 광대역 FSK는 ASK보다 더 넓은 전송 대역이 필요

○ FSK는 ASK의 오차 확률과 같다. 잡음대 평균 비트 에너지에서 FSK에 대한 오차 확률은 ASK의 오차 순수 확률과 같다.

○ 같은 최대 전력에 대해 FSK는 ASK보다 3dB 이득을 갖는다. 거의 반이 Off 가 되기 때문이다. ○ FSK의 대역폭은 사용된 2 주파수의 차이나 스위칭에 의한 확산을 나타내는 요소의 합에 따라 주어짐.

2진 위상 천이 변조(BPSK).

1. 개 요

○ 디지털 신호의 정보 내용에 따라서 반송파의 위상을 변화시키는 방식으

로써, 2 원 디지털 신호를 m개의 비트로 묶어서 $M = 2^m$ 개의 위상으로 분할시킨 위상 변조방식을 M진 PSK(M-ary Phase Shift Keying)라 부른다. ○ 2진, 4진, 8진 PSK등이 널리 사용되고 있다.

○ 2진 위상 천이 변조(BPSK)는 고정 진폭과 주파수의 정현파가 1과 0을 나타낸다. ○ 데이터 값 0이 전송될 때 반송파의 위상이 180도 전이된다. 전송 파형은 $X_{psk}(t) = A_c \cos 2\pi f_c t : 1, A_c \cos(2\pi f_c t + \pi) : 0$ 으로 BPSK 파형은 그림과 같다.

2. 특징

○ BPSK의 일반적 표현 $S(t) = A \sin[2\pi f_c t + \Delta\theta_p(t)]$ 단, $\Delta\theta$ 는 최대 위상 편이, $P(t)$ 는 ± 1 을 갖는 2진 스위칭함수 ○ BPSK파 변조지수 $m_f = \cos \Delta\theta$. 여기서 $0 < m_f < 1$ ○ 단지 한 주파수만 사용하므로 대역폭을 전적으로 스위칭에 따른다. ○ 변조기 설계가 간단하다.

○ 동일한 오차 확률에 대하여 ASK에 대한 소요 평균 전력은 PSK에 대한 소요 전력의 2배가 된다. ○ 따라서 PSK가 ASK보다 소요 평균 전력 신호 전력면에서 3dB 유리하다. ○ PSK파는 일정한 진폭을 갖는 파형이기 때문에 전송로등에 의한 레벨 변동의 영향을 적게 받으며 심볼 에러도 우수하다. ○ 피변조파는 양측파대 신호이기 때문에 타이밍 정보 및 주파수 정보를 포함하고 있어 변복조 회로가 비교적 간단하다.

QPSK와 OQPSK를 비교.

1. 개요

○ QPSK는 두 개의 BPSK를 합성한 변조기 원리를 이용한 방식으로 I 채널 입력은 $\cos W_c t$ 이고 Q 채널의 입력은 $\sin W_c t$ 이다. ○ 이 두 캐리어에는 90도의 위상차가 있으므로 전체적으로 BPSK보다 전송 속도가 2배 향상된다. ○ OQPSK(Offset QPSK 또는 Staggered QPSK)는 QPSK와 동일한 페이저도를 갖지만 차이점은 두 채널(I 와 Q 채널)의 데이터간의 주기를 1 비트 주기 T_b 만큼 상대적인 시간 차를 갖도록 한 점이다.

2. QPSK

○ QPSK 변조기의 입력 데이터 열(양극 펄스)은 다음과 같다.

○ 반송파의 위상이 매 2 주기 동안 $d_i(t)$ 와 $d_q(t)$ 의 값에 따라 4개의 위상중 한 값을 갖는다. ○ 그 다음 2 T_b 주기동안 만약 2 채널의 데이터 $d_i(t)$ 와 $d_q(t)$ 의 부호가 모두 변하지 않으면 동일한 위상의 반송파를 유지한다. ○ 그 중에서도 어느 한 채널의 데이터의 부호가 변하면 $\pm 90^\circ$ 의 위상 변화가 발생한다.

○ 그러나 두 채널의 데이터가 동시에 변하면 반송파의 위상에 180° 의 위상 변화가 발생한다. ○ 그림1과 같은 입력 데이터에 대한 QPSK파는 그림 2 와 같다.

3. OQPSK ○ OQPSK는 그림3과 같이 $d_i(t)$ 가 $d_q(t)$ 보다 T_b 만큼의 시간 지연이 있으므로 두 채널의 데이터 부호가 동시에 변하지 않는다. ○ 반송파에 대하여 180° 의 위상변화를 제거한다.

○ 그림 3 에 보인 바와 같이 한번에 한 개의 위상 변화만이 발생하므로 반송파의 위상변화는 0° 와 $\pm 90^\circ$ 에 국한된다. ○ 변조된 QPSK파는 180° 의 순간적인 위상 변화로 그 진폭의 변동이 OQPSK의 경우보다 클뿐 만 아니라, QPSK파의 측대파(Side Band) 주파수를 감소시키기 위하여 필터를 사용하면 또다른 진폭 변동을 일으킨다. ○ 그러므로 비선형 전력 증폭기를 사용하는 인공위성 통신에 이러한 QPSK 신호를 이용하면 일정한 포락선을 갖게 되지만 원하지 않는 측대파가 다시 발생하여 인접 채널이나 다른 통신 시스템에 간섭을 일으킨다.

○ 그러나 OQPSK파를 대역 제한하면 이로 인한 부호간 간섭(ISI) OQPSK파의 포락선을 $\pm 90^\circ$ 의 위상천이(Transition)쪽으로 감쇠시키지만 대역 제한된 OQPSK파를 비선형 트랜스폰더에 사용하면 포락선의 감쇠가 회복될 뿐 이로 인한 높은 주파수 성분은 더 발생되지 않으므로 대역외에서의 간섭을 피할 수 있다. ○ OQPSK는 비트열을 한 비트 만큼 지연 시키는 것 만이 다르므로 OQPSK의 오류 확률은 QPSK의 오류 확률과 동일하다.

차동펄스부호변조(DPCM).

1. 개요

○ 차동펄스부호변조(DPCM) 방식은 추정된 표본값과 실제 표본값의 차이를 양자화 시켜 필요한 레벨수를 낮추어, 전송하고자 하는 정보량을 줄이기 위한 디지털 변조방식이다. ○ 음성이나 영상과 같은 신호는 큰 상관성을 갖기 때문에 한 표본점에서 다음 표본점으로 옮길 때 신호값이 천천히 변한다. ○ 이 같은 사실은 앞의 표본값들로부터 추정된 표본값과 실제의 표본값과의 차이를 전송 가능하게 한다.

○ 이 차이를 양자화하는데 필요한 레벨수가 원래의 표본값을 양자화하는데 필요한 레벨수 보다 낮아진다. 즉, 전송하고자 하는 정보량이 감소된다. 이와 같은 방식을 차동펄스부호변조 (Differential PCM: DPCM)라 한다.

2. DPCM의 기본 원리

○ 양자화된 차동 전송 방식의 송신기의 구성은 그림과 같다.

-송신측에서는 $m_1(t)$ 보다 큰지 혹은 작은지 그리고 그 양이 얼마만큼 되는지를 알아야 하며 $m_1(t)$ 를 $m(t)$ 에 가깝도록 다음 차분 $\Delta\theta(k)$ 를 어느 정도의 진폭으로 양 또는 음이 되게 결정해야 한다. -송신측에서는 수신측의 축적기와 같은 축적기가 필요하다. -각 표본화 시간에 송신측 차분 증폭기는 $m(t)$ 와 $m_1(t)$ 를 비교하여 표본과 유지회로는 표본화 시간 사이의 구간 동안에 비교값 $\Delta(t)$ 의 결과를 유지한다.

-양자화기는 수신측에 전송한 경우와 송신에서 수신측 축적기에 입력하기 위해 신호 $S_d(t) = \Delta\theta(t)$ 를 생성한다. -실제 시스템에서 양자화된 차이는 전송전에 2진 비트열로 부호화되고 수신측에서 복호화된다. -DPCM의 기본적인 제한은 전송된 차이가 양자화 되고 최대값으로 제한된다는 것이다. - $m(k)$ 에 추가되는 $\Delta\theta(k)$ 를 거의 증가시키지 않는 양자화 방법은 $m_1(t)$ 를 $m(t)$ 와 같게 하는 것이다.

- $\Delta\theta(k)$ 의 최대값의 한계는 $m(t)$ 가 빠른 속도로 변할 때 $m_1(t)$ 는 간단히 유지할 수 없다는 것을 의미한다. ○ 차동 전송방식의 수신기의 구성도는 그림과 같다.

-수신기는 수신된 양자화 차분 $\Delta\theta(k)$ 를 더하는 축적기와 양자화 잡음을 평활 하는 필터로 구성된다. -축적기의 출력은 신호 근사값 $m_1(k)$ 이며 필터 출력에서 $m_1(t)$ 가 된다.

3. 특징

○ DPCM방식은 표본화율이 나이퀴스트율로 정해질 때 PCM에 비해 과잉의 양자 화를 생성한다. 따라서 비효율적이다. ○ DPCM의 비트율(표본당 비트 X 표본율)이 PCM보다 높다(단점) ○ 예측기가 필요하다. 예측기는 과거의 차이를 저장하고 다음의 증분을 예측하기 위한 알고리즘이 필요하다.

○ 예측기는 선형 예측기로 이의 추정값은 측정된 표본값의 선형함수이다.
○ 추정 에러가 작을수록 정보량은 적어진다. ○ DPCM을 이용한 음성이나 영상 전송의 것은 표본화율을 증가시키고 예측기를 사용하므로 PCM과 비슷한 질을 갖게 한다. ○ PCM비트율의 약 1/2로 동작할 수 있다. 즉, 전송하고자 하는 정보량이 감소한다. ○ PCM보다 양자화 레벨수가 낮다.

델타 변조(Delta Modulation: DM).

1. 개 요

○ DM은 차분신호 $\Delta(t)$ 가 단지 1 비트로 부호화되는 가장 간단한 DPCM의 형태 이다. ○ 두 개의 가능성만을 제공하는 단일 비트는 추정값 $M_1(t)$ 를 증가 또는 감소시 키기 위해 사용된다. ○ 이 단일 비트는 차분 표본의 극성만을 나타낸다. ○ 만일 차동 신호가 (+)이면 '1'이 발생되고 만약 차동 신호가 (-)이면 '0'이 발생 된다.

○ 또한 계단 발생기(Staircase Generator)는 이와 같은 출력 '1'과 '0'에 따라 $+\Delta$ 또는 $-\Delta$ 의 진폭을 갖는 스텝(Step)을 발생한다.

2. 델타 변조기의 동작원리

○ 기저 대역 신호 $m(t)$ 와 이의 양자화된 근사값 $m_1(t)$ 가 비교기에 입력된다. 비교기는 단순히 두 입력을 비교한다. ○ 그림의 비교기는 $m(t) > m_1(t)$ 일 때 하나의 고정된 출력 $V(H)$ 를 갖고, $m(t)$

○ 증감 카운터(Up-Down Converter)는 각 클럭 파형의 끝동 부근에서 1만큼 증가하거나 감소한다. 2진 입력이 레벨 $V(H)$ 에 있을 때 카운터는 상승하고 레벨 $V(L)$ 에 있으면 하강한다. 이 경우 카운터는 방향대로 증분을 더하거나 빼서 축적된 결과를 저장한다. < P CLASS=T2> 3. 특징

○ DM은 선형 델타변조로 간단하게 실현 할 수 있다. ○ 스텝 크기가 작아서 경사 과부하가 생기면 나이퀴스트 기준을 만족하는 이상으로 표본화율을 증가시킴으로 과부하를 방지할 수 있다. ○ 표본당 1 비트만이 필요하므로 PCM에 필요한 표본화율을 8배로 증가 시킬 수 있다. ○ 실제 시스템에 거의 응용할 수 없다. ○ 선형 DM은 입력 신호의 기울기가 너무 크면 과부하 현상을 일으킨다. ○ 입력 신호 레벨에 민감하다. 즉, 신호대 잡음비를 최대화하는 입력 신호 레벨 은 하나 뿐이다. 허용된 신호대 잡음비를 초과한 일정한 범위를 동적 범위라 한다.

적응형 델타변조(Adaptive DM: ADM).

1. 개 요

○ APCM(Adaptive PCM): 입력 신호의 진폭에 따라 양자기의 최소 및 최고 레벨 을 조정해 줌으로써 PCM의 성능을 향상 시킬 수 있는 방법이다. ○ 비선형이나 선형 양자기 모두 레벨이 고정되어 있기 때문에 입력 신호의 진 폭이 클 경우 잘릴 가능성이 있어 이러한 문제점을 해결하기 위한 방식 이 적응 양자기의 사용이다. ○ 다른 이유는 PCM을 사용하면 점유 대역폭 이 너무 넓어 아날로그 통신방식보다 비경제적이므로 음성의 대역폭 축소에 관한 연구를 하던중 음성 신호의 여분을 이용한 예측 부호화 방식이 제안되었다. ○ 대표적인 방식으로 ADPCM과 ADM이 있다.

2. 예측 부호화 원리와 ADM방식

○ 예측 부호화 방식의 기본 원리는 과거에 들어온 음성 신호의 표본들로부터 다음에 들어올 신호의 크기를 예측하여 실제 입력 신호로부터 빼줌으로써 오류 신호를 발생시켜 이 신호를 양자화하여 전송한다. 이 에러 신호의 진폭은 입력 음성신호의 진폭 보다 훨씬 작기 때문에 그 만큼 양자화 레벨 수도 줄어 들게 된다.

○ ADM방식

-DM부호기의 가장 적합한 형태의 압신 방법을 양자기의 스텝크기를 입력 신호에 따라 적응 시키는 것으로 고정 방식과 달리 경사 과부하를 검출하면 스텝 크기를 증가시키고 입력의 경사가 감소할 때는 스텝의 크기를 작게 하는 방식을 ADM이라한다. -ADM은 스텝 크기를 변하고 있는 입력 신호의 조건에 적응하도록 하여 제어하는 변형된 DM이다.

3. ADM방식의 동작원리

○ ADM 시스템의 동작원리도는 다음과 같다.

○ 프로세스에는 축적기가 있고 클럭 파형의 각 파형의 끝동에서 축적기를 증가 또는 감소시키는 스텝 S를 생성시킨다. ○ 스텝 S의 크기는 고정되지 않고 기본 스텝 S_0 의 배수로 작용한다. ○ S를 생성하는 알고리즘은 다음과 같다. K번째 클럭 파형의 끝동 응답에서 프로세스 (K-1)번째 클럭 파형의 끝동 부근의 응답에서 생성된 스텝의 크기와 같은 스텝 크기를 생성한다.

○ 이 스텝 크기는 $m_1(t)$ 를 $m(t)$ 로 접근하기 위해 필요한 만큼 축적기에 더하거나 빼다. ○ 그러나 클럭 파형의 끝동 K에서 스텝의 방향이 끝동지점 (K-1)에서와 같으면 프로세스는 스텝크기를 S_0 만큼 증가시킨다. 방향이 반대이면 프로세스는 스텝 크기를 S_0 만큼 감소시킨다. ○ 알고리즘 수행중 전체 스텝크기 $S=0$ 일 때 클럭 파형 끝동이 발생한 경우 다음 클럭 파형 끝동에서 다시 $m_1(t)$ 를 $m(t)$ 에 접근하는 방향으로 스텝크기는 S_0 가 된다. ○ 출력 $S_0(t)$ 를 $e(k)$ 라하고 $e(k)$ 는 오차, 즉 $m(t)$ 와 $m_1(t)$ 사이의 차이로 $V(H)$ 이거나 $V(L)$ 이다. 스텝크기가 결정되는 알고리즘을 설명하기 위한 정리

K번째 변두리점 바로전에 $m(t) > m_1(t)$ 이면, $e(k) = \pm 1$

K번째 변두리점 바로전에 $m(t) < m_1(t)$ 이면. $e(k) = -1$

4. 특징

○ 음성 전송에서는 경사 오차가 감소하므로 증가된 양자화 오차가 있어도 전체 적으로 성능이 향상 ○ 적응형 델타 변조기는 64Kbps의 PCM을 사용하여 얻어진 성능과 비슷하게 32Kbps의 비트율로 동작할 수 있다. 더욱이 ADM은 약간 성능이 저하되지만 16Kbps에서도 동작할 수 있다. ○ 스텝크기의 90% 이상이 2 So보다 작거나 같으며 15 So를 넘는 스텝확률은 약 1%이다.

○ 더욱이 신호가 복원될 때 경사 과부하 오차에 의해 유입된 주파수 성분은 낮은 주파수 범위에 있고 반면에 양자화 오차는 고 주파수 범위에 있다.
○ 저역 통과 필터를 통해 복원된 신호를 통과시키면 음성 신호를 크게 저하시키지 않고 고주파수 양자화 오차를 분별할 수 있다.

5. ADM의 압신 방법

○ 양자기의 압신 방법에 따라 다음 3 가지로 구분

-음절 압신 방법: 양자기의 스텝크기를 입력 신호의 진폭에 따라 서서히 변화시키는 방식
-순시적 압신 방법: 매 표본 시간 마다 순시적으로 압신시키는 방식
-혼합 압신 방법: 두 방식을 같이 사용

직교진폭변조(QAM).

1. 개 요

○ 직교진폭변조(QAM: Quadrature Amplitude Modulation)는 M진 PSK의 직교성 변조원리를 진폭변조까지 포함시킨 방식이다. ○ I채널과 Q채널을 독립되도록하면 직교진폭변조가 된다. ○ 각 채널에 두 개의 레벨(\pm)을 갖는

베이스밴드신호를 입력시킨 경우 4-QAM 은 4진 PSK와 같다. 이러한 QAM 을 QPSK라 한다.

○ QAM과 QPSK는 동일한 전력 밀도 스펙트럼과 오차 가능성을 갖는다.
○ 변조된 두 신호들이 Phase Quadrature에서 결합될 수 있다는 Quadrature Multiplexing의 원리를 이용하여 효율을 올리는 시스템이 QAM이다. ○ APK(Amplitude Phase Keying)는 반송파의 진폭과 위상이 베이스밴드 신호에 따라 디지털 변조 시스템에 사용되는 용어로 QAM은 APK의 한 형식이다.

○ QAM과 QPSK 사이의 차이는 QAM에서는 스펙트럼 모양에 대하여 저역 통과 필터를 사용하는 반면 QPSK들은 변조된 파형에 있어서 상수 포락선을 유지하기 위한 시도와 대역 통과 필터를 사용한다.

2. QAM의 특성

○ 완전히 독립된 2 개의 베이스밴드 신호 계열로 직교하는 2개의 반송파 (Cosine 파와 Sine파)를 각각 ASK변조한 것을 합성해서 동일한 통신로에 송출시키면 비트전송 속도를 1배로, 즉 스펙트럼 효율을 2배로 향상시킬 수 있는 변조 방식이 된다. ○ 일반적으로 $M(=L \times L)$ 진 QAM 신호파형은 $S(t) = U_i(t)\cos 2\pi f_c t - U_q(t)\sin 2\pi f_c t$ 여기서 $U_i(t)$, $U_q(t)$ 는 각각 데이터 계열에 의해서 정해지는 베이스밴드 신호 이다.

○ 위 식의 Cosine파 항을 동상 채널 또는 I채널(In Phase Channel), Sine파 항을 직교채널 또는 Q채널(Quadrature Channel)로 구분한다. ○ QAM 신호 공간은 위상 뿐만 아니라 진폭 방향에도 변조되고 있으므로 $U_i(t)$ 와 $U_q(t)$ 는 독립적이다. 따라서 PSK 보다 더 유효하게 신호점이 배치되고 있다. ○ $M=4$ 인 경우 QAM은 QPSK와 동일한 시스템이 된다. ○ $M>4$ 이면 QAM과 동일한 수의 신호점을 갖는 PSK의 오류 확률이 QAM의 오류 확률보다 크다.

○ QAM의 피변조파는 PSK의 피변조파와 달리 포락선이 일정하지 않으므로 증폭기의 포화점을 이용할 수 없다. ○ 2개의 직교성 DSB-SC 신호를 선형적으로 합성한 것으로 볼 수 있다. ○ QAM의 스펙트럼은 I와 Q 베이스밴

드 신호의 스펙트럼에 의해서 결정된다. ○ 그런데 QAM은 M진 PSK의 베이스밴드 신호와 동일한 기본 구상을 갖고 있으므로 QAM의 스펙트럼과 대역폭 효율은 QAM과 동일한 수의 신호 레벨을 갖는 PSK의 경우와 동일하다. ○ QAM의 소요 전송 대역 B_r 은 $2B$ 로서 DSB-SC의 경우와 동일하다. (여기서 B 는 베이스밴드의 대역폭이다)

3. QAM의 변복조 방식

○ 직직렬 변환기는 PSK의 경우처럼 $R/2$ 의 전송 속도를 갖는 2개의 비트 계열을 만들어 2개의 각 채널에 분배하는 회로이다. ○ 2-to-L($L=\sqrt{M}$) 레벨 변환기는 2개의 직교채널에 들어온 비트 계열을 L레벨 신호로 발생시키는 회로이다. ○ I와 Q채널에 90도의 위상차를 갖는 2개의 반송파를 곱하게 하는 곱셈기와 2 채널의 합성기는 M진 QAM 신호를 발생시킨다.

○ QAM 복조기는 PSK 복조기와 비슷하다. ○ 판정회로는 각 베이스밴드 신호를 복호화 하기 위하여 디지털 논리를 사용하여 L레벨 신호를 (L-1) 판별 임계값과 비교한다. ○ 최종적으로 합성기는 2개의 검파된 비트 계열을 병직렬 변환시킨다.

ADPCM(Adaptive Differential PCM).

○ 음성신호는 분산값과 자기 상관함수가 시간에 따라 천천히 변화하는 유사 스테이셔너리(Gaussi-Stationary)한 특징을 갖고 있다.

○ DPCM 유사 스테이셔너리한 입력 신호가 레벨을 일정한 간격으로 나눈 양자화기를 통과하면 양자화 잡음 g_n 은 시간에 따라 변하는 분산 특성을 지니게 될 것이다.

○ 이러한 분산 특성을 갖는 양자화 잡음은 적응 양자화기 (Adaptive Quantizer)를 통해 감소된다.

○ 적응 양자화기를 만드는 간단한 방법은 과거 신호의 샘플값들의 변화에 따라 스텝의 크기(Step Size)를 변화시킨 양자화기를 사용하는 것이다. $\Delta_{n+1} = \Delta_n \cdot M(n)$ $M(n)$: 샘플값 크기에 따라 스텝크기를 조정시키는 곱셈인자. Δ_n : X_n 을 양자화하는 각 스텝의 크기 ○ ADPCM 시스템은 음성 신호가 Feedback Path의 Predictor(예측기)에 의해서 예측되고 Quantizer(양자화

기)와 Predictor를 신호에 따라 Adaptive(적응)하게 함으로써 양자화 잡음을 최소화 할 수 있다. ○ ADPCM에서 Quantizer와 Predictor가 반드시 둘 다 Adaptive가 될 필요는 없고 둘 중 하나는 고정될 필요가 있다.

○ ADPCM의 전송 속도는 32Kbps 정도이나 24Kbps까지 전송도 가능하다.

○ ADPCM의 특징 -음성신호의 특징을 이용하여 과거 신호에 의한 예측값과 샘플링 값의 차이를 코딩 -Quantizer와 Predictor를 적응(Adaptive)시키므로서 양자화 잡음을 줄일 수 있다. -PCM과 동일 이상의 음질을 유지하면서도 전송속도를 32K, 24K로 줄일 수 있다.

디지털 변조에 대해 설명하고 디지털 통신 시스템 설계 목표.

1. 개요

○ 디지털 전송은 1937년 PCM 변조 방식의 결과이다. ○ 반도체 기술의 발전과 컴퓨터의 정보처리 기능을 통신시스템과 연결하므로 정보의 디지털 전송은 매우 필연적이다. ○ 특히 교환기, PCM 전송시스템, 광 전송시스템, 위성통신등이 디지털화된 각종 정보 시스템을 종합화한 종합정보통신망으로 발전되고 있다.

○ 디지털 변조는 데이터 비트 값에 따라 반송파의 진폭, 위상, 주파수 중 어느 것을 변화시키는 경우와 진폭과 위상을 동시에 변화시키는 것등이 있다. ○ 데이터 비트 1에 대응해 2개의 이산적인 상태를 사용하는 2진변조와 많은 비트를 한번에 전송하기 위해 많은 이산적인 상태를 사용하는 다원 변조 방식이 있다.

2. 변조 방식

○ 2진수를 직접변조하는 방식은 정보 내용을 K비트의 블록으로 나누어 전송한다. ○ 블록당 K비트로 할 때 2의K승= M의 경우가 발생하므로 M개의 파형으로 변조하여 전송한다.

○ ASK(Amplitude Shift Keying: 진폭편이 변조) -M개의 파형의 크기를 다르게 한 방식, 즉, 진폭이 0인 차단상태(무전류)와 정해진 진폭값의 개방

상태(유전류) 사이에서 전송이 이루어지는 체계.

○ FSK(Frequency Shift Keying: 주파수 편이변조) -M개의 파형의 주파수를 다르게 한 방식. 즉, 반송파의 2개의 정해진 주파수에 의해 2진화 되는 방식. ○ PSK(Phase Shift Keying: 위상 편이변조) -M개의 파형의 위상을 다르게 한 방식, 즉, 반송파의 위상이 0도인가 180도 인가에 따라 2진화 되는 방식

3. 디지털 통신시스템의 설계 목표

○ 최대의 데이터 전송율 ○ 최소의 심볼 에러 ○ 최소의 전송 전력 ○ 최소의 채널 대역폭 ○ 방해 신호에 대한 최대 방지 ○ 회로 구성의 단순화