

FM STEREO 放送을 위한 PCM 中繼回線

김 종 일, 송 제 국
한국방송공사 기술연구소

PCM Transmission for FM Stereo Broadcasting

J. I. Kim, J. K. Song
KBS Research laboratory

(ABSTRACT)

In this paper, for the improving sound quality of FM stereo broadcasting, PCM transmission line and the configuration of digital radio equipment are described.

고품질 FM stereo 방송을 위한 음원 합성 및 stereo 소문신 중계선의 시야박가 요구되고 있지만 종래의 analog 중계회선으로는 과다 중계시 잡음의 누적으로 인하여 신호 대 잡음 용해비(S/N)의 개선이 한계가 있으므로 PCM 방식에 의한 새로운 중계회선의 개발이 필요하게 되었다.

PCM 방식은 digital 전송방식은 analog 전송방식과는 달리 재합성비가 가능하므로 pulse 부호로 변환된 음성신호는 전송로 상에서 발생하는 잡음이 어떠한 형태로든 정형된 pulse 부호로 의 파악이 가능하면 전송품질의 열화는 일어나지 않는다.

따라서 digital 전송방식에서는 S/N 비 대신 몇몇 차음의 발생확률 즉 오류률(BER: Bit Error Ratio)이 여러 전송품질이 결정되며, 또한 stereo 신호 특성을 결정하는 과우채널 간의 level 차, 위상차, 수직응답 슬리프 무시되는 것과 대응이 포본화수다수, 부호화 bit 수, error correction 등의 적절한 선점으로 종래의 analog 전송방식에서는 실현이 곤란한 고품질 stereo 전송을 가능케 한다.

KBS에서는 1983년부터 PCM 방식에 의한 FM stereo의 음성서 방송을 실시하여 왔으며 최근에는 FM stereo 용 S-T 링크(연주소-송신소) 및 현상중계등에 있어서도 stereo program을 PCM 방식으로 전송하기 위한 그와같은 digital 부호화회선 개발을 위한 그림 1과 같이 보다 완벽한 FM stereo 회선장치를 설계할 것이다.

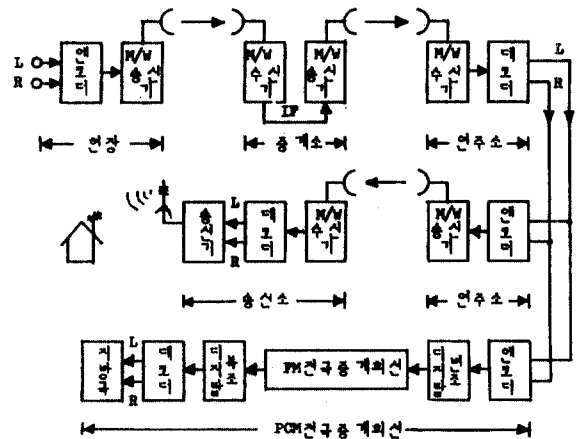


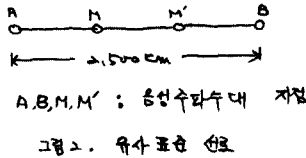
그림 1. 여주-영서 지역용 PCM 전송용 회선장도

1. PCM 방식의 특성

고품질 stereo 회선에 대한 규정은 1992년 CCITT 권고 J.21에 의해 표준화되어 있으므로 stereo 방송프로그램을 전송하기 위한 중계회선도 이에 순응하여야 하겠으며 특히 표준화 규정에서는 그림 1에서 보듯이 채널 간격이 250kHz를 갖는 동일한 회선으로 구성하고 싶은 경우가 많은데 이 대한 공람특성으로 규정되고 있으므로 1구간의 회선에 대해서는 표준보다 좋은 품질이 요구된다는 점을 고려하여야 한다.

항목	규격
Normal Bandwidth	40-15,000Hz
Frequency Response	
Group Delay Distortion	40Hz: 55ms 이하 75Hz: 24ms 이하 14KHz: 8ms 이하 15KHz: 12ms 이하
장입감가 감소	-47dBm Op 이하
Total Harmonic Distortion(+9dBm)	40-125Hz: 1% 이하 125-7,500Hz: 0.5% 이하
과주 제변간의 왜곡차	
과주 제변간의 위상차	
과주 제변간의 수차	50dB 이하

표 1. 스테레오 회선의 규격 (CCITT Rec. J.2)



PCM 전송이 되어야 품질을 결정하는 중요한 parameter는 음성신호를 pulse 형태로 변환하기 위한 표본화주파수와 부호화 비트 수이다.

표본화 주파수는 표본화 정미이치에 관계해서는 음성신호의 최고주파수의 2배 이상이 되어야 하므로 대역 40Hz ~ 15KHz를 갖는 음성신호를 표본화하기 위한 표본화 주파수는 30kHz 이상이 되어야 한다

부호화 비트 수는 음성신호의 최대 level에 대한 양과와 감응비 $[S/O \approx 6N + 1.0 \text{ (dB)}]$, 여기서 N: 부호화 비트 수) 과 표 1의 변환량규격이 의해 정해진다.

표 1의 감응규격 -47dBm Op 은 회선의 임계저 지점 A, B에서 1kHz test tone이 0dBm 일때의 감응의 level로 정의되고 있으며

여기서 이 감응를 white noise로 하고 가정하면 노이즈의 경우 1회선이 비켜 30dB의 level로 간주되므로 1회선 감응은 4.0dB 저차된 -51.0dBm 이하이다.

연선 이온은 수직선에 감도 특성이 낮은 일종의 filter 특성을 갖는 방사회로를 사용하여 측정한다. 이므로 실제 전송회선 이상 이상으로도 약 0.3dB 정도 저차되어 결국 -61.1dB 로 된다

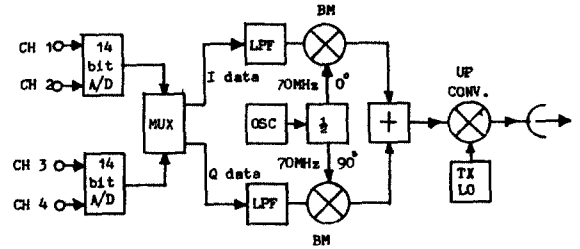
그런데 이온은 전송방위와 전송으로 양분되어이므로 결국 전송방위 여하는 -63.1dBm 이하로 한다

제한 음성신호 최대 peak 값에 대해서는 PCM 전송방위의 경우 이득 규정되어 있기 때문에 음다 Radio 방송 장비에 사용 되는 10kHz 대역 회선에서는 $+9\text{dBm}$ 으로 규정하고 있으나 PCM 전송방위 여하는 부호화 비트 수로 level은 감응의 제한하고 있으므로 이보다 3dB 여유로 주어 $+12\text{dBm}$ (음성신호의 평균 level은 -10dBm 이므로 $>>\text{dB}$ 의 peak margin이 있음) 으로 설정하고 있음

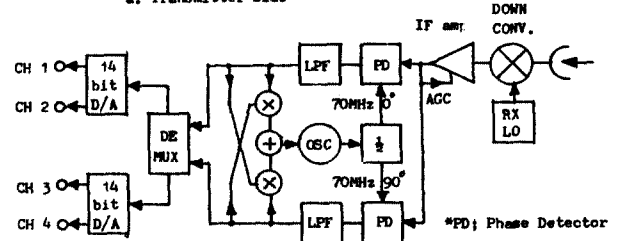
결국 S/O 비는 75.1dB 이하로 되어야 부호화 비트 수는 보상이야지 13 bit 이상이 된다

2. FM stereo용 digital 우선송수신 장치개요

연주소 - 음성신호 및 편광 - 편주소 신호의 FM stereo 방송 프로그램은 PCM 방식으로 전송하기 위한 digital 우선송수신 장치는 대략 그림 3과 같이 구성되며 signal processing은 다음과 같다.



a. Transmitter side



b. Receiver side

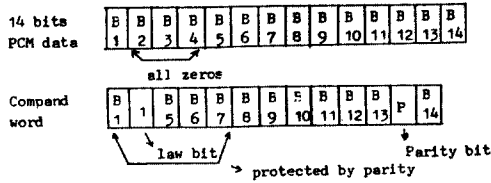
그림 3. 2GHz대 digital 우선 송수신장치 개략도

가. 음성신호처리

15kHz로 대역제한된 4채널 analog 음성신호는 34.42kHz로 표본화한후 14bit A/D 변환기이치에 PCM data로 변환한다. 변환된 14bit PCM data는 전송 비트 rate를 줄이기 위해 그림 4와 같이 순시압축 (instantaneous companding) 방식으로 bit reduction을 행하여 추가로 companding 방식을 알려주는 low bit 및 bit error를 검출하기 위한 parity 비트를 삽입하여 최종적으로 13bit PCM data length를 갖는 전송용 bit rate는 1.79 Mb/s (4채널 x 34.42kHz x 13bit) 이 된다.

수신에서는 반대로 expansion을 행하여 14bit PCM data를

(1) Low level



(2) High level

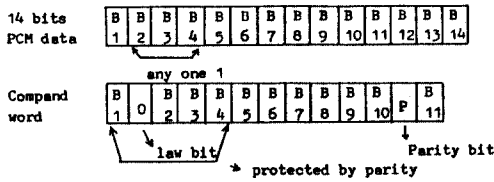


그림 4 instantaneous companding.

재인코더의 law bit가 "0" 인 경우에는 3개의 LSB를 "000"로 인코딩하여 14bit data를 만들고 law bit가 "1" 인 경우에는 마지막 3개의 LSB를 "000" ~ "111"의 중간 값인 "1.0.0"으로 인코딩하여 14bit로 만든다. 이때 1차원 값이 위해 발생하는 error는 $\frac{1}{2^4} = 0.02\%$ 이므로 무시할 수 있다.

또 parity bit에 의해 protection 되어진 경우 어떠한 worst case error는 다음과 같다.

a) low level 인 경우

sign bit, law bit, B5, B6, B7 이 parity bit에 의해 protection 되고 최대 peak-to-peak 양의 신호에 대한 worst case error는

$$\frac{1}{2} \left(\frac{2^0}{2^4} \right) \times 100\% = 0.39\%$$

예비 손은 sign bit가 parity bit에 의해 protection 되어진 경우이다.

b) high level 인 경우

$$\frac{1}{2} \left(\frac{2^0}{2^4} \right) \times 100\% = 3.1\%$$

또 system의 송신 동기를 위한 제어 신호는 robbed digit frame 방식으로 매 36차 frame (1 frame = 4 pcm word 대 4개의 LSB를 차지하고 대신, $= 4 \times 13 \text{ bit}$) 혹은 1872 bit time 마다 956Hz rate를 갖는 동기 pattern 1, 0, 1, 0, ... 을 삽입시켜 송출하며 수신측에서는 수신된 digital data stream으로부터 동기 pattern을 검출하여 송신 채널 동기화 이룬다.

4. QPSK MODEM

양방향 1.92kb/s data stream은 956 K/s rate를 갖는 2개의 data stream (각각 I, Q data 라 한다)으로 구분하여 이 I, Q data의 '1', '0'의 상태에 따라 90° 위상차를 갖는 2개의 70MHz IF 신호를 각각 0°, 180° 및 90°, 270°로 4점 1차원 변조시켜 송출하며 수신측에서는 coherent detection 방식에 의해 변조된 IF 신호로부터 원래의 I, Q data를 재구성한다.

4. up / down converter

QPSK 방식으로 변조된 70MHz IF 신호는 2GHz L.O와 혼합하여 RF 송신주파수로 up conversion 되어 송출하며 수신측에서는 Band pass filter에 의해 원하는 신호 성분은 선택한 후 수신 L.O와 혼합하여 70MHz IF 신호로 down conversion시켜 QPSK 복조단으로 보낸다.

이상이외 알려진 PCM 방식이외의 FM stereo 전송 중계 최선설계에 부합하여 KBS에서는 ST링크를 최상급으로 위한 PCM 무선중계 장치의 개발에 착수하며 최근 장비 개발이 최후에 이루어진 관계로 현재로서는 선형일시 최선품질 및 신뢰성 개선 등 관련 중점시점은 행하고 있으며 아울러 이 과정에서 발생되는 제반 문제점은 점차 수평 보완하여 실현력 향상 보다 완벽한 system을 구성하여 고출력 중계 확장에 의한 양질의 음을 집회자에게 service 하고자 한다.