

HDTV 전송 방식 (위성, 지상, B-ISDN 전송을 중심으로)

張 淳 華, 高 鍾 錫, 李 尙 勳

韓國通信 研究開發團

I. 서 론

1929년 영국 BBC 방송사에 의해 최초로 실험 전송된 TV(television)는 1953년 미국에서 컬러 TV 방송이 시작되었고 그로부터 40여년이 지난 지금 이를 한차원 넘어서는 고선명 TV(high definition TV, HDTV)로 전환되는 단계에 있다. 높은 해상도(resolution)와 넓은 종횡비(wide aspect ratio) 그리고 디지털 방식에 의한 우수한 오디오 품질등으로 요약될 수 있는 HDTV는 1965년 NHK에 의해 연구 개발이 시작된 이래 현재 일본에서는 하루 8시간 썩의 시험 방송을, 유럽에서는 실험 방송을 마친 상태이며 미국에서는 FCC를 중심으로 1993년에 표준방식을 제정하기 위해 노력중이다. 한편 우리나라에서는 뒤늦게 이에 대한 중요성을 깨닫고 방송사, 산업체, 통신사업자, 국책연구소 및 학계등을 중심으로 광범위하게 연구가 진행중이다.

HDTV는 디지털 신호 처리 기술, 영상 압축 기술, 전송 기술, 디스플레이 및 카메라 기술, 반도체 기술, 통신 기술등 전자 산업 전반에 걸친 고도의 기술력을 필요로 함과 동시에 향후 경제, 산업, 사회 문화적 파급 효과가 막대한 분야 중의 하나이다. 특히 전송 방식은 한번 정립되면 오랜동안 변경되기 어렵고 기존 전송 매체와의 관계 정립등의 정책적인 측면까지 고려되어야 하므로 기술적인 타당성과 함께 신중하게 결정되어야 한다.

현재 HDTV 전송에 관한 국제 단일 표준화 노력은 CCIR, CCITT 및 CMTT 등의 국제 표준화 기구들을 중심으로 활발히 진행되고 있지만 근본적인 부분(스튜디오 규격)조차 국가간의 이해 관계로 인해 단일 표준화가 되지 않고 있어 일부 매체를 제외하고는 현재로서

는 불투명한 상태이다.

HDTV의 전송 매체는 크게 위성 전송, 지상 안테나를 통한 전송(지상 방송), 유선 전송 그리고 저장 매체를 통한 전송등을 들 수 있다. 또한 전송 방법은 크게 아날로그 방식과 디지털 방식이 있다. 본고에서는 그 중 위성, 지상 및 유선 전송 방식에 대해 디지털 방식을 중심으로 개괄적으로 살펴 보기로 한다(여기서 방송은 동일한 프로그램을 다수에게 단일 방향으로 전송함을 의미).

II. 위성 전송 방식

그림 1은 HDTV의 위성 전송 중계망의 다양한 구성을 나타내고 있다. 이와 같이 궤도상의 위성과 지상 안테나를 이용하는 위성 전송의 장점은 전송 비용이 거리와 지형에 관계없다는 점과 광범위한 영역으로 동시에 전송이 가능한 점, 회선 설정이 유연하고 초고주파대의 사용으로 대역폭이 비교적 넓다는 점등이 있다. 반면에 전송 지연 시간이 비교적 길고(0.2-0.3초) 기상의 영향을 받는다는 단점이 있다. 비디오 프로그램의 위성 전송은 국가 혹은 방송국간의 프로그램 전송이나 중계차 등을 통한 뉴스의 수집(SNG:satellite news gathering), CATV 프로그램 분배등과 직접 방송 위성(DBS:direct broadcasting satellite)을 통한 방송 서비스등이 있으며 응용 서비스로서 영상 회의나 정지 영상 분배 서비스등을 들 수 있다. 고정 위성에 의한 직접 방송은 1984년 일본에 의해 처음 시작되었으며 현재 유럽과 북미 대부분의 나라에서 실시하고 있다.

HDTV인 경우 미국과 같이 지역방송이 주류를 이루

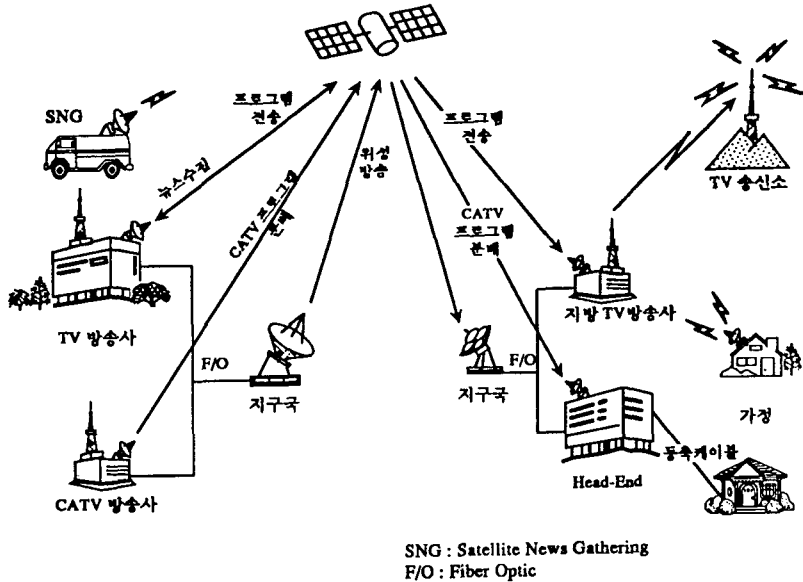


그림 1. 위성을 통한 HDTV 중계망 구성

는 나라를 제외하고는 전국적인 HDTV 방송의 초기 수단으로서 위성에 의한 직접방송을 시행하거나 고려하고 있다. 일본에서는 이미 하루 8시간의 MUSE 방식에 의한 위성 방송이 실시되고 있고 유럽에서도 HD-MAC 시스템의 위성 실험 방송을 실시하고 있는 중이다. 현재 12GHz대의 Ku밴드에서 방송용으로 채널당 27MHz(북미는 24MHz)가 할당되어 있으며 20GHz대의 Ka밴드에서의 전송 기술도 개발되고 있다. 위성 전송에 관한 국제적인 규약은 WARC(World Administrative Radio Conference)에서 제정되어 왔으며 CCIR의 연구그룹 X과 XI에서는 위성 방송에 대한 광범위한 검토가 진행중이다. 1988년 HDTV의 위성 방송에 관해 WARC-ORB 88에 제시된 CCIR의 연구 진행 방향은 다음과 같이 요약될 수 있다¹¹⁾.

- 위성 전송 시스템은 화질, 수신 장치의 복잡도, 전체 대역폭, 제공 가능한 프로그램의 수 등에 관계가 있으며 선택 가능한 방식에 대한 장단점의 비교 검토가 이루어져야 한다.

- 아날로그와 디지털 전송 모두 수용 가능하다.

- 모든 시스템은 어떤 형태로든 대역폭 감축이 이루어져야 하며 특히 협대역 RF(radio frequency) 밴드(24-27MHz)에서는 상대적으로 높은 감축율을 필요로 한다.

- 광대역 RF 밴드 시스템은 50~120MHz 정도가 될 것이다. 그러나 12GHz 밴드에서 몇 개의 협대역 밴드를 더하여 하나의 광대역 밴드를 구성하지는 않을 것이다.

- 위성을 통한 HDTV 방송은 스튜디오 화질에 가능한 한 근접한 화질을 제공하도록 해야 한다.

한편 CMTT에서는 SNG에 대한 국제 표준화가 진행되고 있으며, INTELSAT등의 상업용 위성을 통한 프로그램 전송 및 20GHz대의 광대역 RF 밴드에서의 위성 전송 시스템등에 대해서도 연구가 진행되고 있다.

1. 위성 전송 시스템 구조

위성 전송 시스템은 크게 지상 송수신부와 위성체 부분으로 나눌 수 있다. 지상 송신부는 입력 신호의 다중화와 버퍼로 구성된 접속부와 변조기, 중간 주파수 대역 신호를 위성으로의 송출 주파수로 변환하는 주파수 상향 변환기와 고출력 증폭기, 안테나 등으로 구성된다. 디지털 전송인 경우 디지털 변조 이전에 에러 정정 부호를 포함한 채널 부호화를 한다. 수신 장치는 위의 역과정으로 이루어진다.

위성체 부분에서는 수신 안테나에 도착된 신호를 저잡음 증폭기와 필터를 거쳐 주파수를 지상 방출 대역으로 변환한 후 고출력 증폭기와 안테나를 거쳐 지상으로

방출된다. 직접 위성 방송인 경우 수신자는 직경 90cm 이하의 소형 파라볼라 안테나를 사용하므로 위성체의 출력은 200W 전후의 고출력이 되어야 한다. 그러나 최근에는 수신 기술의 발전으로 100W정도의 중출력으로도 직접 위성 방송을 할 수 있는 단계에 있다. 그림 2는 위성 전송 시스템의 구성도를 나타내었다.

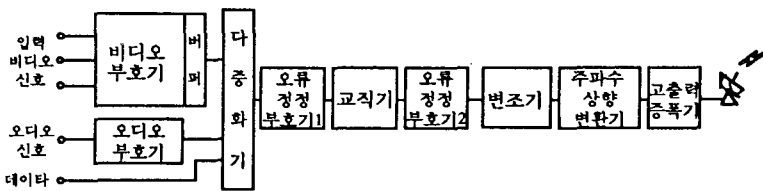
2. 전송방식

위성 전송 방식 역시 아날로그와 디지털로 나누어질 수 있다. 현재 방송중이거나 실험 방송중인 MUSE나 HD-MAC 시스템은 HDTV 신호를 8-10MHz의 대역으로 압축한 후 주파수 변조를 통하여 전송된다. 주파수 변조는 비교적 넓은 주파수 대역(기저 대역의 약 3배)을 차지하는 단점이 있지만 저전력과 높은 신호 대 잡음 비를 확보할 수 있으며 위성체 핵심 부분인 TWTA(travelling wave tube amplifier)의 비선형 특성의 영향을 덜 받는다는 장점이 있다. 그러나 유럽에서와 같이 D-MAC → D2-MAC → HD-MAC으로 이어지는 기존 위성 수신 TV와의 호환성 문제만 없다면 차후에는 디지털 방식이 더 선호될 것으로 예상된다.

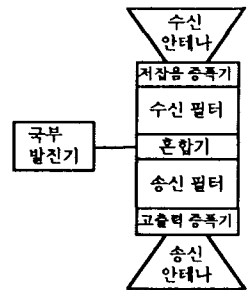
디지털 전송시의 최종적인 수신 화질은 대역 압축 방식과 충분한 대역폭을 확보하여 지속적인 서비스의 질을 보장하기 위한 변조 기술 및 채널 부호화 기술 사이의 절충으로 부터 얻어진다. 특히 방송에서와 같이 대역폭이 제한되어 있는 경우 이에 대한 충분한 검토가 이

루어져야 한다. 현재 스튜디오 화질에 필요한 데이터량은 1-1.5Gbit/s인데 반해 압축율은 비교적 복잡한 방법을 이용해도 약 50:1 전후에서 한계를 보인다. 이 경우 전송율은 20-30Mbit/s 정도가 되는데 비록 미국에서 제안된 지상 전송 방식에서는 15-20Mbit/s로 전송하고 있지만 그것은 6MHz의 매우 제한된 대역폭에서의 전송을 위한 것이다. 따라서 위성 방송에서 복호기의 복잡도를 줄이고 충분한 화질을 확보하기 위해서는 20-40Mbit/s 사이에서 가능한 한 높은 전송율을 확보하는 것이 바람직하다. 이를 위해서는 대역폭 효율(bandwidth efficiency)이 높은 변조 방식을 사용해야 하는데 이것은 일반적으로 높은 C/N(carrier to noise ratio)을 요구하며 따라서 위성체의 TWTA의 고출력을 필요로 하게 된다. 현재 1-2bit/Hz의 대역폭 효율을 얻기 위해 BPSK, QPSK 혹은 OQPSK(offset QPSK) 등이 사용될 수 있으며 최대 3bit/Hz의 대역폭 효율을 얻기 위해서는 8-PSK등이 사용되어야 한다. 이보다 더 높은 16-QAM이나 16-PSK등의 고효율 변조 방법은 상대적으로 높은 C/N을 요구하며 비선형 일그러짐이나 잡음, 간섭등에 상당히 민감한 것으로 알려져 있다.

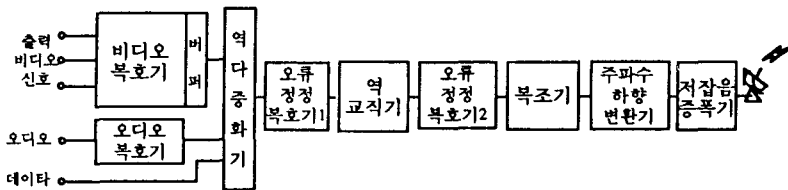
디지털로 변조한 후 잡음이 있는 채널로 전송하면 필연적으로 전송 에러가 발생한다. 비트 에러율(bit error rate, BER)과 이로 인한 화질 저하의 정도는 대역 압축 방법이 복잡해질 수록 심해지는 경향이 있



(a) 송신기



(b) 위성체



(c) 수신기

그림 2. 위성 전송 시스템의 구성

다. 따라서 대역 압축 방법이 정해지면 필요한 화질을 유지하기 위한 BER의 최대값이 결정되는데 이를 확보하기 위해서 혹은 이에 필요한 C/N 임계치를 낮추기 위해 에러 정정 부호(FEC: forward error correction code)의 사용이 필수적이다.

표 1은 27MHz 대역폭의 DBS 채널에서 변조 기술과 에러 정정 부호화 방법에 따른 전송율과 C/N 임계치의 예를 보여준다. 부호화 방법으로는 길쌈 부호(convolutional code) 혹은 쇄상 부호(concatenated code)를 주로 사용한다. 쇄상 부호의 안쪽 부호(inner code)는 길쌈 부호 혹은 BCH 부호 등이 주로 사용되며 바깥쪽 부호(outer code)로는 군집 에러(burst error)에 강한 RS(Reed Solomon) 부호가 사용된다. 길쌈 부호로는 복잡도를 고려할 때 부호화율이 1/2-3/4인 부호를 사용하며 변조와 결합된 TCM(trellis coded modulation)이 사용될 수도 있다. 따라서 에러 정정을 위한 부가 데이터량은 25-50%가 된다. 바깥쪽 부호에 사용되는 RS부호의 부가 데이터량은 전체 데이터량의 10-20% 정도가 되므로 에러 정정을 위한 데이터량은 전체의 30-60%까지 차지하게 된다.

표 1. 변조 방법과 에러 정정 부호에 따른 전송율 및 C/N

	Source rate(Mb/s)	FEC1	FEC2	E_b/N_b (BER= 10^{-6})	Total Trans. rate	C/N (BER= 10^{-6})
QPSK	21.1	RS(255,239)	CC(1/2)	4.2dB	45.0Mb/s	6.4 dB
QPSK	31.6	RS(255,239)	CC(3/4)	5.7dB	45.0Mb/s	7.9 dB
QPSK	45.0	none	none	12.6dB	45.0Mb/s	14.8 dB
8-PSK	42.2	RS(255,239)	TCM(2/3)	7.5 dB	67.5Mb/s	11.5 dB

RS : Reed-Solomon code
CC : Convolutional Code
TCM : Trellis Coded Modulation

BER : Bit Error Ratio
C/N : Carrier to Noise ratio

위성을 이용하여 스튜디오 화질에 근접하는 화질로 프로그램을 전송하기 위해서는 최소한 100Mbit/s 이상의 전송율을 확보해야 한다. INTELSAT 등의 상업 위성에서 제공하는 72MHz의 전송 대역폭에서 QPSK 혹은 COPSK(coded-octal PSK)와 RS 에러 정정 부호를 사용하여 120-140 Mbit/s의 전송이 가능하며, 부호화 방법으로는 화소 단위의 DPCM이나 변환 부호화등이 사용될 수 있다^[2]. 또한 20GHz대의 광대역 RF 밴드에는 기 사용중인 채널이 별로 없고 비교적 넓은 대역폭의 할당이 가능하므로 100Mbit/s 전후의 고화질 전송이 가능할 것으로 예상된다^[3].

한편 SNG는 뉴스정보의 빠른 수집과 방송을 위해 필수적이다. 뉴스정보의 국제간 교류가 빈번해짐에 따라 CMTT에서는 그 표준화에 대해 연구하고 있다. SNG의 정의는 운반 가능한(portable or transportable) 위성으로의 송출기를 이용하여 비디오 뉴스를 수집 전송하는 것을 말하며, SNG 장비는 2 사람정도가 1시간 이내에 위성 송출 준비를 할 수 있어야 한다고 되어 있다. 또한 송출내용의 감시를 위하여 수신 기능도 함께 갖추어야 한다. 대개 SNG는 급작스럽게 발생하여 짧은 시간 동안만 지속되는 특성이 있다. 따라서 특히 국가간의 정보 전송을 위하여 이에 대비한 위성 전송 체계가 갖추어져야 한다. CMTT에서는 SNG 장비의 송출 채널(up-link)과 수신 채널(down-link)에 관련된 항목 뿐만 아니라 빠른 시간내에 위성 사용권을 얻기 위한 과정 및 기관간의 연락 방법등에 대해서도 연구중이다.

III. 지상 전송 방식

일본이나 유럽이 HDTV의 방송을 위해 DBS 위성을 이용한 것에 비해 지역 방송이 많은 미국에서는 지상 안테나를 통한 HDTV 전송 기술에 치중하게 되었다. HDTV의 방송이 시작되어도 기존 TV의 채널 구조는 변경이 어려우며 따라서 초기에는 6+6 MHz 혹은 6+3 MHz 형식의 부가채널을 사용하는 아날로그 방식이 주로 제안되었다. 그러나 1990년 FCC가 부가 채널의 사용을 배제한다는 방침을 세움에 따라 6MHz 단일 채널 전송을 할 수 밖에 없었고 같은해 GI(General Instrument)에서 DigiCipher라는 전 디지털 방식을 제안하면서 미국의 HDTV 지상 방송은 거의 디지털 방식으로 선회 제안되었다. 현재 FCC에 제안된 6개의 방식중 4방식이 디지털 압축 및 전송을 기본으로 하고 있으며 나머지 두 방식중 하나는 EDTV(extended definition TV)이며 하나는 일본에서 제안한 narrow-MUSE이다. 그러나 30~50MHz의 대역폭의 HDTV 신호를 충분한 화질을 유지하고 6MHz 채널을 통하여 디지털로 전송하기 위해서는 고도의 변복조 및 전송 기술을 필요로 한다. 본 절에서는 이들 중 핵심 기술인 변조 기술과 에러 정정 부호화 기술 그리고 NTSC와의 간섭 및 채널할당 문제등을 개괄적으로 알아본다.

1. 지상전송 시스템 구조

그림 3은 디지털 방식의 지상 전송 시스템 구조를 나

표 2. 미국 ATV 제안 방식들의 지상 전송 파라미터

Proponents Parameter	DigiCipher	DSC-HDTV	ADTV	ATVA-P
Video Data Rate	12.59 Mbits/s(16QAM) 17.49 Mbits/s(32QAM)	8.6 to 17.1 Mbits/s	14.98 Mbits/s	15.636 Mbits
Audio Data Rate	0.503 Mbits/s	0.5 Mbits/s	0.512 Mbit/s	0.5 Mbits/s
Control Data	126 kbits/s	40 kbits/s	256 kbits/s	126 kbits/s
Sync	N/A	292 to 544 kbits/s	N/A	N/A
Total Data	19.51 Mbits/s(16QAM) 24.39 Mbits/s(32 QAM)	11.1 to 21.0 Mbits/s	17.73 Mbits/s	19.43 Mbits/s
Error Correction Overhead	6.17 Mbits/s	1.3 to 2.4 Mbits/s	4.96 Mbits/s	3.042 Mbits/s
3 dB Modulation	4.88 MHz	5.38 MHz	5.2 MHz	4.86 MHz
C/N Threshold	12.5 dB(16 QAM) 16.5 dB(32QAM)	16 dB(4-VSB) 10 dB(2-VSB)	16 dB	19 dB
Channel Equalization (Ghost Cancelling)	-2 to +24 μ s (multiple ghosts)	-2 to +24 μ s (multiple ghosts)	16 μ s(may be extended to 40 μ s)	2 μ s(complex multipath) 32 μ s(single long multipath)

타낸다. 부호화기를 거친 데이터는 오디오, 보조 데이터와 함께 다중화 된 후 적절한 형태의 전송 프레임으로 구성된다. 보통 수백 바이트 단위로 이루어진 전송 프레임은 RS부호와 교직기(interleaver)를 이용하여 에러 정정 부호화 한 후 변조기로 입력된다. 변조기에서는 TCM에 의해 추가적으로 에러 정정 부호가 적용될 수도 있으며 기존 TV 신호와의 간섭을 피하기 위한 스펙트럼 형상화(shaping)가 이루어진 후 VHF 혹은 UHF 채널로 방출된다. 수신단에서는 튜너를 거친 후 $-2\sim 20\mu$ s 정도의 범위를 갖는 채널 등화기(equalizer)를 거쳐 송신단의 역과정으로 복호화된다.

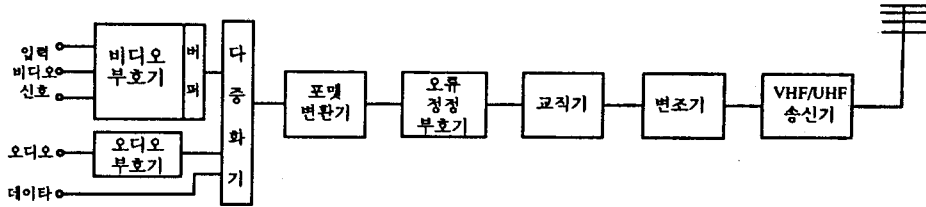
2. 변조기술

현재 주로 사용되는 MC(motion compensation)와 DCT(discrete cosine transform)를 이용한 복합 부호화 방식을 사용하여 분배 화질을 유지하면서 얻을 수 있는 압축율은 50:1 정도가 최대로서 HDTV 인 경우 약 15~20Mbit/s가 영상데이터에 할당되어야 하며 여기에 4채널의 오디오와 데이터를 추가하고 10~20%의 에러 정정 부호를 추가하면 20~25Mbit/s의 전송율이 확보되어야 한다. 변조 방법으로 DSB(double side band) 변조를 할 경우 기저 대역폭(base bandwidth)은

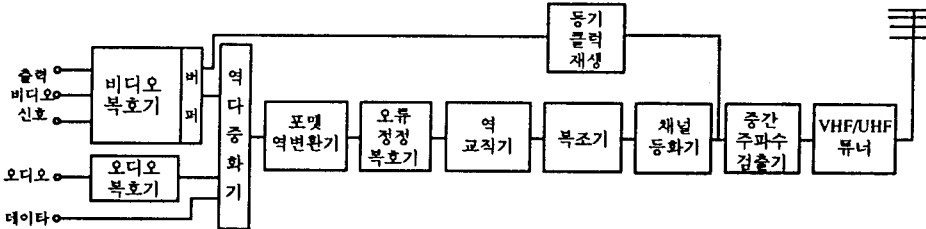
3MHz가 되며 Nyquist 대역폭(2 symbol/Hz)에서 심볼율(symbol rate)은 6 Msymbol/sec가 된다. 따라서 20Mbit/s 이상의 전송율을 확보하려면 스펙트럼상의 여분을 고려하여 심볼당 4bit(16 level) 이상이 할당되어야 하며 대표적인 변조방법이 16-QAM이다. 미국의 4개의 전디지탈 제안 방식중 3방식이 16-QAM을 이용하며 그중 일부는 32-QAM과 절충하여 사용되기도 한다. 한편 VSB(vestigial side band)를 이용할 경우 기저 대역폭으로 약 5MHz를 확보할 수 있으므로 심볼당 2bit(4-level)를 할당하여 20Mbit/s 전후의 전송율을 확보할 수 있다. DSC-HDTV 시스템은 데이터의 중요도에 따라 2-VSB와 4-VSB를 절충하여 사용한다. 2-VSB나 16-QAM은 4-VSB나 32-QAM에 비해 약 4~7 dB 정도 낮은 C/N에서 전송될 수 있으며 반면에 4-VSB나 32-QAM은 비교적 높은 전송율을 확보할 수 있다. 눈에 거슬리는 에러에 대한 C/N 임계치는 16-QAM 이나 2-VSB의 경우 10~12dB 이고 32-QAM 이나 4-VSB인 경우 16dB 전후가 된다^[4].

3. 에러 정정 부호화기술

지상 전송 방식도 위성전송과 마찬가지로 전송 에러에 대한 대응책으로 에러 정정 부호를 사용한다. 지상



(a) 송신단



(b) 수신단

그림 3. 지상 시스템의 구성

전송은 특성상 군집 에러(burst error)가 발생할 확률이 높으므로 군집 에러 정정 능력이 강한 RS 부호를 교직기와 함께 사용한다. (n, k) RS 부호 (n 는 에러 정정 후의 데이터 세그먼트의 길이, k 는 에러 정정 이전의 길이)는 $(n-k)/2$ 심볼까지 에러를 정정 할 수 있는데 보통 수백 바이트(표 1 참조)로 구성된 데이터 프레임에 15~20%의 에러 정정 부호가 추가된다. 또한 변조방법으로 QAM을 이용하는 경우 더욱 강력한 에러 정정을 위해 TCM이 이용되기도 한다.^[5]

4. 채널 할당 및 간섭(Interference) 대책

지상 전송시의 또 하나의 문제점은 HDTV를 위한 추가 채널 확보 문제와 기존 TV 신호와의 간섭 문제이다. 1950년 FCC는 NTSC 방식의 송수신에 있어서 채널들 사이의 간섭에 의한 수신 장애를 막기 위해 taboo라는 제한 규정을 두었다. 수신시의 간섭에는 입력 신호들의 합과 차에서 발생하는 주파수 성분의 간섭, 타 채널 변조 신호의 간섭, 수신시 국부 발진기로부터 수신안테나를 통해 출력되는 간섭등이 있으며 taboo에서는 이를 막기 위해 해당 채널을 사용하는 방송국들 사이의 최소한의 거리를 규정해 놓았다. 그러나 HDTV와 기존 TV의 동시방송(simulcasting)을 위해서 FCC는 HDTV에 할당될 VHF/UHF 채널은 기존 TV 채널과 작

(pair)을 이루어 배정하는 것을 원칙으로 하였으며 이를 달성하기 위해 taboo 채널의 사용도 배제하지 않고 있다. 일반적으로 디지털 부호화 및 변조를 거친 후의 스펙트럼은 대역 통과된 백색 잡음과 유사하여 기존 NTSC와의 간섭은 비교적 적다. FCC에 제안된 전 디지털 방식들은 적절한 스펙트럼을 구성(shaping)하여 이러한 간섭을 줄이려 하고 있다. 또한 ATTC(Advanced Television Test Center)에서는 채널 재배치에 따른 간섭 현상의 해석과 coverage 영역을 추정하는 작업을 계속하고 있다.^[6]

IV. B-ISDN에서의 전송 방식

유선망(network)을 통한 전송 기술은 급속한 발전을 보여 최근 비동기식 전송 방법(ATM: asynchronous transfer mode)을 근간으로 하는 광대역 종합정보통신망(B-ISDN: broadband ISDN)의 구축이 기술적으로는 실현되는 단계에 도달해 있다.

유선망을 통한 HDTV 전송은 CATV와 같은 단순 분배망으로부터 시작할 것이 예상된다. 소규모의 지역적인 분배망은 동축 케이블이나 광 케이블을 이용하여

용이하게 구성이 가능하며 HDTV전송에 충분한 대역폭을 확보할 수 있다(기존 TV를 분배하고 있는 망에서는 채널 재배치 혹은 추가적인 채널 할당이 필요하다). 분배 프로그램은 중앙 방송국에서 위성이나 전송선등을 통해 공급이 가능하며 자체 스튜디오에서 제작 전송할 수도 있다. 전송 방식은 위성이나 지상 전송 방식에 최대한 호환성을 유지할 것이 예상된다.

TV 혹은 HDTV 분배를 위해 구성된 디지털 광 CATV 망은 점차 양방향 통신이 가능한 B-ISDN으로 진화될 것이 예상된다. B-ISDN을 통한 전송의 장점은 대역폭 할당이 비교적 유연하고 전송 품질이 우수하며 다양한 접속방식(1:1, 1:다수, 다수:다수) 및 가변율(VBR: variable bit rate) 전송이 가능하다는 점등을 들 수 있다. 반면에 망을 구성하기 위한 초기 비용이 크고 유지 보수 비용 및 채널 사용료가 비교적 높다는 단점이 있다.

망을 통한 전송은 서비스 측면에서 큰 장점이 있다. 지상이나 위성 전송이 특수한 경우를 제외하면 단순 분배 서비스에 그치는데 비해 B-ISDN에서는 교신성 서비스를 포함한 다양한 응용 서비스가 가능하다. HDTV를 포함한 동영상(video)과 관련된 B-ISDN의 서비스는 다음과 같이 요약될 수 있다.

- 오락물 및 각종 정보를 제공하는 분배 서비스
 - 영상전화/회의 등을 포함하는 대화형 서비스
 - 동영상 우편등을 포함하는 사서함 서비스
 - 필름 혹은 고해상도 영상등의 검색(retrieval) 서비스
- 이들 서비스는 특히 멀티미디어의 급속한 보급과 발맞추어 더욱 확대될 것이 예상된다.

HDTV의 B-ISDN을 통한 전송은 지상이나 위성의 경우와는 많은 부분에서 성격을 달리한다. B-ISDN은 디지털 전송망이므로 HDTV의 압축 부호화 및 전송은 선택의 여지 없이 디지털이 되며 가입자에게 제공되는 155.52Mbit/s(실제로는 130Mbit/s전후)의 전송율은 큰 화질 저하없이 HDTV를 압축 전송하는데 충분하다. 따라서 B-ISDN 전송 측면에서 HDTV는 해상도가 약 4배(가로, 세로 각 2배)이고 전송율이 비교적 높다는 것을 제외하면 기존 TV급 영상의 전송 방식과 큰 차이가 없다.

HDTV를 포함하여 B-ISDN을 통한 영상 전송에 관한 국제 표준은 CCITT의 연구그룹 15의 ATM 비디오 코딩 전문가 그룹을 중심으로 CCIR, CMTT, ISO등의 관련 그룹들과 함께 광범위하게 연구되고 있다. 이들은 B-ISDN에서의 종합 영상 정보 서비스(IVS:integrated video service)에 관한 표준화를

목표로 연구하고 있는데 관련 단체별 연구분야는 다음과 같다^[7].

CCITT SG XVIII : 영상 전송과 관련된 망 측면에서의 모든 사항 및 단체들 사이의 표준화 주관

CCITT SG XV : B-ISDN에서 다양한 종류의 동영상 압축 부호화 알고리즘 및 전송시스템

CCITT SG XI : B-ISDN 구축 단계별 영상 서비스의 규정(description)

CCITT SG VIII : 정지 영상 전송 표준

CCITT SG I : 서비스의 질을 포함하는 모든 서비스의 속성 규정

CMTT : 1차분배, 2차분배 및 프로그램 공급(contribution)을 포함하는 원거리 전송을 위한 압축 부호화 및 전송방법

CCIR SG XII : 디지털 TV 전송 시스템의 주관적, 객관적 평가방법

ISO/IEC MPEG : 디지털 저장 장치를 위한 동영상 압축 및 재생 시스템

1. B-ISDN 전송 시스템 구조

B-ISDN에서는 디지털 데이터를 53바이트 길이의 셀(cell)이라는 전송 단위로 구성하여 전송한다. 그 중 48바이트 부분의 5바이트는 전송에 필요한 각종 파라미터를 포함하며 나머지 48바이트 중 1~수 바이트는 ATM 적용 계층(adaption layer)을 형성한다. 따라서 사용자층에서 사용 가능한 데이터는 셀당 47바이트 이하이다. 또한 기본적으로 가입자당 155Mbit/s(혹은 622Mbit/s)의 전송율이 할당되므로 overhead를 제외하고 사용자에게 확보되는 전송율은 약 135Mbit/s (혹은 599Mbit/s)가 된다. 따라서 HDTV의 항등율(CBR: constant bit rate) 전송을 위해서는 15~135Mbit/s까지 대역폭 할당이 비교적 자유로우며 압축 방식도 비교적 다양하게 고려될 수 있다. 일반 가입자에게의 분배시스템에는 40Mbit/s 전후의 전송율로 프레임간 부호화(interframe coding) 방법이 적합하며 70Mbit/s~130Mbit/s의 1차 분배 혹은 프로그램 공급에는 전송에러의 영향을 덜 받는 프레임내 부호화(intraframe coding) 방식이 적합하다.

한편 가변율 전송은 할당된 최대 전송율 이내에서 발생 데이터량에 따라 전송율이 변하게 된다. 따라서 거의 일정한 화질의 유지가 가능하고 통계적 다중화를 통해 망 자원을 효율적으로 사용할 수 있으며 같은 화질을 확보하는데 있어서 항등률 전송보다 평균 전송율을 더 낮출 수 있다. 또한 버퍼 크기의 감소 및 제어의 단순화

는 전체 부호화기의 구조를 단순화 시키고 전송 지연 시간을 줄이게 되므로 대화형 시스템등에서 큰 장점을 확보할 수 있다.

B-ISDN에서 셀단위로 전송하는 과정에서 셀의 지연(delay), 지터(jitter) 및 손실(loss)이 발생할 수 있는데 이것은 ATM 방식 특유의 현상으로서 대역 압축 부호화기와 망접속 부분에서 이를 보상할 수 있는 구조를 갖추어야 한다^[8]. 셀 지연 및 지터의 보상을 위해서는 수신 단말 입력부에 버퍼를 갖추어야 하는데 항등을 부호화 방법에서는 부호화기 앞단에 버퍼가 존재하므로 큰 문제가 되지 않으나 가변을 부호화에서는 이로 인한 전달 지연이 발생한다. 또한 송신측 클럭신호를 정확히 보낼 수 없으므로 송신측과 수신측의 동기 문제가 발생한다. 그림 4는 이들을 고려한 계층 구조를 갖는 가변을 전송 시스템의 구조를 나타낸다.

2. 클럭 동기화(Clock Synchronization)

일반적으로 송신 단말기와 수신 단말기의 시스템 클럭은 같은 클럭 주파수를 사용해야 정보의 정확한 전송이 가능하다. 특히 영상 정보는 표본화 클럭 및 수평, 수직 동기 신호가 송수신단에서 일치해야만 한다. 그러나 송신측과 수신측의 시스템 클럭을 자체 발진기로 정확히 맞추는 것은 거의 불가능하며 일반적으로 송신측에서 클럭 정보를 보내면 수신측에서 이를 참조하여 시스템 클럭을 동기시킨다.

지상 전송이나 위성 전송에서는 일정 시간 마다 클럭 정보를 보내고 수신단에서 이를 이용하여 복구가 가능하나 ATM망에서는 셀 지터로 인하여 정확한 클럭의 전송이 불가능하다. 이를 해결하기 위해서는 송신측에서 일정 기간마다 시간정보(time stamp)를 수신측에 전송하고 수신측은 PLL(phase locked loop)을 이용하여 송신측 클럭을 복구하거나 망에서 제공하는 동기 신호(network clock)에 송수신단 클럭을 동기 시키는 방법을 사용해야 한다. CCITT에서는 이들을 결합한 SRTS(synchronous residual time stamp) 방법 및 적응형 클럭 추출 방법(adaptive clock method)을 제시하였다.

SRTS 방법에서는 송신측 시스템 클럭 주기의 N배 만큼의 시간동안 망동기 클럭의 갯수를 세어 수신측에 전달한다. 여기에는 송신측 클럭 및 망 동기 클럭과의 차이 성분이 들어 있으므로 수신측은 이 정보와 망동기 클럭을 이용하여 송신측 클럭을 복구한다. 따라서 이 방법은 송수신측 모두 망동기 클럭을 얻을 수 있다는 가정하에서 구현 가능한데 SDH(synchronous digital hierarchy) 망에서는 155.52MHz의 클럭이 제공된다. 그러나 VBR 전송시에는 적절한 개조가 필요하다.

적응형 클럭 추출방법에서는 송신측에서 일정한 시간 간격으로 시간 정보를 보내고 수신측에서는 입력되는 대로 버퍼에 저장한 후 같은 시간 간격으로 읽어낸다. 이때 버퍼의 상태가 평균적으로 송신측과 수신측의 클

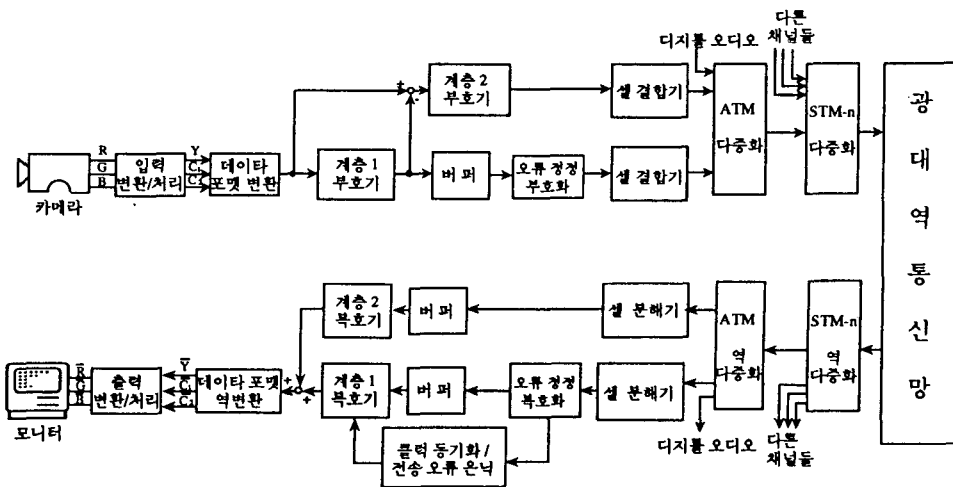


그림 4. B-ISDN 전송 시스템의 구성(계층 구조를 갖는 가변을 부호화의 경우)

리의 차이가 되므로 수신측에서 이를 이용하여 송신측 클럭을 복구한다.

3. 셀 손실 보상(Cell Loss Compensation)

셀은 통계적 다중화 과정과 전송 및 교환 과정에서 유실되거나 잘못 전송될 수도 있다. 셀 손실의 영향은 일반적으로 압축율이 클 수록 심각한 화질 손상을 가져올 수 있으므로 적절한 대책이 마련되어야 한다. 그 방법으로는 에러 정정 부호를 사용한 방법과 계층적 부호화 방법, leaky 예측 방법 및 수신단에서의 은닉(concealment) 기법등이 있다.

셀 손실은 일종의 군집 에러에 해당하므로 에러 정정 부호로는 RS 부호가 사용되며 한꺼번에 많은 셀들이 유실될 경우에 대비하여 교직(interleaving) 기법이 함께 사용된다. 그러나 이 방법은 overhead 대역폭을 요구할 뿐 아니라 교직에 의한 시간 지연 및 송수신측 복잡도를 증가시키는 단점이 있다.

계층적 부호화 방법은 피라미드 부호화 혹은 대역 분할 부호화 방법을 이용하는데 영상을 저역 성분과 고역 성분으로 분리한 후 많은 에너지가 포함되어 있고 시각적으로 중요한 저역 성분을 에러 정정 부호나 높은 QOS(quality of service)를 갖는 채널로 전송함으로써 망 자원을 효과적으로 활용하면서 극단적인 화질 저하를 막는 방법이다. 또한 이 방법은 HDTV 전송에 활용될 경우 기존 TV와의 호환성을 해결하는 방법이 되기도 한다.

Leaky 예측 방법은 예측 계수들의 합을 1이하로 하여 예측 값의 일부를 예측 오차(prediction error) 신호로 누설하는 방법으로서 DPCM 방식에서 전송 에러에 의한 화질 손상을 빠른 시간내에 복구시키기 위한 방법이다. 그러나 복구 속도를 높이기 위해 leaky 성분을 크게 하면 데이터 압축 효율이 떨어지는 단점이 있다.

수신단에서의 은닉 방법은 손실된 셀에 해당하는 영상내의 영역을 이전 영상 혹은 주위의 데이터를 이용하여 복구함으로써 시각적인 화질저하를 줄이려는 방법이다. 따라서 부가 데이터가 필요없고 압축 효율을 낮추지도 않지만 완벽한 은닉이 불가능하고 프레임간 DPCM에서는 이 영향이 계속 전파될 수도 있다.

위의 방법들은 서로 조합하여 사용될 수 있으며 네 방식 모두 사용될 수도 있다. 또한 이 방법들의 성능은 망에서의 셀 손실 특성과 밀접한 관련이 있으므로 많은 실험 및 성능 분석이 필요하다. 현재 CCITT 연구그룹 15에서는 이들에 관해 광범위하게 연구하고 있다.

4. 기타 문제점

B-ISDN을 통한 동영상 전송을 위해서 클럭 동기 추출 및 셀 손실 대책외에 다음과 같은 사항들이 고려되어야 하며 서로 배치되는 성격을 갖는 파라미터들의 최적화가 필요하다.

-효과적인 영상 압축 부호화 방법에 관한 전반적인 문제

-비디오 전송을 위한 ATM 적응계층의 구조

-계층적 부호화에서 각 계층의 부호화 및 접속방법

-멀티미디어와의 다중화 방법

-세계 단일 영상 규격 및 변환 방법

-LAN과 MAN을 통한 접속 방법

-VBR 부호화시의 video traffic 모델링 및 감시

V. 국내 현황 및 향후 전망

우리나라에서는 1995년에 방송용 무궁화 위성이 발사될 예정이고 이에 발맞추어 기존 TV의 위성 방송 서비스가 점차로 진행될 것이다. 그 이전에 위성 전송 방식을 디지털과 아날로그 방식중에서 선정해야 하는 문제가 남아 있는데 현재로서는 디지털 방식이 유력하다고 볼 수 있다. 디지털 방식은 시공간적으로 거의 균등한 높은 화질을 얻을 수 있으며 잡음이나 간섭등에 강하고 반복 전송시 화질 저하가 거의 없으며 스펙트럼 효율과 계획 측면에서 유연성을 확보할 수 있다는 장점이 있다. 또한 무엇보다도 중요한 것은 멀티미디어 및 컴퓨터, 그래픽, 디지털 통신망등과의 상호 동작성(interoperability)에 있어서 디지털이 훨씬 유리하며 관련 제반 기술의 발전 방향과도 일치하는 것이다. 현재 우리나라에서는 한국통신과 한국전자통신연구소를 중심으로 디지털 위성 전송 및 B-ISDN 전송 기술에 대해 1997년 실험 전송을 목표로 연구 개발중이다.


지상 방송을 통한 HDTV 분배는 현재 우리나라 여건에서 빠른 시일내에 이루어지지는 않을 것으로 보인다. 그것은 채널 재배치나 기존 TV와 호환성을 위한 동시 방송 등의 정책적인 문제 외에도 미국에서와 같이 6MHz VHF 혹은 UHF의 단일 채널로 만족할 만한 화질을 얻기 위해서는 차세대 기술까지 총동원해야 하는 상당히 고난도의 기술이 필요하다. 또한 우리나라와 같이 산악 지대로 인한 난청 지역이 많은 여건에서 수신 불능 지역이 많아질 우려도 있다. 반면에 위성 방송은 현재 시작하는 단계이므로 채널 확보나 동시 방송

(simulcasting)을 통한 호환성 문제의 해결이 비교적 용이하고 지상 방송보다는 비교적 높은 전송율을 확보할 수 있으므로 전체 시스템 설계에 어느 정도 유연성을 확보할 수 있다.

지상 전송과 위성 전송이 단순 방송 기능에 치중하는데 비해 HDTV의 유선 전송의 의미는 방송 기능을 포함하여 그 응용 서비스를 무한히 확장할 수 있다는 데 있을 것이다. 그것은 원격 회의 및 의료 진단, 교육, 상품 구매 등의 응용 서비스 뿐만 아니라 급팽창하는 멀티미디어와 영상 미디어의 주역이 될 HDTV 그리고 통신을 담당할 B-ISDN과 불가분의 관계에 있기 때문이다.

위성과 지상 그리고 유선 전송 방식은 당분간 매체의 특성에 맞는 전송 시스템의 최적화의 방향으로 진행되겠지만 궁극적으로 세 방식은 상호 보완 및 호환성을 최대한 유지하는 방향으로 진행될 것이며 그것은 곧 단말기의 저가격화 및 대량 보급을 위해 필연적이다.

參 考 文 獻

- [1] M. I. Krivocheev, "Current CCIR activities in HDTV," *Telecomm. Journal*, Vol. 58-X, pp. 699-707, Oct. 1991.
- [2] Shuichi Matsumoto, et. al, "120/140 Mbit/s portable HDTV codec and its transmission performance in a field trial via INTELSAT satellite," *Image Comm.* 4, Sep. 1992.
- [3] M. Cominetti, et al, "Advanced modulation and channel coding techniques for digital HDTV via satellite in the 20 Ghz range," *Image Comm.* 4, Sep. 1992.
- [4] E. S. Kohn, "Modulation for terrestrial broadcasting of digital HDTV," *IEEE Tr. on Broadcasting*, vol. 37, no. 4, pp. 141-147, Dec. 1991.
- [5] G. W. Beakley, "Channel coding for digital HDTV terrestrial broadcasting," *IEEE Tr. on Broadcasting*, vol. 37, no. 4, pp. 137-140, Dec. 1991.
- [6] D. M. Jansky, "Methods for accommodation of HDTV terrestrial broadcasting," *IEEE Tr. on Broadcasting*, vol. 37, no. 4, pp 152-157, Dec. 1991.
- [7] CCITT SG XV Expert Group for ATM video coding, "IVS baseline document," Doc. AVC-209, Jan. 1991.
- [8] S. H. Lee and L. T. Wu, "Variable rate video transport in broadband packet networks," in *Visual Communications and Image Processing Proc.*, vol. 1001, pp. 954-964, 1988.
- [9] H. H. Stair, II and J. T. Powers, Jr., *Megabit Data Communications*, Prentice-Hall, pp. 227-257, 1990.
- [10] 강철희 등, HDTV 전송 기술 개발, 한국전자통신연구소 연구 보고서, 1991.
- [11] 김광옥 외, 세계 위성 방송의 현황과 전망, 한국언론학회 보고서, 1991. 

筆 者 紹 介



張 淳 華

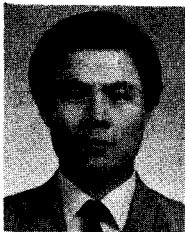
1963年 12月 8日生

1985年 2月 연세대학교 전자공학과

1987年 2月 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(석사)

1992年 2月 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(박사)

1992年 4月 ~ 현재 한국통신 연구개발단 선임연구원



高 鍾 錫

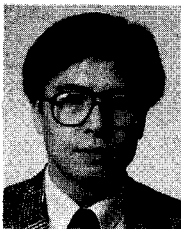
1958年 8月 7日生

1982年 2月 고려대학교 전자공학과 (학사)

1984年 2月 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(석사)

1989年 2月 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(박사)

1989年 3月 ~ 현재 한국통신 연구개발단 차세대통신망 연구실장



李 尚 勳

1955年 1月 24日生

1978年 2月 서울대학교 전기공학과(학사)

1982年 12月 University of Pennsylvania 전기공학(M.S)

1984年 9月 University of Pennsylvania 전기공학(Ph.D)

1984年 9月 ~ 1991年 1月 Bellcore

1991年 2月 ~ 현재 한국통신 연구개발단 책임연구원