

《主 題》

# 디지털 위성방송 전송방식

朴 宰 弘 · 任 春 植 · 鄭 善 鐘

(韓國電子通信研究所)

■ 차 례 ■

I. 서론

II. 디지털 위성방송 시스템

III. 디지털 위성방송 전송방식

IV. 디지털 위성방송 전송방식의 예

V. 결론

## I. 서론

1990년 6월, 미국의 고선명 TV 방식의 선정을 추진 중이던 FCC에 GI(General Instrument)사가 완전 디지털 방식의 고선명 TV 전송방식을 제안함으로써 공중파에 의한 디지털 TV 전송에 세계의 이목을 집중시키게 되었다. 이러한 GI사의 제안은 관련 분야의 종사자들에게 지대한 충격을 주었고 그 가능성에 대한 적지않은 논란이 계속되었다. 그러나 이러한 논란에도 불구하고 미국내의 고선명 TV 제안자들은 자사의 제안방식들을 디지털 방식으로 변경 제안하게 되었으며 결국 미국의 고선명 TV 방식을 디지털 방식으로 확정하는 결과를 가져오게 되었다.

GI사의 제안과 거의 같은 시기인 1990년 6월, 미국의 큰 상용위성 제작회사 중의 하나인 Hughes사는 4개의 방송위성을 이용하여 미국 전역을 대상으로 108채널의 NTSC급 디지털 TV 방송을 실시하기 위한 SkyCable 사업을 계획하고 동 사업의 성취에 필요한 기술과 부품을 조달하기 위해 전세계의 우수한 정보통신 및 전자제품 회사들에게 RFI(Request For Information)를 발송하였다. 이렇게 하여 개시된 SkyCable 계획은 투자 콘소시엄의 와해로 무산될 가능성도 있었으나 Hughes사의 지속적인 추진으로 DirecTV라는 이름으로 계속되어 이제 1994년 4월의 위성발사를 앞

두고 미국의 CLI(Compression Lab. Inc.)사가 디지털 인코더를 개발하여 납품하고 Thompson사가 수신기의 시제품을 내놓으므로써 세계 최초의 디지털 TV 방송실시를 눈앞에 두고 있다. 이러한 DirecTV 계획 역시 세계의 주목을 받고 있으며 그 성공여부가 큰 논란의 대상이 되고 있다.

그러나 Hughes사의 이러한 계획이 주목을 받게된 것도 사실 미국의 고선명 TV 방식이 세계적으로 커다란 충격을 일으키며 디지털 방식으로 전환하게 된 데 힘입은 것으로 판단된다. 왜냐하면 GI사의 디지털 방식 제안이나 SkCable 계획 이전에 SkyCable 계획과 유사하게 10개의 SBS 통신용 위성중계기를 이용하여 80여개의 채널을 방송하고자 하는 SkyPix 사업이 이미 추진되고 있었으나 큰 관심을 끌지 못하였기 때문이다. 사실 SkyPix 계획은 36MHz 통신용 중계기 한 개에 약 3Mbps로 압축된 TV를 8채널 이상 전송하여 오락, 홈 쇼핑 등에 이용하고자 하는, 당시로서는 획기적인 계획이었다.

이러한 급격한 방송기술의 변화 직전에 수립된 무궁화 위성사업은 당연히 아날로그 방식의 위성방송을 전제로 추진되어 왔으나 미국의 고선명 TV 방식에 관한 혼란이 어느 정도 가라앉기 시작한 1992년 초부터 재검토되기 시작하여 약1년여의 국가적 대토론 끝에 1993년 7월 21일 정부의 발표로 확정되기에

이르렀다.

이렇듯 국내외에서 방송의 변혁기에 있기에 아직 디지털 방송의 표준방식은 전세계적으로는 물론이거니와 표준화되어 있지 않다. 현재 우리나라가 추진하고 있는 무궁화 위성의 방송용 중계기에 의한 위성방송은 잘 알려져 있다시피 전국민을 대상으로 하여 각 가정에서 개별적으로 수신이 가능하도록 하고자 하는 것인데 현실점에서 이러한 개별 수신을 주목적으로 설계된 방송 전송 시스템이 존재하지는 않으나 앞서 예를 든 SkyPix 사업에 적용할 목적으로 개발하여 실용화된 CLI사의 Spectrum Saver 시스템과 주로 Business TV를 목적으로 GI사가 개발한 DigiCipher 시스템이 현존하는 유사한 목적의 시스템이며 1994년 내에 본격적 서비스를 개시할 목적으로 개발되고 있는 DirecTV 시스템이 우리의 목적과 가장 부합하는 시스템이 될 것이다.

이와 같이 현존하는 시스템은 적으나 반도체 기술과 신호처리 기술의 발전으로 디지털 TV 기술은 완전한 현실로 실현되었으며 현재 세계의 선진국들이 독자적으로 또한 연합하여 방식과 시스템을 개발하고 있으므로 앞으로 1-2년 내에 수많은 시스템들이 개발되어 선보일 것으로 예상된다.

우리의 목적에 맞는 디지털 위성방송신호의 송신 및 수신에 필요한 고속전송용 신호처리 부품들 중의 일부는 이미 판매가 되고 있으며 여타 부품들도 관련 사업들로 인하여 곧 출시될 것으로 전망된다. 또한 가장 중요한 영상압축방식의 표준화에 있어서는 ISO의 MPEG-1 및 MPEG-2 표준화가 급속히 진행되어 화상회의 또는 Business TV 수준의 응용을 위한 MPEG-1의 경우에는 이미 Chip이 개발되어 실용화되고 있으며 방송용 수준을 위한 MPEG-2는 오는 11월 MPEG 서울 회의에서 규격을 확정하게될 예정이다. 이에 따라 세계의 반도체 회사들에서는 93년 말 또는 94년 초에 MPEG-2 규격에 따른 주문형 반도체 Chip을 선보일 것으로 예정하고 있다.

본고에서는 우선 디지털 위성방송 시스템의 구성으로부터 기술적 요소들과 전송방식의 주요 항목들을 검토하고 분야별로 적용 가능한 방식들을 살펴본 후 외국의 전송방식 채택 현황을 비교, 검토하여 참고가 되도록 하고자 한다. 그리고 끝으로 결론에서는 이와 같은 제반 사항들을 고려하여 1996년 초부터 위성방송을 실시하여야 할 우리나라의 입장에서 우리의 전송방식을 설정하는데 있어 고려하여야 할 사항들 중 중요하다고 판단되는 사항들을 몇가지 제시하여

보고자 한다.

## II. 디지털 위성방송 시스템

### 1. 디지털 위성방송 시스템의 구성

디지털 위성방송 시스템의 구성은 방송신호를 위성으로 송신하는 지구국의 송신기와 이를 중계하는 위성 중계장치 그리고 각 가정에서 이를 수신하기 위한 수신기로 나누어 볼 수 있으며 이들 중 위성 중계장치는 아날로그 전송방식을 사용하는 것으로 가정하여 이미 한국통신의 요구로 General Electric사가 제작하고 있는 무궁화 위성이 사용될 것이다. 위성은 지상에서 송신되는 전파를 단순 증폭하고 송수신간 혼신이 발생하지 않도록 주파수를 변환하여 지상으로 재송신하는 것이므로 전송방식에 따라 달라지는 것은 없다. 실제로 이용되는 송수신 시스템은 방송전송에 필요한 기능을 다하고 요구되는 품질을 유지하기 위하여 여러 기능들이 부가되어야 하고 설계에 따라 핵심 기능 블록의 위치와 기능이 전혀 달라 질 수도 있으나 전형적인 전송방식 및 핵심기술을 나타내기 위하여는 그림1과 같이 시스템의 기능을 개념적으로 나타낼 수 있다.

시스템의 구성이 달라 질 수 있는 일례로서 채널의 다중방식을 주파수 분할 다중방식(FDM)으로 가정하는 경우에는 각 채널이 개별적으로 채널 부호화되고 변조되어 분할된 주파수에 삽입된 것이나 여기에서는 각 채널이 시분할 방식으로 다중화(TDM)되고 변조되어 전송되는 경우를 가정하였다. 이는 앞으로 방식의 설정에 있어 신중히 검토되어야 할 대표적인 사항 중의 하나이며 여기에서는 시스템의 융통성 및 발전 가능성 등을 고려하여 TDM 방식을 가정하여 본 것이다.

이와 같은 디지털 위성방송 시스템의 실현을 위하여 새로운 전송방식을 정의하고 각 기능을 개발하여야 할 주요 부분은 영상, 음성의 압축 부호화기, 다중화기, 전송채널 상의 오류정정을 위한 채널 부호화기, 디지털 변조기 등이 될 것이다. 물론 송신 지구국으로부터의 전송방식이 디지털로 변화됨에 따라 방송국으로부터 가입자 수상자까지의 전체 전송품질을 극대화하기 위하여 방송국으로부터 지구국으로까지의 지상 중계전송장치 뿐만 아니라 방송국내의 스튜디오 시설도 궁극적으로는 디지털화되는 것이 바람직하겠으나 단계적인 개체가 가능하고 서비스 제공에도 문제가 없을 것이므로 기존의 아날로그식 중계방

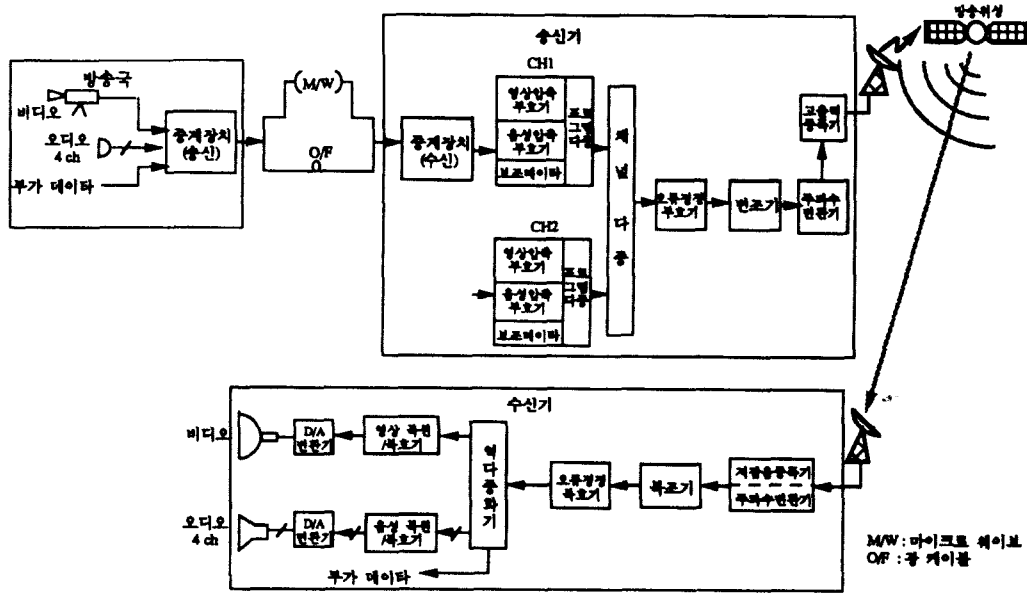


그림 1. 디지털 위성방송 시스템 개념도

식을 사용하는 것으로 가정할 수 있다.

2. 시스템의 주요 구성요소 및 기술

1) 영상 부복호화

디지털 TV의 원천 영상신호는 대략 200Mbps에 달하며 이를 약 1/20-1/50 정도로 압축하여 전송하여도 원 영상과 근사한 품질을 유지할 수 있고 저렴한 복원 H/W를 구현할 수 있는 압축/복원 방식과 ASIC CHip이 개발되어야 한다. 이러한 방식과 H/W는 최근 활발히 개발되어 기술수준에 있어서는 이미 확보되어 있고 독립규격들이 적용되고 있으나 가능한 한 국제적으로 표준화되어 있는 방식과 부품의 적용 가능성이 관건이라 할 수 있다.

2) 음성 부복호화

음성방송이 아직도 디지털화되지 않고 있으나 200 Mbps에 달하는 영상신호에 비하여 음성신호는 1Mbps 이하이며 전화채널과 달라 전송속도의 여유가 있는 디지털 위성방송 시스템의 구성요소로서는 크게 문제가 되지 않는다. 뿐만 아니라 현재에도 다양한 방식과 H/W가 조달가능하며 지역적, 세계적으로 표준화가 크게 진전되어 표준화된 방식과 부품을 사용할 수

있다. 따라서 국내시장 보호와 산업육성 측면에서 어떤 방식을 표준으로 선택할 것인가 하는 것이 중요한 고려사항이라 할 수 있을 것이다.

3) 다중화 및 암호화

영상압축기술의 채용으로 기존 아날로그 방식과는 달리 단일 증계기에 여러 채널의 다중전송이 필요하게 되었고 일반적인 위성방송의 유료화 추세에 따른 뿐만 아니라 채널의 증가에 따른 다양한 서비스의 제공으로 케이블 TV와 같이 암호화에 의한 한정수신, 이에 의한 유료화가 필수적으로 요구되고 있다. 기존의 아날로그 방식에서는 다중화나 암호화가 전송품질에 직접적인 영향을 주었고 그 동작 신뢰성이 전체적인 시스템의 신뢰성에 큰 영향을 미치는 요소가 되었다. 그러나 디지털 방식에서는 이러한 기능들의 손쉽게 구현될 수 있으며 품질에 미치는 영향을 무시할 수 있고 집적화 부품으로 동작 신뢰도를 높일 수 있으므로 그다지 심각한 문제가 되지 않는다고 본다. 다만 앞서 설명한 바와 같이 방송 서비스의 성격에 적합하고 수신기 가격과 신뢰성에 과도한 부담을 주지않는 한도내에서 가능한 방식과 부품을 선택, 조달하는 것이 필요하다.

**4) 채널 부복호화**

영상압축기술과 마찬가지로 복잡한 오류정정용 채널 부호화 기술이 일반 가전제품으로 상용화될 수 있는 것은 역시 고집적인 반도체 기술 덕분이라 할 것이다. 방송의 성격상 오류정정에는 전방 오류정정방식이 사용되어야 하며 약 10~40bps에서 동작하는 고성능 블록부호화 길쌈부호 방식을 사용하여야 하므로 복호시 실시간 처리를 위하여 병렬처리방식 등으로 처리 속도를 확보하여야 하고 복잡해지는 H/W를 저렴한 ASIC Chip으로 구현하여야 한다. 이러한 기술도 최근에 상품화되어 요구되는 수준의 제품이 출시되고 있으므로 방식의 선정과 부품의 선택이 문제가 된다.

**5) 디지털 변복조**

대부분의 무선 디지털 변복조방식의 기본기술은 이미 개발이 되어 있으나 최근까지도 대용량 정보통신 시스템을 제외하고는 수십 Mbps 수준의 무선 디지털 전송을 위한 수요가 없었으므로 저렴한 부품을 개발할 필요가 존재하지 않았다. 그러나 방송 서비스가 실현될 경우 대량의 수요가 존재하므로 저렴하고 소형인 복조기의 개발이 가능하게 될 것이며 더 나아가서는 디지털 처리 및 반도체 기술을 이용한 집적화 부품까지도 개발될 것으로 전망된다. 위성채널의 전송방식으로는 위성전력의 활용을 극대화 할 수 있는 각변조 방식이 주로 고려되고 있으며 현재 추진되고 있는 유사한 외국의 사업으로 저렴한 부품이 곧 출시될 것으로 전망된다.

**3. 전송방식의 주요 항목**

위성방송 시스템은 송수신기 및 위성 중계장치가 한 개의 시스템으로 원하는 최종 목표품질의 달성을 위하여 조직적으로 고찰되고 설계되어야 하므로 각 부분의 전송방식이나 정해진 전송방식을 따라 구현되는 H/W가 유기적으로 관련되어 있다. 여기에서는 각 분야별로 결정되어야 할 중요한 항목만을 열거하여 본다.

**1) 영상 부호화 방식**

- 원천화면 구성(주사선, 프레임 율, 주사방법, 화면비 등)
- 원천신호 특성
- 전송 프레임 구조
- 전송처리 화소 구조

- 색신호 형식
- 압축 부호화 방식(예측부호화 방식, 변환부호화 방식, 양자화 방식, 엔트로피 부호화방식 등)
- 전송신호 단위구조
- 최대 전송 데이터율

**2) 음성 부호화 방식**

- 음성 채널 수
- 입력신호 특성
- 압축 부호화 방식(서브밴드 부호화 방식, 변환부호화방식, 양자화 방식 오류정정 방식 채택 등)
- 전송신호 단위구조
- 최대 전송 데이터율

**3) 다중화 및 암호화 방식**

- 동기방식
- 다중화 구조 및 원칙
- 암호화 구조 및 Key 전송방식
- 전송신호 전체 구조

**4) 오류정정 부호화 방식**

- 기본 부호화 방식(블록부호 및 길쌈부호)
- 부호화 방식별 부호율
- 끼워짜기의 사용 및 원칙

**5) 변조 및 무선전송 방식**

- 기본 변조방식 및 데이터율
- 전송 스펙트럼

**Ⅲ. 디지털 위성방송 전송방식**

최근 정보의 디지털화에 따라 영상을 비롯한 음성, 음향의 압축/부호화 기술이 매우 중요하게 부각되어, 보다 능률적인 디지털 압축방식에 대한 관심이 높아지고 있다. 특히 반도체 기술의 발달로 인하여 디지털 영상 및 음성 신호를 압축하여 저장하거나 전송하는 시스템이 점차 실용화 되면서 영상전화, 영상회의, 디지털 방송등과 같은 다양한 전기통신 응용에 디지털 압축기술의 이용이 가능하게 되었다. 그리고 이러한 영상신호 압축기법은 시스템의 특성에 따라 여러가지 기법들이 적용될 수 있다. 따라서 시스템간의 호환성이나 부/복호기의 구현시 다량생산이 어렵게 되므로 가격 상승 등의 문제가 따른다. 이를 해결하기 위

하여 ISO(국제표준화기구)와 IEC(국제전기표준회의)를 중심으로 영상신호 대역압축 기법의 국제 표준화 작업을 진행하고 있다. 디지털 TV 위성방송에서도 국제적으로 표준화될 영상신호 및 음성신호의 대역압축 기법이 이용될 가능성이 많다고 볼 수 있다.

1. 영상신호의 부호화 방식

1.1 국제 표준화 동향

디지털 영상 압축을 위한 표준화 노력은 영상전화 및 영상회의 시스템을 위한 CCITT(국제전기통신연합 분위원회)의 H.261, 정지영상을 위한 ISO/IEC의 Joint Committee인 JPEG, 그리고 동영상을 위한 MPEG등이 있다.

• H.261

ISDN 망에서 영상회의를 포함한 영상 서비스를 제공하기 위한 국제 규격으로 CCITT SGXV 에서 연구가 진행되었다. 그 내용은 1984년 영상전화(Visual Telephony)에서의 코딩을 위해서 특별 위원회가 설치되어,  $m \times 384$  Kbit/s( $m = 1,2,\dots,5$ )로 전송하는 영상 코딩 규격 설정을 위한 연구가 진행되었으며,  $n \times 64$  kbit/s( $n = 1,2,\dots,5$ )의 규격화를 거쳐서 최종적으로 p

$\times 64$  kbit/s( $p = 1,2,\dots,30$ )에 대한 규격을 CCITT Rec. H.261으로 설정하였다. 그 용량은 망의 활용도에 따라 64 kbit/s에서 약 2 Mbit/s 정도의 용량을 가진다.

• JPEG(Joint Photographic Experts Group)

JPEG은 연속적인 톤을 가진 정지영상(continue tone, still-frame image) 신호를 대역압축 하기위한 국제 규격으로 ISO/IEC JTC1/SC2/WG10에 JPEG이 1986년 설치되었다. 1987년 3개의 알고리즘이 JPEG에 영상신호 대역압축 기법으로 제안되었으나, 시험 결과 유럽의 ESPRIT 563-PICA 프로젝트에서 제안한 ADCT(Adaptive Discrete Cosine Transform)이 압축 비율에 대한 품질 평가에서 우수한 것으로 나타났으며 1988년 1월에 이 알고리즘이 정지영상에 대한 국제 규격으로 제안되었다.

JPEG 알고리즘은 DCT을 이용하기 때문에 화질의 열화(Lossy)를 감수하나, 데이터량을 줄일 수 있는 기본 시스템(Baseline System)과 프레임 내에서 예측 부호화를 이용하여, 데이터 량은 증가하나 화질의 열화를 없애는 확장 시스템(Extended System)으로 나누어져 있다.

표 1. 영상압축의 국제규격 특성

비교사항	H.261	JPEG	MPEG-1	MPEG-2
소속 위원회	CCITT SG XV	ISO/IEC/JTC1/SC2/WG10	ISO/IEC/JTC1/SC2/WG10	ISO/IEC/JTC1/SC2/WG10
용도	ISDN 망에서 영상회의를 위한 대역압축 규격	정지화상의 대역압축 규격	DSM에 동영상을 저장하기 위한 대역압축규격	기존의 방송화상을 목표로 고선명 TV까지 수용할 수 있도록 하는 대역압축규격
신호원	CIF (Y:288x352, C:144x176) QCIF (Y:144x176, C:72x88)	CCIR 601 (Y:576x720, C:286x360)	CIF	CCIR 601
영상전송률	순차주사, 29.94 [영상/초]		순차주사, 24-30 [영상/초]	순차/비행주사, 24-30 [영상/초]
영상압축	DCT + Variable-length Coding	o Predictive Coding (lossless) o Adaptive DCT (lossy) - 8x8 DCT, DPCM - Variable-length Coding	DCT + Variable-length Coding	DCT + Variable-length Coding
운동보상	선택사양 (Blocking 효과를 줄이기 위해 Loop필터 사용)		순방향 및 양방향 운동보상 - Block Matching 과 Pel Recursive 알고리즘	순방향 및 양방향 운동보상, Special Prediction mode
용량	64 kbps ~ 2Mbps		1.5 Mbps	4 ~ 15 Mbps
IC 화	LSI Logic사(미국)에서 IC 칩 개발상대	C-Cube Micro System(미국) 등에서 IC 칩화	C-Cube에서 IC 칩화	
기타		o 기본시스템 : Sequential DCT 알고리즘 o 확장시스템 : Progressive Modes, Higher Precision, Alternative Coding 기술		

DSM : Digital Storage Media  
CIF : Common Intermediate Format

• MPEG(Motion Picture Experts Group)

MPEG은 통상의 디지털 기억 매체(CD나 DAT)에 영상신호를 저장하기 위해서 음성을 포함하는 동영상 대역압축 부호화하는 기법의 표준화를 위하여 1988년에 ISO/IEC JTC1/SC2/WG11에 MPEG이 구성되었다. MPEG 표준화 활동은 MPEG-video, MPEG-audio 및 MPEG-system등의 세분야로 분류된다. MPEG-video는 동영상의 압축 알고리즘에 대한 표준화를, MPEG-audio는 디지털 음성 압축 알고리즘에 대한 표준화를, MPEG-system은 압축된 음성 및 영상 비트스트림의 동기 및 다중화 문제를 다루고 있다.

MPEG 위원회는 첫번째 연구로 1.5 Mbit/s으로 테이타를 처리하는 DSM(Digital Storage Media)에 저장될 수 있도록 영상을 디지털 압축하는 기법을 표준화하였다.

(MPEG-1). 이와 같은 영상 대역압축 기법의 표준화는 DSM에 대한 활용성 뿐만 아니라 부가적인 데이터를 첨가하여 디지털 영상 통신이나 디지털 TV 방송의 대역 압축 기법으로 활용 가능하며, MPEG의 응용을 통한 실제적인 시스템이 제시되고 있다. 그리고 4 Mbit/s에서 15 Mbit/s까지의 MPEG-2가 서울회의에서 확정될 예정이다. 각 표준화에 대한 특징을 표1에 나타내었다.

다음에서는 디지털 위성방송에도 적용가능성이 큰 MPEG-2 부호화 알고리즘을 중심으로 살펴보겠다.

1.2 MPEG-2 영상 부호화 기법의 기본원리

MPEG-2 영상 압축 기법은 기존의 MPEG-1의 구조를 기초로 하여 개발되고 있으며, 어려운 점은 프레임 내(intraframe) 부호화만으로 얻을 수 없는 높은 압축을 요구하는 품질 요구사항과 순수 프레임내 부호화로 가장 잘 만족되는 랜덤 액세스 요구사항을 모두 만족해야 한다는 것이다.

MPEG-2 영상 압축 알고리즘은 두가지 기본 기술을 바탕으로 한다. 즉 시간 중복성(temporal redundancy)을 줄이기 위해서 블록 단위의 움직임 추정 및 보상(motion estimation and compensation)을 이용하고, 공간 중복성(spatial redundancy)을 줄이기 위해서 변환(discrete cosine transform, DCT) 압축 기법을 이용한다.

움직임 보상 기법들은 순수 예측 부호화 및 보간 부호화 예측기를 이용한다. 예측오차(prediction error)는 DCT에 의해서 더욱 압축된다. 움직임 정보(이동 벡터)는 16 X 16 블록 기본으로 구해지고 변환계수 정보와 함께 전송된다. 움직임 정보는 최대의 부호화 효율을 얻기 위해서 가변길이 부호화(variable length coding, VLC)된다.

그림2는 MPEG-2 부호화기에 전체 구성도로서, 영상간 예측 부호화와 intraframe 부호화를 수행할 수 있는 구조로 되어있다.

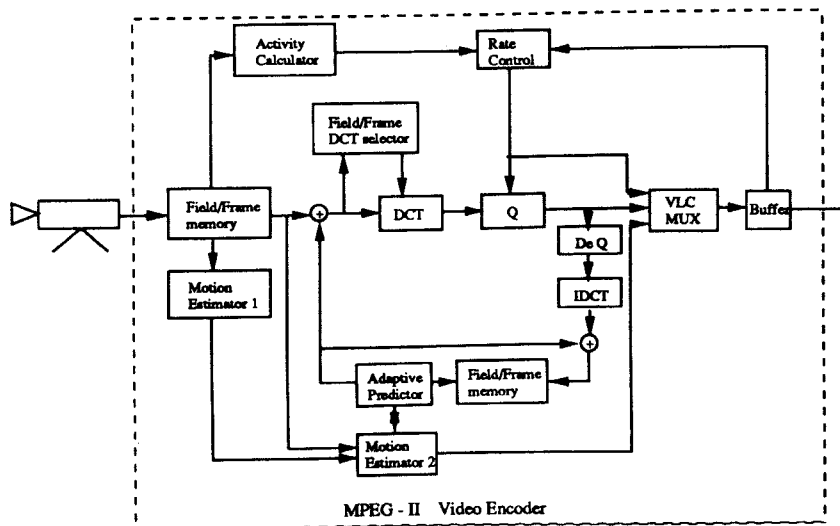


그림 2. MPEG-2 Video Encoder

가. 입출력 영상규격

CCIR 601 4:2:0(또는 4:2:2) 형식의 영상을 부호화 하는것을 기본으로 하며, CCIR 601 영상의 한 프레임은 1/60초의 시간 간격이있는 두 필드(odd, even)로 구성되어 있다.

나. 영상 데이터의 계층구조

MPEG-2 부호화 기법에서 사용되는 영상 데이터는 비트열 선택스를 고려하여 그림3에 보이는 바와같이 sequence, group of picture(GOP), picture, slice, macroblock(MB), block등이 계층구조로 구분된다.

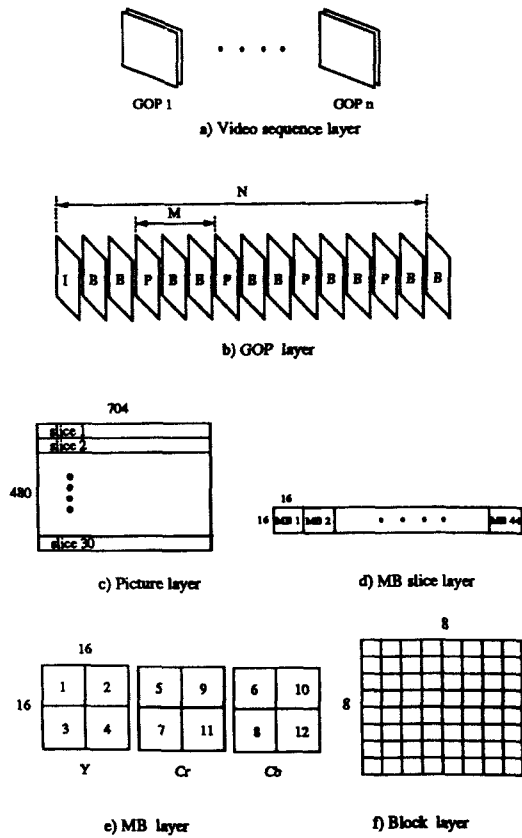


그림 3. 영상 데이터의 계층구조

1) video sequence layer

video sequence는 부호화기에 입력된 영상들의 집합으로 정의되며, 연속된 GOP의 배열로 구성된다.

2) GOP layer(그림4)

I-picture(intra mode), P-picture(predicted mode), B-picture(interpolated mode)로 구성되며, GOP의 크기 및 구조는 응용분야에 따라 신축적으로 결정된다. video sequence를 GOP단위로 부호화 하는것은 시간 축 방향으로의 오류전파를 막으며, 랜덤 액세스 및 고속재생등의 특수 재생기능을 가능하게 하기위함이다.

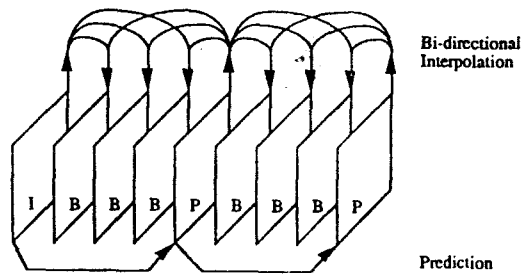


그림 4. GOP Layer

3) picture layer

하나의 CCIR 601 영상을 의미하며, 부호화 기법에 따라 I-picture, P-picture, B-picture로 구별된다.

\*I-picture

I-picture는 블록별로 DCT 변환과 양자화 과정을 적용하여 공간방향의 중복성을 제거한다. GOP의 구조상 I-picture의 화질이 전체 GOP의 화질에 절대적인 영향을 미치므로 고품질을 유지하도록 부호화 한다.

\*P-picture

P-picture는 순방향의 영상간 예측부호화(forward interframe predictive coding)기법과 DCT 변환기법을 사용하여 데이터를 압축한다. 입력된 현재 영상에 대해서 이전의 I-picture 및 P-picture를 기준으로하여 이동보상형 예측기법을 적용하여 물체의 이동에 기인한 영상간 중복성을 제거한다. 영상간의 중복성이 제거된 차성분에 대하여 DCT 변환과 양자화 과정을 적용하여 공간방향의 중복성을 제거한다. GOP의 구조상 P-picture의 화질이 GOP내에서 연속되는 P-picture 및 B-picture의 화질에 영향을 미치므로 B-picture 보다 고품질을 유지하도록 보호화 한다.

**\*B-picture**

B-picture는 양방향의 영상간 예측부호화(bidirectionally interframe predictive coding) 기법과 DCT 변환기법을 사용하여 데이터를 압축한다. 입력된 현재 영상에 대해서 이전의 I-picture 및 P-picture와 다음의 P-picture로부터 각각 이동보상형 예측된 영상 및 이동보상형 내삽(motion compensated interpolation)된 영상을 사용하여 세가지의 영상간 예측신호를 얻은후, 이들 예측신호중 최선의 것을 선택하여 물체의 이동에 기인한 영상간 중복성을 제거한다. 영상간의 중복성이 제거된 성분분에 대하여 DCT 변환과 양자화 과정을 적용하여 공간방향의 중복성을 제거한다. B-picture의 화질은 GOP내의 다른 영상의 화질에 영향을 미치지 않으므로 상대적으로 적은 비트를 할당하여 부호화한다.

**4) slice layer**

슬라이스는 영상의 주사선에 연이은 하나 이상의 매크로블럭으로 구성된다. 각 슬라이스의 첫번째 매크로블럭은 영상 내에서의 위치를 나타내는 데이터를 갖고 있으므로 에러가 발생한 경우에 쉽게 복구가 가능하다. 응용에 따라 슬라이스의 길이는 다양하게 선택할 수 있으며, 전송로의 에러 상태에 따라서 적응적으로 변환시킬 수 있다.

**5) MB layer**

4:2:0 매크로블럭은 4개의 휘도신호 블럭(Y)과 1개씩의 색신호 블럭(Cb, Cr)으로 구성되며, 원칙적으로 이동보상예측, DCT변환, 양자화기 조정은 매크로블럭 단위로 수행된다.

**6) block layer**

데이터 구조의 최하위 구조로서 8X8 화소로 구성되며, DCT를 이용한 변환부호화의 기본단위로 이용된다.

**다. 움직임 추정(motion estimation) 및 이동보상 예측**

MPEG-2에서 움직임 추정을 위한 이동벡터(motion vector: MV)는 크게 frame-based MV와 field-based MV로 나눌 수 있다. 추정과정은 정수 화소단위의 MV를 추정하는 과정(ME1)과 1/2 화소 단위의 MV를 추정하는 과정(ME2)의 2단계로 이뤄지며 블럭정합(block matching)기법을 이용한다. ME1 과정

에서는 원영상을 사용하고 ME2 과정에서는 로칼 디코더에서 복원된 영상을 기준으로 사용한다.

이동보상 예측이란 움직임 영상의 신호처리에서 물체의 움직임 정도를 추정하여 이전 필드(또는 프레임) 신호를 이동벡터 만큼 이동 시켜주는 것을 말한다. 각종 영상신호는 시간영역에서의 상관성도 매우 크므로 시간영역 상관성을 이용하여 프레임간 부호화등을 하면 효과적으로 데이터를 압축할 수 있다. 그런데 프레임간 부호화는 영상의 움직임이 없는 정지영역에서는 우수한 성능을 나타내지만 움직임이 많은 영역에서는 성능이 좋지않다. 따라서 움직임 영역에 대해서는 이동벡터를 추정하여 이전 프레임의 신호를 이동벡터 만큼 이동시켜 줌으로써 현재 프레임의 화소들을 비교적 정확히 추정하여 부호화 하면 성능을 개선할 수 있다.

**라. DCT 변환 부호화**

8 X 8 블럭단위로 수행되는 DCT 변환은, 영상신호의 공간방향으로의 상관성이 큰것에 바탕을 둔것으로 영상의 모든 화소에 분산된 에너지를 DC를 포함한 낮은 주파수를 갖는 몇개의 변환계수에 집중시킨 후 이들의 장점을 적절히 이용하는 방식이다.

**마. 양자화**

일반적으로 인간의 시각은 저역통과 필터 특성을 갖고 있어서 고주파성분에는 둔감하다. 따라서 고주파성분에 대해서는 큰폭으로 양자화해도 화질에대한 시각적 영향은 그다지 없기 때문에 고주파성분에는 큰 양자화 값을 설정하여 부호화 함으로써 효율을 높일 수 있다. MPEG-2에서는 인간의 시각적인 특성과 부호화 효율을 고려하여 8 X 8 block 단위로 양자화를 수행한다. 즉 전체 화질에 중요한 영향을 미치는 순서에 의해서 I-picture > P-picture > B-picture의 순으로 데이터 비트를 할당할 수 있도록 양자화를 수행한다.

**바. 허프만 엔트로피 부호화(Huffman entropy coding)**

허프만 엔트로피 부호화는 존재 확률빈도가 높은 부호들에 대해서는 적은 비트를 할당하고 존재 확률빈도가 낮은 부호들에 대해서는 부호당 많은 비트를 할당하여 원신호에서의 부호들을 각 부호의 길이가 다른 가변길이를 갖는 uniquely decodable code로 부호화 함으로써 평균 전송 데이터율을 감축하는 것을 목적으로 한다. MPEG-2에서는 양자화된 DCT 변환계



수, 이동벡터의 차신호, 매크로블럭에 관련된 정보를 허프만 부호화하여 전송한다.

사. 전송율 조정

엔트로피 부호화기를 기친 데이터와 기타 제어신호들은 다중화기에서 적절한 형태로 조합되어 수신단으로 전송된다. 그러나 부호화기에서 발생하는 데이터량은 부호화기에 입력되는 영상신호의 특성에 따라 영상간 및 영상 내의 매크로블럭별로 불규칙하게 발생한다. 이와같이 불규칙하게 발생하는 데이터를 일정한 전송속도를 갖는 전송로를 통하여 전송하기 위해서는 전송율을 조정이 필요하다. 일반적으로 매크로블럭 단위로 전송버퍼와 부호화될 신호의 복잡도를 기준으로 전송율을 조정하는 피드백 과 피드-워드 방식을 결합한 방식을 사용한다.

2. 음성신호의 부호화 방식

기존의 NTSC 방식 지상방송 보다 향상된 화질을 제공하게 될 디지털 위성방송에서는 화질 못지않게 현장감 있는 음질의 제공이 중요하다.

음성 신호의 대역은 음성신호의 약 7배가 되고 시간적인 신호 레벨의 변동도 음성의 약 20배가 되는 것으로 알려져 있다. 이러한 특성을 갖는 음성 신호를 제한된 전송채널을 통해 CD(Compact Disc) 수준의 음질로 재생하기 위해서는 부호화 효율이 높은 방식이 요구된다.

최근에 제안되고 있는 디지털 음성 부호화 방식들은 사람의 청각 특성을 이용하는 적응 부호화 방식들이 많이 사용하고 있다.

적응 부호화 방식에서는 입력된 음성 신호를 주파수 영역으로 변환한 후 청각 파라미터를 추출하고 변환된 신호에 대해 적응 비트를 할당하게 된다. 이때의 압축율은 약 7:1 정도이다.

또한 5~7개의 다채널 음원을 사용할 경우에는 기존의 스테레오 음향보다 향상된 현장감을 제공할 수 있다.

2.1 디지털 음성 압축기법

Dolby사에서 제안한 AC-2 방식에서는 중첩된 원도와 변형된 DCT(Discrète Cosine Transform)을 사용한다. 먼저 16 비트 양자화된 입력신호를 주파수 분할한 후 부호화하고 각 대역의 scale factor는 비균일 양자화기로 부호화하여 전송한다.

MIT에서 제안한 방식에서는 입력 데이터를 주파

수 대역으로 변환한 후 각 프레임 데이터별로 인간의 청각 특성에 맞게 부호화 한다. 기준이 되는 변환계수는 고정비트로, 나머지 변환계수는 가변비트로 각각 부호화 되어 전송된다.

MPEG의 음성 압축방식에서는 대역분할 부호화 기법을 사용하고, 인간의 청각 특성인 임계대역과 매스킹 현상을 이용하므로써 채널 당 64kbps ~196kbps 까지 가변적으로 부호화 할 수 있다.

적용 분야에 따라 서로 다른 복잡도와 성능을 제공한다.

2.2 MPEG 음성 부호화

디지털 음성 압축기술과 관련된 ISO/MPEG의 표준화 활동은 1988년부터 시작되었으며, 그후 세가지 계층 구조를 갖는 부호화 알고리즘이 정의되었다.

• 부호화기 기본 구조

청각 특성을 이용하는 부호화 방식의 기본 구조는 그림5와 같다.

- 입력신호를 부표본화된 주파수 성분으로 나누기 위해 시간/주파수 변환(필터뱅크)을 한다.
- 필터 뱅크의 출력신호를 이용해서 실제의 매스킹 threshold를 추출한다.
- 분할대역 샘플값들을 양자화 한 후 양자화 잡음을 매스킹 threshold 이하로 낮추기 위해 부호화한다.
- 부호화된 샘플, 부가 정보 등으로 구성된 비트열을 프레임 구조로 만든다.

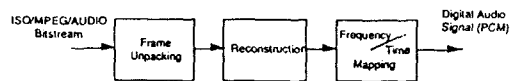
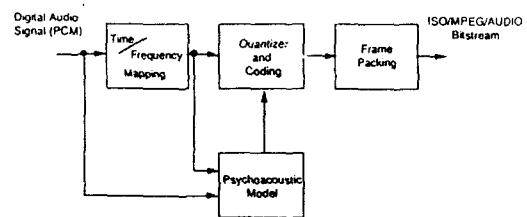


그림 5. MPEG 음성 부호화방식의 기본 블럭도

• 계층 구조

Layer I과 Layer II는 입력 데이터열을 32개의 분할 대역으로 나눈 후 청각 특성 모델에 근거하여 양자화하고 부호화 한다.

Layer I은 단순화된 MUSICAM 방식으로서 매우 낮은 데이터율을 필요로 하는 상업용에 적합하다.

Layer II는 scalefactor에 존재하는 중복성을 제거하고 좀더 정밀한 양자화를 사용하므로써 Layer I에 비해 좀더 높은 압축율을 갖는다.

Layer III에서는 하이브리드 필터뱅크를 사용하여 주파수 해상도를 높였으며 부호화 효율을 높이기 위해 비균일 양자화, 엔트로피 부호화 등이 사용되었다.

3. 다중화 및 암호화 방식

3.1 다중화 방식

다중화 방식으로서 표준화가 진행되고 있고 위성 방송에도 적용가능성이 큰 방식은 MPEG-2 시스템 규격이며 이를 바탕으로 그림6과 같이 기초 스트림(Packetized Elementary Stream)과 운송 스트림(Transport Stream)의 계층 구조를 가진 다중화 방식을 구성할 수 있다.

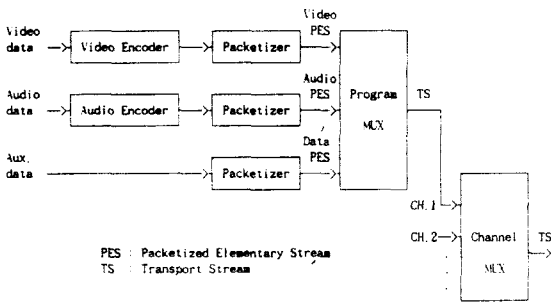


그림 6. MPEG-2에 기초한 다중화 방식

1) 기초 스트림(PES)

기초 스트림은 PES 패킷으로 구성되며 그 길이는 규정되어 있지 않다. 패킷헤더는 프로그램의 동기화를 위한 PTS/DTS(Presentation Time Stamp/Decoding Time Stamp)와 시스템 기준 클럭 ESCR(Elementary System Clock Reference) 및 optional flag 등으로 구성된다.

2) 운송 스트림(TS)

운송 스트림은 총 188 바이트의 패킷으로 구성되며, 4 바이트의 패킷 헤더와 적응 필드 및 패킷 데이터 바이트로 구성된다. 패킷 헤더에는 패킷의 형태를 알려주는 PID(Packet ID)가 있으며, 적응 필드는 각 프로그램의 기준 클럭을 위한 PCR(Program Clock Reference) 및 optional flag 등으로 구성된다.

3.2 암호화 방식

특정 프로그램이나 데이터 서비스를 공인된 가입자들에게만 제공하고 비공인 가입자들에게는 제공하지 않는 한정수신방식의 방송 서비스를 위하여는 전송되는 데이터를 암호화하여야 한다. 이러한 한정 방식에서는 다음과 같은 3가지 주요 기능, 즉 Scrambling/Descrambling 기능, Entitlement Checking 기능, Entitlement Management 기능이 수행되어야 한다.

1) Scrambling/Descrambling 기능

일정시간마다 Scrambling 또는 Descrambling의 재초기화가 요구된다. 이때 비공인 가입자의 불법 도시청을 방지하기 위하여 초기화워드의 변경을 위한 제어워드(control word)가 필요하다. 제어워드는 수초 내지 수십초의 단위로 가능한 빨리 변경함으로써 보안성을 높일 수 있다.

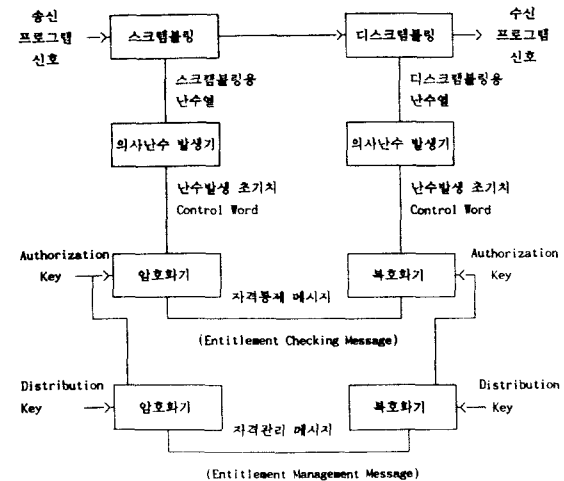


그림 7. 한정 수신 기능의 기본 구성

2) Entitlement Checking 기능

공인된 가입자들이 암호화된 제어워드를 이용해서

프로그램을 볼 수 있도록 필요한 데이터를 보내주는 기능으로서 ECM을 통해 전송된다. 이때 ECM(Entitlement Checking Message)은 Authorization 키에 의해 보호되며 키 주기는 월 단위로 변경된다.

### 3) Entitlement Management 기능

수신자들에게 프로그램 분배해 주는 기능으로서 가능한 한 여러 경우에 따른 분배 방법, 즉 Pre-booked pay-per-view, Impulse pay-per-view, Subscription-per-theme 등과 같은 방법이 고려되어야 한다. 필요한 데이터는 EMM(Entitlement Management Message)을 통해 전송되며 Distribution 키에 의해 EMM이 보호된다. 일반적으로 Distribution 키는 암호화 장치의 security 모듈에 포함되어 있다.

### 4. 채널 부호화 방식

채널 부호화 방식을 정하기 위해서는 목표 비트오율과 부호율, 하드웨어 구현가능성 등이 방식 결정을 위한 주요 항목으로 주어져야 한다.

전체 전송채널의 목표 비트오율은  $10^{-10}$ 이며, 이 값은 다소 유동적일 수 있다. 목표 비트오율을 정하기 위해서는 CCIR의 화질 등급표에 제시된 등급중 어느 한 값(예)4.5)의 화질을 목표로 삼고, 여러 가지 화면에 대해 인위적인 비트오율을 첨가시켜, 목표로 삼은 화질과 같은 수준이 되게 하는 비트오율을 목표 비트오율로 정해야 하지만 현재의 여건상 유동적인 비트오율을 목표로 삼을 수 밖에 없다.

부호율은 통상 변조기의 입력 전송속도와 채널 MUX의 출력 전송속도 비가 된다. 그러나 부호율은 채널 부호화 방식의 성능, 즉 목표 비트오율과 밀접한 관계가 있으므로 변조기의 입력 전송속도와 채널 MUX의 출력 전송속도의 결정시 동시에 고려되어야 할 항목이다. 잠정적인 부호율은 대략 60~80% 정도이다.

방송은 일반적으로 단방향 전송이므로, 순방향 오류정정 부호(FEC)가 사용된다. 또 보다 나은 오류정정 능력을 얻기 위해서는 두가지 채널 부호를 연결한 Concatenated 부호가 사용된다. Concatenated 부호에서 변조기 쪽의 부호를 안쪽 부호(Inner Code), 신호원 쪽의 부호를 바깥 부호(Outer Code)라고 통상 칭하며, 안쪽 부호기와 바깥 부호기 사이에는 안쪽 부호에서 정정하지 못하거나 잘못 정정한 연접오류를 분산시키는 역할을 하는 인터리버를 둔다.

통상적인 Concatenated 부호화기의 오류정정 절차를 보면, 안쪽 부호기에서 임의 오류를 정정하고 정정

하지 못한 연접오류는 디인터리버에서 분산시키고 바깥 부호기에서 잔여 오류를 정정한다. 오류정정 부호에 연관정 기능을 부가할 경우 얻을수 있는 부호이득은 이론적으로 3dB 정도이고 실제 구현할 경우에는 2dB 정도의 값을 얻을 수 있다. 일반적으로 블럭 부호에서는 연관정 복호를 적용하기 곤란하고, 길쌈 부호에서 주로 연관정 복호가 사용된다.

### 4.1 Concatenated 부호 방식

Concatenated 부호 방식을 사용한다면 아래와 같은 두가지 방법이 있다.

- ① 블럭부호1(바깥부호) + 인터리버 + 블럭부호2 (안쪽부호)
- ② 블럭부호1(바깥부호) + 인터리버 + 블럭부호 (안쪽부호)

여기서 블럭부호2와 길쌈부호는 8 레벨 정도의 연관정을 할 수 있는 복호방법을 사용함이 바람직하고, 인터리버는 발생하는 연접오류의 평균길이에 해당하는 깊이(Depth)를 갖고 있어 평균 연접오류에 대한 분산기능을 가지는 것으로 한다. 블럭부호1의 경우는 안쪽부호와 인터리버를 거쳐도 분산되지 않은 연접오류의 정정 능력을 갖고 있어야 한다.

블럭부호2에는 길쌈부호와 같이 연관정을 적용할 수 있는 부호방식을 사용함이 부호이득 측면에서 유리하다. 즉 복조된 신호에 연관정을 적용하므로써 전송 채널 상태를 복호시 반영할 수 있어 결과적으로 경관정의 경우보다 약 2dB 정도의 부호이득을 얻을 수 있다. 이러한 잇점이 있기에 간단한 형태의 블럭부호에는 복호시 연관정을 적용시킨 경우도 있으며 실제 ASIC 등의 하드웨어로 구현된 예가 있다. 그런 현재까지는 BCH, RS 등의 일반적인 블럭 부호의 경우 연관정 복호 방법을 적용시키는 것은 일반적으로 그 구현이 쉽지 않다.

이상에서 볼때 블럭부호1에 해당하는 부호에는 BCH 부호와 RS 부호가 적합하고, 인터리버는 간단하면서도 분산능력이 뛰어난 것이 적합하다고 판단되며, 안쪽부호에는 길쌈부호를 적용하는 것이 무난하다. 길쌈부호는 복호방법의 선택에 따라 적용 가능한 환경이 다르며, 위성채널에 무난히 적용할 수 있는 복호방법으로는 Viterbi 복호법과 순차복호법이 있다. 이 두가지 복호방법중 순차복호법은 채널환경 조건에 따라 계산량이 변하여 하드웨어 구현시 어려움이 있으므로, Viterbi 복호법이 더 적당한 복호방법이라고 하겠다.

**4.2 블럭 부호 방식의 성능과 최적 부호율**

RS 부호와 BCH 부호의 성능을 비교한 여러 문헌에서는 입력되는 채널 비트 오류가 낮을수록 RS 부호가 더 좋은 성능을 보이는 것으로 나와있다. RS 부호에서는 동일 보호율일 경우 블럭길이 n값이 큰 RS 부호가 더 좋은 성능을 보인다.

주어진 비트오율을 얻기 위해서는 송신전력( $E_b/N_0$ )을 높이든지 부호율을 낮추어야 한다. 목표 비트오율이 주어졌을 때 블럭부호의 경우 특정 블럭길이 n에 대해 최소  $E_b/N_0$ 를 갖는 부호율을 찾을 수 있고, 이때의 부호율을 주어진 목표 비트오율과 블럭길이 n에 대한 최적 부호율이라고 할 수 있다. RS 부호의 최적 부호율은 대략 60~70% 정도이며, Concatenated 부호를 사용하지 않고 RS 부호를 단독으로 쓸 경우에는 이러한 최적 부호율을 고려할 필요가 있다.

**4.3 길쌈 부호의 성능**

대표적인 길쌈부호의 복호방법중 대표적인 것으로는 순차 복호법과 Viterbi 복호법이 있다. 순차복호법은 복호시의 계산량이 채널환경 조건에 따라 가변되는 단점이 있어 방송등과 같은 안정적인 채널운용을 요하는 곳에서는 적용이 어렵다. Viterbi 복호방법은 구속장의 길이에 제약을 받지만 성능이 가장 좋은 최적 복호법으로 알려져 있다. 현재 개발된 길쌈부호 ASIC은 Viterbi 복호방법을 하드웨어로 구현한 것이 대부분이다.

**4.4 Concatenated 부호의 성능**

참고문헌 [2]에서는, 60% 이상의 전체 부호율을 가질 경우 바깥부호를 RS(255, 223) 부호로 두고 다양한 안쪽부호를 적용한 Concatenated 부호에 대해 복호 오류를 수학적으로 계산하였다. 안쪽부호는 부호율에 따라 서로 다른 종류의 부호를 사용하였다. 전체 부호율이 80% 이상일때의 안쪽부호는 Shortened Hamming 부호(48/55~24/30)를, 65% 이상일 때는 Shortened BCH 부호(48/61~40/59)를, 50% 이하일 때는 바깥부호로 RS(31, 15) 부호와 안쪽부호로 Biorthogonal 부호(4/8~6/32)를 사용하였다. 안쪽부호와 바깥부호의 사이에는 연립오류를 적절하게 분산시킬 수 있는 인터리버를 두었다.

계산결과 전체 부호율이 65~75% 일때, 전송 채널상의 비트오율이  $10^{-2}$  정도이면 전체 비트오율이  $10^{-10}$  이하의 값을 보였다. 이 값은 오류의 상한(Upper Bound)값이므로 구현정도에 따라서 비트오율이

더 낮아질 수도 있다.

**5. 변복조 및 무선전송 방식**

**5.1 디지털 위성방송을 위한 디지털 변복조 방식**

디지털 변복조 방식을 크게 분류하면, ASK(Amplitude Shift Keying), FSK(Frequency Shift Keying) 등으로 분류할 수 있다. PSK 방식에는 BPSK(Binary PSK), QPSK(Quaternary PSK)등의 M진 PSK 방식이 있으며, ASK 방식에는 M진 QAM(Quadrature Amplitude Modulation)이 있고, OQPSK(Offset QPSK)와 CPFSK(Continuous Phase FSK)방식의 특별한 경우인 MSK(Minimum Shift Keying)방식 등이 있다.

여기서 신호의 크기를 변조하는 방식은 대역효율이 높은 반면 전력효율은 크게 작아진다. 그러므로 여기서는 PSK 방식이 가장 전력효율이 좋으며, QAM 방식은 대역효율이 가장 우수하다고 할 수 있다. FSK 방식은 서로 orthogonal 한 주파수 신호를 전송해야 하므로 가장 많은 주파수 대역을 차지하게 되어 대역효율이 가장 낮다고 볼 수 있다.

디지털 변복조 방식을 선택할 때에 고려해야 할 사항으로는 잡음과 간섭특성, 주파수효율, 전력효율 등이 있으나, 특히 위성을 이용한 전송방식에서는 위성체의 특성이 추가로 고려되어야 하며, 위성체는 송신전력이 제한된 시스템이므로, 전력이용효율이 높은 방식이 요구된다. 그런데 위성체의 TWT증폭기는 비선형특성을 지니므로, 심각한 신호왜곡을 발생시킬 수 있다. 이는 전체 전송 특성에 큰 영향을 주므로 변조방식 선택시에 반드시 고려되어야 한다.

그러므로 위성을 이용한 디지털 변복조방식으로는 QPSK, OQPSK, 8PSK 등의 PSK방식과, MSK 방식 등이 이용될 수 있으나, 8진 이상의 PSK방식은 비선형 특성 및 잡음 등에 영향을 많이 받으므로 QPSK 방식과 같은 성능을 지니기 위해서는 더욱 큰 전력이 요구되며, 수신기도 복잡해지므로 이용에는 다소 어렵다. QAM방식은 대역이용 효율이 높은 반면 전력효율이 PSK에 비해 훨씬 낮으므로 16QAM, 32QAM등의 형태로 지상전송방식에 많이 이용되고 있다.

**5.2 변복조방식의 비교**

디지털 위성방송시 고려될 수 있는 변조방식을 몇 가지 항목 별로 나누어 비교해 보면 다음과 같다.

- 대역 효율
- 전송신호 대역폭 BW은

$$B_w = \frac{(1+A) R_b}{B_b C_b \log_2 M} \text{ 로 정의된다.}$$

- 여기서, M : Number of Modulation Levels
- A : Roll-off Factor
- B<sub>b</sub> : Block Coding Rate
- C<sub>b</sub> : Convolutional Coding Rate
- R<sub>b</sub> : Overall Video + Audio Bit Rate

또한, 대역 효율 Se는

$$Se = \frac{R_b}{B_w} = \frac{B_b C_b \log_2 M}{1+A} \text{ 로 정의된다.}$$

위성을 이용한 송신 정보량을 40 Mbps로 가정할때, 27MHz 대역폭의 위성방송망에서 필요로하는 필수 대역 효율(Requisite Spectral Efficiency)은

$$Se = \frac{40 \text{ Mbps}}{27 \text{ MHz}} = 1.48 \text{ bit/s/Hz} \text{ 이며,}$$

QPSK, OQPSK, MSK 방식은 그 값이 각각 2, 2, 1.7로 이에 적용이 가능하다.

-TWT 비선형 특성 및 대역 제한에 의한 영향

위성망의 TWT 비선형 특성 및 대역 제한에의하여 QPSK 및 MSK는 파형의 일그러짐(CROSSTALK)이 달라져 오류 발생 확률이 다르게된다. 즉, QPSK인 경우, 일그러짐은 I/Q 채널 신호의 극성이 변하는 지점에서 최대가 되며, 샘플링 지점에서 최소가 된다. OQPSK 및 MSK는 I/Q 채널 신호간의 OFFSET으로 인해 샘플링 지점에서 CROSSTALK가 최대가 된다. 이는, 직교축 성분의 EYE OPENING을 열화시키기 때문이며, 더우기, MSK는 대역 제한에 의한 영향으로 더 큰 열화가 발생하여 QPSK보다 훨씬 열화된 특성을 갖는다. 표2는 비선형 특성 및 대역 제한에 의한 열화량을 나타내고 있다.

표 2. 변조방식에 따른 열화량

변조 방식	열화량(dB)	비 고
QPSK	0.4	대역폭 : 27MHz 전송량 : 40.96Mbps
OQPSK	0.6	
MSK	1.4	

-채널간 간섭 특성

WARC-77, FM-TV에서 규정한 Adjacent Channel Protection Ratio 15 dB를 만족하여야 한다.

이 경우 변조 방식에 따라 인접채널에 미치는 간섭 영향이 달라진다.

-하드웨어 열화량 및 양산시의 시스템 마진

실질적으로 변·복조기를 하드웨어로 구현하였을 시에 하드웨어 열화가 발생하고 또한, 양산시에는 양산 마진을 고려하여야 하는데 MSK 방식이 QPSK 방식에 비해 자체 H/W 열화량 및 양산 마진을 고려한 총 H/W 열화량은 0.4dB 정도로 작게 필요로 하므로 조금 우수하다.

-회로 구현성의 복잡도 및 디지털화의 용이성

회로구성은 QPSK를 기준으로 비교하면, OQPSK는 QPSK와 거의 비슷한 복잡도를 지니며 MSK는 복조기 구성에 있어서 아날로그 회로로 구현시 그 구성이 간단하나 디지털 회로로 구현시에는 I&D Filter의 샘플링 주파수가 QPSK에 비해 훨씬(4~5배) 높으므로 이의 회로 구현이 어렵다.

결론적으로 채널 대역폭 27MHz와 전송속도 40~45Mbps 정도에서 그 특성을 비교해보면 MSK 방식은 아날로그회로로 구현시에는 그 구현이 간단하고, 이에 따른 하드웨어 열화량이 QPSK와 OQPSK에 대해 적으나, 대역 효율과 상대적인 대역 제한에 따른 TWT 특성 및 간섭 특성이 QPSK나 OQPSK에 비해 열화가 심한 특성을 나타낸다. 그리고 QPSK 방식은 MSK에 비해 아날로그 회로 구현시에 그 열화량은 약간 크나, 전송로 특성상에 나타나는 TWT 특성이나 대역 제한 및 간섭 특성 그리고, 대역 효율 측면에서 양호한 특성을 나타낸다. 아울러 OQPSK 경우는 전반적인 특성이 QPSK와 비슷하나 TWT 특성이나 간섭 특성 그리고, 회로 구현성에서 QPSK에 비해 열화된 특성을 나타낸다.

### 5.3 무선 전송 방식

세계무선 주관청 회의(WARC-71)에서는 700MHz 대, 2.6GHz대, 12Ghz 대, 42Ghz대, 84GHz 대의 6개 주파수대를 방송 위성 업무에 분배하고 있다. 이들 주파수 대중 무궁화 위성 방송 주파수 대에 관한 기술 기준을 제 1, 3지역(한국은 제3지역)에 대해서 WARC-77에서 규정하고 있다. 이와 관련된 규정을 주요 파라미터별로 나타내면 다음 표와 같다.

지 역	3지역
주파수대(GHz)	11.7-12.2
대역폭(MHz)	500
채널 대역폭(MHz)	27
채널 간격(MHz)	19.18
채널수	24
궤도위차 간격(도)	6
편파	원
송신안테나 빔	타원형
송신안테나최소 빔폭(도)	0.6
C/N(최악월 99%)(dB)	14
수신기 성능지수 G/T(dB/K)	6
개별 수신안테나 빔폭(도)	2
혼신보호비(dB)	
동일 채널	31
인접 채널	15
변조 방식	FM

표에서 규정된 내용은 변조 방식을 FM/TV를 기준으로 하여 설정된 값이다. 그리고 FM 방식 이외의 다른 특성을 가진, 다른 형태의 변조방식을 채택할 경우에도 위의 기준을 만족하도록 하고 있다. 따라서 디지털 위성방송을 고려하는 경우에도 위의 기준을 만족하면서 도입되어야 한다.

이러한 기준을 바탕으로 무궁화 위성을 이용한 디지털 위성방송시 고려되는 특성을 살펴봄으로써 디지털 위성방송시의 무선전송 방식에 대한 전반적인 특성을 알 수 있을 것이다.

• 위성체 송신 등방향 방사전력(EIRP)

- WARC-77에는 채널별로 허용 EIRP를 규정하고 있다.

- 위성체의 송신 안테나 이득은 위성체 빔의 형태에 따라  $G_{max} = 44.44 - \log a - \log b$  (a: 타원빔의 장축(°), b: 타원 빔의 단축(°)로 주어진다.

- 이밖에도 송신 지구국에서 고려되는 사항은 안테나의 피더 손실이나 포인팅 손실 등의 고려가 필요하다.

- 이 경우 무궁화 위성의 방송 중계기의 경우 서비스 영역의 외곽 지역(EOC: Edge of Coverage)에서 EIRP는 59.4dBW 정도의 값을 가진다.

• 하향 링크 자유공간손실(free space loss)

- 지구국과 위성체 사이의 거리에 따른 신호의 손

실 정도를 나타내며, 그 값은 약 20.5.5 dB 정도의 값을 가진다.

• 강우 감쇄량

- 최악월 99%의 시간율에 대한 하향 회선에서의 강우감쇄량은 약 2.7dB 전후의 값을 가진다.

• 채널간 간섭 혼신 보호비

- 디지털 TV 신호의 위성전송시에 다른 채널로부터 받는 간섭 및 다른 채널에 미치는 간섭 영향은 아나로그 전송시 규정된 간섭 정도를 만족하여야 한다.

• 기타 고려사항

- 링크에서의 대기흡수 손실이나 안테나 포인팅 손실은 Ku 미만의 주파수 대와 비교할때 전체 링크 상에서 무시할 수 없을 정도의 값을 가지나 강우 감쇄나 자유 공간 손실에 비해 상대적으로 작은 감쇄를 나타내며, 신호 감쇄 정도는 1dB 미만의 값을 가진다.

IV. 디지털 위성방송 전송방식의 예

현재 실례를 들 수 있는 위성 전송방식들은 표3과 같이 세가지 방식이 있다. 이들 중 SkyPix 사업은 실현되지 않았지만 이 사업에 사용될 예정이었던 CLIS사의 Spectrum Saver 시스템은 Business TV 용으로 실용되고 있으며 현재 한국통신의 인텔샤프트 임차위성 사업에도 사용되고 있다. 이외에 미국의 고선명 TV 방식들 중에서 Zenith-AT&T의 DSC-HDTV는 MSK 변조방식을 이용하여, ATRC의 ADTV는 QPSK 방식을 사용하여 위성채널 전송을 제한하고 있으나 구체적인 계획이나 H/W 개발이 진행되지는 않고 있다.

표에서 볼 수 있는 바와 같이 영상 대역압축방식은 현재 세계적인 추세에 따라 운동보상된 DCT 방식에 근간을 두고 있으며 DirecTV는 MPEG-1의 구조에 따라 MPEG-1.5라고 부르는 방식을 CLIS가 개발하여 적용할 계획이며 GI는 DigiSat은 자사의 고선명 TV 방식인 DigiCipher에 기초한 독자방식을 사용하고 있으나 양사 모두 1994년 중에는 MPEG-2 규격에 맞추어 시스템을 개발하고 추후 보급된 H/W를 교체할 계획이라고 한다.

그외의 전송방식에 있어서는 DirecTV와 DigiSat이 거의 같이 TDM 다중방식과 QPSK 변조방식을 사용하고 채널 부호로서는 Reed Solomon 부호와 3/4 길쌈 부호를 연접하여 사용하고 있다. 반면에 SkyPix에서

표 3. 디지털 위성방식의 비교

항 목		SkyPix	DirecTV	DigiSat
참여 업체		Northwest Starscan	HCI, Thomson, News Datacom	General Instrument
사업규모	중계기 수	SBS-6 위성중계기 10기	HS-601 위성중계기 32기	미 정
	채널 수	약 80채널	108채널	
서비스개시		1992년 중순	1994년 초	1992년 초
중계기 대역폭		36 MHz	24 MHz	24 MHz
중계기당채널수		8채널	NTSC 1-10채널 HDTV 1-2 채널	NTSC 2-10채널 HDTV 1-2 채널
대역압축방식		DCT+운동보상원 프레임간코딩	MPEG <sup>2</sup> (Thomson) - 운동보상원 ICT	운동보상원 ICT
전송데이터양	영상	1.73/1.95/4.36 Mbps		중계기 당 40Mbps
	음성	200 Kbps stereo X 2채널	128 Kbps X 4채널	
	오류정정	800 Kbps / - / -		
변조방식		QPSK	QPSK	QPSK
다중화		FDM	TDM	TDM
채널부호화	사용부호	Reed-Solomon	Convolution/Reed-Solomon	Convolution/Reed-Solomon
	부호율	3/4	3/4	3/4
	정정능력	16 bit error/1056 bit block		
요구CN		?	6.9 dB (BER = 10 <sup>-8</sup> )	?
신호품질		Super VHS 수준	CCIR 등급 4.5 (99.7% 가용도)	?
수신기 가격		\$ 850 예상	\$ 700 예상	\$ 2000 예상
Encryption		?	Smart Card	?
서비스 호환성		있음	있음	있음
서비스 융통성		있음	있음	있음

는 한 중계기 내에서 8개의 채널을 독립된 반송파에 실어 전송하는 FDM 방식을 사용하고 변조방식은 QPSK로 같으나 오류정정을 위하여 블록부호만을 사용하고 있다. 이러한 SkyPix 시스템의 장점은 송신기의 구조를 단순하게 하여 가격을 저렴하게 할 뿐만 아니라 각 채널을 한 곳에서 집중, 다중화하지 않고 개별적으로 송신할 수 있어 Business TV 시스템이나 위성 뉴스수집 시스템에 적용하기에 적합하다. 반면에 위성중계기의 출력을 최대로 활용할 수 없기 때문에 수신용 안테나의 크기를 크게 하여야 하고 품질이 상대적으로 좋지 않아 개별 수신을 위한 직접위성방송 시스템으로는 적합하지 못하다.

### V. 결 론

살펴본 바와 같이 아직도 디지털 위성방송방식과 시스템이 구현되거나 표준화된 예가 부족한 것이 사실이다. 그러나 관련 부분기술에 있어서는 급속한 발전을 보이고 있고 근자에 들어 반도체 ASIC 기술의 발전으로 이론으로부터 제품화까지 그리고 개발된 제품을 개량하기에까지 이르는 주기가 급속히 단축되고 있어 향후 1, 2년 이내에 위성뿐만 아니라 여타 전송매체, 유사 가정용 기기에 이르기까지 관련기술의 상용화가 급속히 진전될 것으로 전망된다.

이렇듯 세계적으로 방송전송방식의 일대 변혁을

일으키고 있는 과정에서 향후 20-30년간을 사용하여야 할 위성방송방식을 디지털 방식으로 결정함에 있어서 추구하고자 하였던 중요한 목적이

- 장기적으로 국민들에게 다양하고 고품질의 서비스를 저렴하게 제공하는 것

- 상대적으로 경쟁력을 상실하여 시장을 빼앗기고 있는 국내기업을 위하여 국내시장을 보호하고 기술개발을 유도하는 것

이라고 볼 때 이러한 목적을 최대한으로 달성하기 위해 노력하여야 할 것이다. 한편 1995년 4월로 예정된 무궁화 위성 발사와 이에 따른 1996년 초의 시험방송 시기에 맞추어 국민에 대한 약속을 지켜야 할 것이다.

이와같은 복합적 목적달성을 위하여 고려하여야 할 바를 아래와 같이 서브시스템 및 부품과 관련된 방식을 설정하는 경우와 전체적인 시스템 구성과 관련된 방식을 설정하는 경우로 나누어 살펴 보고자 한다.

### 1) 서브시스템 및 부품 구성과 관련된 전송방식 설정

서브시스템 및 부품과 관련된 전송방식을 설정함에 있어서는

- 최근 세계적으로 관련기술의 표준화가 급속히 진전되고 있음
- 서비스의 조기 보급을 위하여서는 방송 수신기가 저렴하여야 하며 이를 위하여는 특히 ASIC 부품의 대량생산이 이루어져야 하고 따라서 가능한 한 수출도 가능하여야 함
- 최근 반도체 부품기술 개발로 국내기업의 경쟁력이 향상되고 있음
- 핵심부품과 관련된 전송방식이 다양한 서비스의 제공과 발전을 좌우함

등을 고려할 때 가능한 국제적으로 표준화된 방식을 채택하는 것이 서비스의 제공뿐만 아니라 국내 산업 육성에도 바람직할 것이다.

### 2) 시스템의 구성과 관련된 전송방식 설정

현재 세계적이나 지역적으로도 디지털 위성방송방식의 표준화가 이루어지지 않고 있으며 앞으로도 시스템 수준의 세계적 전송방식 표준화는 이루어지지 않을 것으로 판단된다. 부품과는 달리 시스템의 구성과 관련된 전송방식에 있어서는 세계적으로 각국이 부분적이거나 상이한 방식을 채택하여 세트 수준의 제품시장을 보호하고자 하고 있으며 따라서 기본기

술이 표준화되는 경우에도 국내제품을 그대로 외국에 수출할 수 있는 가능성은 없을 것이다. 과거에 일본이 미국의 방식을 도입하면서도 채널을 달리하여 자국의 시장을 보호한 것이 그러한 대표적인 예가 될 것이다.

따라서 우리도 부품과 관련된 방식에 있어서는 세계적인 표준화 추세를 따르되 시스템의 구성에 영향을 미치는 전송방식에 있어서는 가능한 한 고유의 방식을 설계하여 사용하는 것이 바람직할 것이다. 이러한 시장보호 목적의 달성을 위하여는 관련 기업의 능동적인 수신기 설계연구가 필요하며 기업 스스로 시장을 보호하고자 하는 구체적 방식의 제안이 요청된다.

## 참 고 문 헌

1. W. W. Wu, *Elements of Digital Satellite Communications Volume II*, Computer Science Press Inc., 1985.
2. W. Paik, "DigiCiper-All Digital Channel Compatible HDTV Broadcast System" IEEE Trans. Broadcasting, Vol. 36, No.4, Dec., 1990.
3. Telspan Special Report Dec., 5, 1990.
4. Hughes Communication "Request for Information on Sky Cable DBS Network Technology," June, 15, 1990.
5. The ATRC, "Advanced Digital Television System Description," Submitted to FCC/ACATS, Feb., 27, 1991.
6. Clarke Bishop, "Compressed Digital Video Technologies for Business Television Application," 1991.
7. Shu Lin and T. Kasami, "An Interleaved Error Control Coding Scheme for/Satellite and Space Communications," GLOBECOM, pp.292-296, 1987.
8. W. Wu, D. Haccoun, R. PEILE and Y. Hirata, "Coding for Satellite Communication," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.SAC-5, No.4, May 1987.
9. T. Kasezawa, T. Shinohara, T. Nakai and M. Nishida, "HDTV Digital Transmission through Satellite Channel," International Workshop on HDTV '92 in Kawasaki Japan, Proceedings Vol. II, pp.68.1-68.8, Nov. 18-20, 1992.
10. 한국전자통신 연구소 보고서, 고성명 TV 전송 기술 개발, 12, 1992.

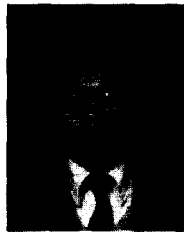


- 11. Naoki Kawai, "ISDB Transmission System in 12 GHz band Digital Satellite Broadcasting," NHK S & TRL, 1992.
- 12. R. De Gaudenzi, "Analysis of Satellite Broadcasting System for Digital Television" IEEE, Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 11 Jan., 1993.
- 13. Radio Regulations Appendix 30, ITU, Geneva, 1990.
- 14. 디지털텔레비-방송 통신 콘ピュータ의融合, 日經ニューメディア, 1992. 11.
- 15. 畫像의 情報處理, 日經社, 1978.
- 16. K. Brandenburg et al, "The ISO/MPEG-Audio Codec: A Generic Standard for Coding of High Quality Digital Audio," 92nd AES Convention, 1992.



任 春 植

- 1952年 4月 3日生
- 1975年 2月: 韓國航空大學校 通信工學科 通信工學士
- 1986年 2月: 韓國航空大學校 通信工學科 電子工學碩士
- 1992年 2月: 國立 요코하마大學校 工學部 電子情報工學科 通信工學 博士
- 1978年 4月~1980年 7月: 國防科學研究所
- 1980年 8月~現在: 韓國電子通信研究所 衛星通信 서비스研究室長 歷任 現在 衛星通信研究團 地上시스템 研究部長
- 主 관심분야: 이동통신, 위성통신, 방송 시스템



朴 宰 弘

- 1956年 8月 25日生
- 1978年 2月: 서울大學校 工科大學 工教科 電子工學士
- 1980年 2月: 서울大學校 工科大學 電子工學 碩士
- 1991年 2月: 서울大學校 工科大學 電子工學 博士 過程修了
- 1979年 12月~1985年 6月: 國防科學研究所
- 1985年 7月~現在: 韓國電子通信研究所 衛星通信研究室長, 衛星通信 서비스研究室長 歷任 現在 衛星放送 시스템 研究室長
- 主 관심분야: 위성통신, 방송 시스템



鄭 善 鐘

- 1943年 1月 6日生
- 1964年 2月: 서울大學校 工科大學 電氣工學士
- 1969年 6月: South Dakota 州立大學 電子工學 碩士
- 1976年 7月: Pennsylvania 州立大學 宇宙通信 博士
- 1969年~1972年: Control Data 研究所 勤務
- 1976年~1982年: NASA Jhonson Space Center 勤務
- 1983年~現在: 韓國電子通信研究所 ISDN研究部長, 컴퓨터 開發團長 歷任 現在 衛星通信研究團長
- 主 관심분야: 위성통신, 데이터 통신