

DIGITAL-DBS CHANNEL부 구조및 기능분석

장 규 상

(삼성전자 신호처리연구소)

□ 차 례 □

I. 서 론

II. 위성방송의 구성 및 주파수 할당

III. CHANNEL CODING

IV. MODULATION

V. 수신기 Channel부 구조

VI. 결 론

요 약

본고에서는 디지털 위성방송 시스템의 구성요소중 channel부의 구조및 기능분석을 국내 디지털 DBS를 기준으로 설명하였다. Channel부는 channel coding과 modulation 기능을 수행한다. Channel coding은 Reed Soloman code, interleaving, convolutional code를 연립하여 사용하고, modulation은 QPSK와 raised cosine pulse shaping을 한다. 수신기의 channel부는 antenna, LNB, tuner, QPSK 복조기, Viterbi, deinterleaver, RS decoder로 구성되어 있다.

I. 서 론

위성방송이란 일반가정에서 직접 수신하는것을 목적으로 방송신호를 우주상의 중계기를 통하여 재전송하는 방송방식을 말한다. 최근기술의 발달로 소형의 안테나와 수신장치의 설치로 직접수신이 가능해져 널리 보급되고 있다. 위성방송의 장점은 지상방송에 비해 작은 출력으로 넓은 면적에 균일한 양질의 방송이 가능하며, 지형적인 수신장애 및 ghost 현상을 줄일 수 있다. 단점으로는 지역방송이 불가능하며, 높은 신뢰도 요구로 대규모 투자가 필요하며, 전파 월경 문제가 발생하는 점이다.

통신및 위성방송 서비스를 목적으로하는 무궁화위성이 1995년에 발사된다. 무궁화위성은 주위성과 예비용 보조위성으로 되어있다. 이 위성들은 적도상공

36,000 km,동경 116도에 정지하여 지상에서 발사된 신호를 중계하는 기능을 한다. 각 위성은 12개의 통신용 중계기와 3개의 방송용 중계기를 탑재하고있다 (표1)[1]. 통신용 중계기는 fixed satellite(FS)라 부르며 bandwidth는 36 MHz, 출력은 14W이며 주로 TV 방송 및 시외전화 중계에 사용된다. 방송용 중계기는 broadcasting satellite(BS)라 부르며 bandwidth는 27 MHz 이고 출력은 120W로 매우 크기때문에 위성에서 직접방송이 가능하다. 이와같은 위성방송을 DBS(Direct Broadcasting Service)라 하며, 1996년부터 digital 방식으로 실시할 계획이다. 현재 국내에서는 이미 일본의 NHK와 홍콩의 STAT-TV 위성방송이 수신되고 있는데 이들은 모두 analog 방식이다. Digital DBS는 94년부터 미국의 DirectTV사에서 성공적으로 실시하고 있으며, 유럽에서는 DVB 규격을 제정하여 적극적

으로 준비를 하고있다. Digital DBS는 digital 압축기술을 사용하여 하나의 중계기로 4개이상의 TV 신호를 동시에 방송할 수 있는데, analog DBS는 한 중계기당 하나의 TV 신호만 방송할수 있다. 국내 위성방송의 규격은 한국전자통신연구소와 관련업체가 협의하여 작성하였다[2].

2장에서는 위성방송 전체 system 및 주파수 할당에 관해서 소개하고, 3장에서는 channel coding, 4장에서는 modulation과 down link budget에 관해 설명하였다. 5장에서는 수신기의 구성과 각 부품의 기능에 관하여 설명하였다.

표 1. 무궁화위성의 제원 및 서비스

위성의 명칭	무궁화위성 (KOREASAT)
용도	통신 및 방송 복합 위성
중량	600 Kg (중형)
크기	173.6 × 142 × 195 cm
수명	약 10 년
주파수대	Ku Band (14/12 GHz)
출력	120W(방송용) 3기, 14W(통신용) 12기
제공 서비스	직접 위성방송 (DBS) 국간 중계 비디오 중계

II. 위성방송의 구성 및 주파수 할당

1. 위성방송의 구성

Digital DBS의 크게 3부분으로 구성되어 있는데, TV 신호를 Digital TV 신호로 변환, 압축후 위성으로 전송하는 송신기(Encoder & Transmitter), 우주 공간에서 신호를 수신후 증폭하여 재전송하는 중계기(Transponder), 위성으로부터 중계된 신호를 수신하여 복호화하는 수신기(Integrated Receiver & Decoder)로 되어있다(그림 1).

송신기는 그림 2에서와 같이 video, audio 그리고 data 신호를 MPEG-2 규격에 따라 digital 신호로 변환, 압축후 packet stream으로 구성하여 하나의 digital-TV 신호 stream을 만든다. 여러개의 digital-TV 신호 stream들은 Transport Multiplexer에서 다중화되어 Transport Stream(TS) packet으로 된 후 channel encoder로 보내진다. TS packet은 188 Bytes 단위이며, 유효 data rate(R_u)는 약 34 Mbps 이다.

Channel encoder에서는 전송시 발생하는 error를 보정하기 위하여 channel coding을 하며 coding된 신호는

위성으로 전송되기 위하여 modulation 과정을 거치게 된다[2,3,4]. Channel encoder로 보내진 TS packet들은 먼저 energy dispersal 과정에서 random data stream으로 변환된다. 다음엔, noise와 interference에 의한 data error를 줄이기 위하여 concatenated convolutional and Reed-Solomon coding을 한다. 전송 channel에서 발생하는 ISI(inter symbol interference)를 줄이기 위해 pulse shaping을 한다. Modulation 방식은 QPSK를 사용하는데 그 이유는 위성중계기의 power가 제한되어 있으므로 spectrum 보다는 power efficiency가 우선되기 때문이다. 변조된 신호는 up-converter에서 Ku-band (14GHz) 대역으로 converting된후 HPA(high power amplifier)에서 충분히 증폭되어 송신안테나를 통해 위성으로 발사된다.

위성 중계기(transponder)에서는 14 GHz의 신호를 수신하여 증폭한후 12 GHz로 변환하여 지상으로 재송신한다. 이 신호는 가정용 antenna에 수신되어 LNB에서 증폭된후 1GHz 신호로 변환되어 cable을 통해 tuner로 보내진다. Tuner에서 선택된 신호는 QPSK demodulation되어 FEC decoder에서 전송 error가 보정된후 derandomize되어 MPEG-2 TS packet으로 복원된후 MPEG-2 decoder에서 video, audio, data 신호로 decoding된다.

2. 주파수 할당

Transponder에서 사용하는 carrier 주파수의 할당은 ITU의 위성 서비스 계획안(WARC-77)에 따른다. ITU에서는 전세계를 3개 지역으로 구분하여 사용 주파수 대역을 지정하고 있으며, 한국은 Region 3에 속하여 11.7~12.2 GHz 대역이 허용되고 있다[5]. 사용 주파수 용량을 2배로 높이기위해 짝수와 홀수 channel들이 서로 다른 편파(polarization)의 carrier를 사용한다. 통신위성의 경우는 500 MHz 대역을 V와 H 편파를 사용하여 36 MHz channel 24개를 사용한다. 방송위성의 경우는 RHCP(right handed circularly polarization)과 LHCP(left handed)를 사용하며, 각 channel의 대역폭은 27 MHz이며, 인접 다른 편파 channel과는 19.2 MHz, 동일 편파 channel과는 38.4 MHz 떨어져 있도록 하여 27 MHz channel 을 최대 24개 까지 사용하도록 하고있다. 그리고 한 중계기의 출력이 다른 중계기의 channel에 영향을 줄 수 있는 간섭량은 CCI(Co Channel Interference)는 -31 dB 이하, ACI(adjacent CI)는 -15 dB 이하로 규정하고있다. 무궁화위성은 11.7~12.0 GHz의 300MHz 대역을 사용하며, 한국에 할당된

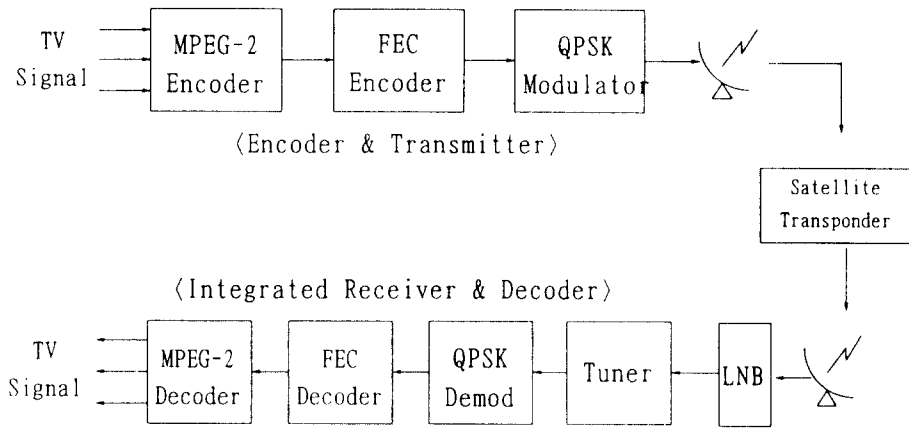


그림 1. Digital DBS System 구성도

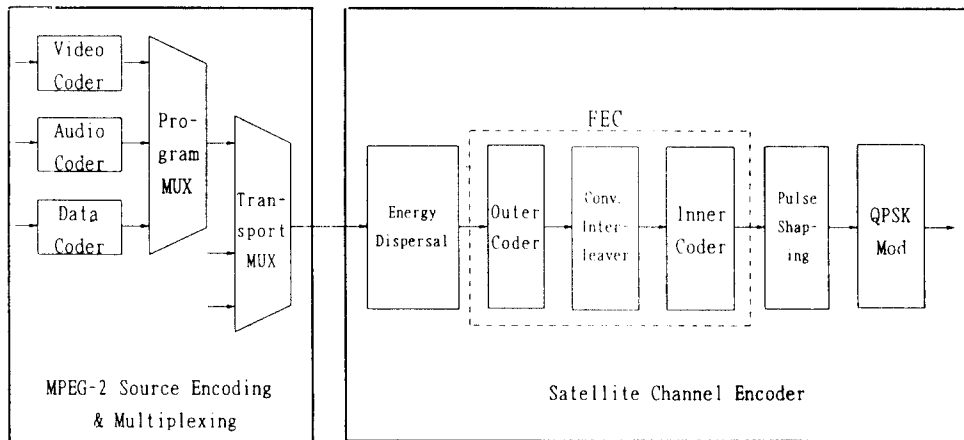


그림 2. 송신기 System Block 도

channel은 2, 4, 6, 8, 10, 12(11.74666-11.93846 GHz)이며 LHCP를 사용한다. 일본은 홀수 channel인 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15(RHCP)를 사용한다. 무궁화위성의 주 위성은 channel 2, 6, 12를 보조위성은 channel 2, 8, 10을 사용하여 최대 5개 channel까지 사용할 계획이다[1].

III. Channel Coding

Channel부는 channel coding과 modulation part로 구성되어 있다. Channel coding은 data 전송시 발생하는 error를 교정하기 위하여 FEC(forward error correction) 방법을 사용한다. FEC는 data를 redundancy bits와 함

께 encoding하여 전송함으로써 수신단에서 error detection 및 correction을 할수 있도록 하였다. FEC는 inner code로서 convolutional code, outer code로서 Reed-Solomon code를 채택하고 그사이에 convolutional interleaving을 하는 concatenated coding을 사용한다. Modulation 부분은 data randomizer(scrambler or energy dispersor), pulse shaping filter, QPSK modem으로 되어있다. Channel coding과 modulation 방식은 유럽의 DVB(Digital Video Broadcasting) 규격[3,4]을 따랐다. 여기서의 channel coding을 encoder 위주로 설명하였다. FEC는 그림 3.1.a. 처럼 energy dispersal 뒤, pulse shaping 앞단에 위치한다.

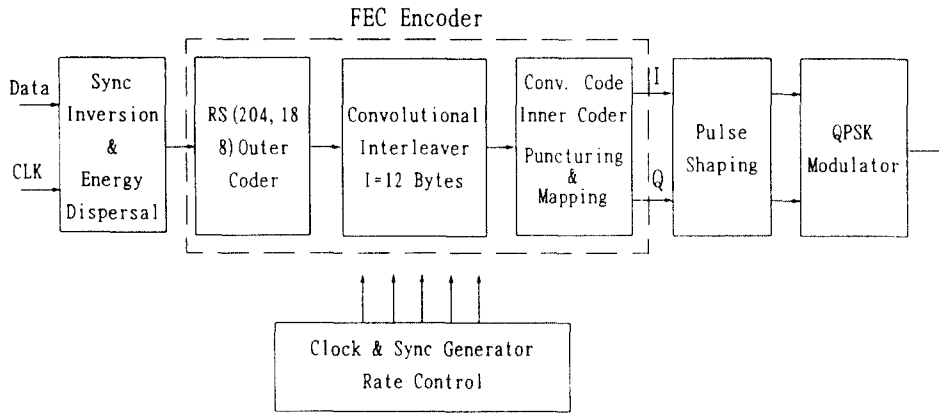


그림 3.1.a. Channel Encoder at Transmitter

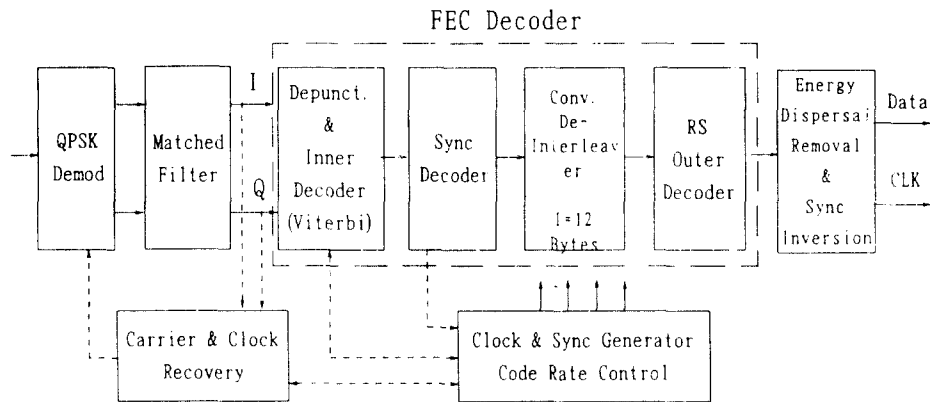


그림 3.1.b. Channel Decoder at Receiver

1. FEC Outer Coding (Reed-Solomon)

최대 8 bytes error 까지 교정할 수 있는 Reed-Solomon code를 사용한다. RS Code는 비교적 간단한 구조로 높은 error correction 능력을 갖고 있다. 입력 packet 크기는 188 bytes 이므로, RS(204, 188, t = 8)인 shortened RS code를 사용하는데, 이는 RS(255, 239, t = 8) code에서 만들어진다. Shortened RS code(204, 188)를 만들기위해, 먼저 51개의 "0" bytes를 packet data 앞단에 연결하여 239 bytes block을 만든후, RS (255, 239) encoder를 사용하여 16 bytes의 parity가 추가된 255 bytes의 RS code를 만든다. 전송시는 앞단의 51개의 "0" bytes는 버린후 204 bytes(188 data bytes +

16 parity bytes)만 전송한다. MPEG-2 Transport Stream (그림 3.2.a)은 energy dispersal부에서 SYNC byte를 제외한 187 bytes가 randomize된후 (그림 3.2.b), RS(204, 188)로 encoding 되어 그림 3.2.c와 같은 error protected packet으로 변환된다. RS coding은 sync byte(47H or B8H)에도 적용된다. Code generator polynomial은 $g(x) = (x + \alpha^0)(x + \alpha^1)(x + \alpha^2) \dots (x + \alpha^{15})$ 이고, field generator polynomial은 $p(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$ 이다.

2. FEC Interleaving

Interleaving은 전송로에서 발생하는 burst error와

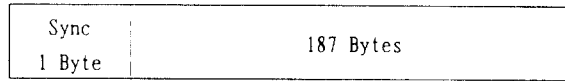


그림 3. 2. a. MPEG-2 Transport MUX Packet

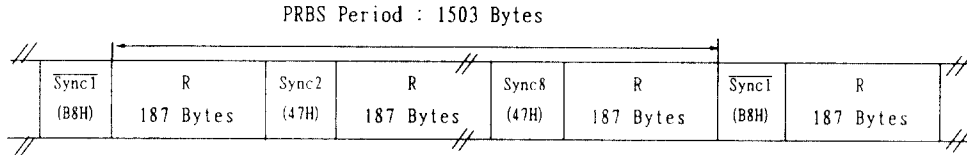


그림 3. 2. b. Randomized Transport Packets : Sync and Randomized Sequence R

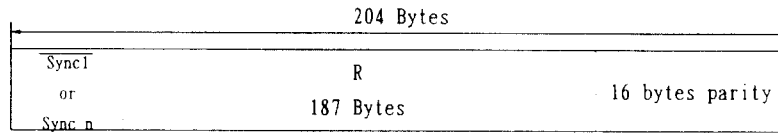


그림 3. 2. c. Reed-Solomon RS (204, 188, T=8) Error Protected Packet

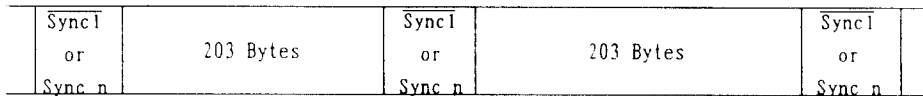


그림 3. 2. d. Interleaved Frames : Interleaving Depth l=12 Bytes

그림 3.2. Framing Structure

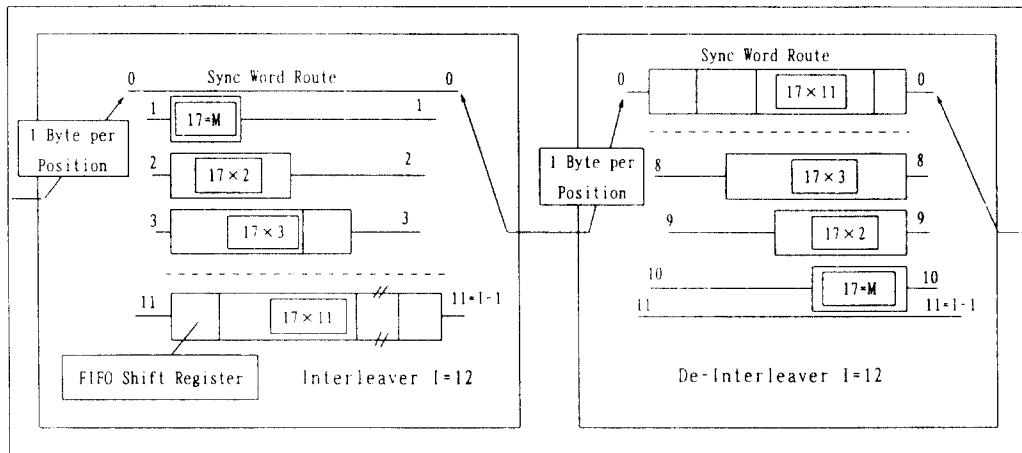


그림 3.3. Convolutional Interleaver and Deinterleaver

convolutional decoder의 error 전파 특성때문에 발생하는 burst error를 분산시켜 RS decoder에서 대부분의 error가 교정되도록 하는 기능을 하는데, block과 convolutional interleaving의 두 가지 방식이 있다. Convolutional 방식은 block 방식에 비해, sync byte의 위치를 유지할 수 있기 때문에 sync tracking이 우수하다. 그리고 chip으로 구현시 size가 1/2로 줄어드는 장점이 있다.

Convolutional interleaving(depth $I=12$)은 error protected packet (그림 3.2.c)을 interleaved frame (그림 3.2.d)으로 변환시킨다. Interleaved frame은 error protected packet이 중첩되어 이루어지며 MPEG-2 sync byte에 의해 구분되어진다. Sync byte의 위치는 204 bytes의 주기성을 유지한다. Interleaver의 구조(그림 3.3)는 12 branches($I=12$)로 되어 있으며 input switch에 의해 주기적으로 input byte stream에 연결되며, output switch에 의해 각 branch로부터 분배받은 byte를 multiplex하여 output stream을 구성한다. 각 branch는 byte 단위의 FIFO shift register이며, 길이는 $M=17$ bytes ($M=N/I$, $N=204$, $I=12$)의 배수이다. Input switch와 output switch는 서로 synchronous하게 동작하며 이를 위하여 sync bytes(47H, B8H)는 항상 branch "0"에 분배된다.

3. FEC Inner Coding (Convolutional)

Rate $R=1/2$, constraint length $K=7$ 인 convolutional

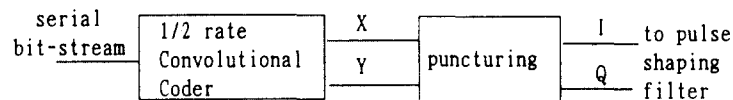
code($G1=171$, $G2=133$)를 기본으로 하는 punctured code를 사용한다(표2). Code rate는 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8이 가능하다. Receiver에서 발생하는 90도 phase ambiguity는 Viterbi decoder 내부에서 error rate를 관찰하므로써 해결하고, 180도 phase ambiguity는 sync와 inverted sync byte를 decoding함으로써 해결한다.

IV. Modulation

1. Energy Dispersal

전송신호의 power spectrum level이 특정 주파수에서 peak가 되지 않도록 input data stream을 random data처럼 변환하여 전송신호의 spectrum energy를 전체 주파수 대역에 분산시킨다. 이같은 randomizing 과정을 scrambling이라고도 한다. Input data stream은 그림 3.2.a와 같이 MPEG-2 TS packet인데, packet의 길이는 188 bytes이며 1 sync byte가 포함되어 있다. Scrambling은 그림 4.1과 같이 IESS-309 방식이다. PRBS generator는 매 8개 TS packets 전송마다 "100101010000000" sequence로 초기화시킨다. Sync byte는 "47H"를 사용하는데, descrambler에 initialization 신호를 보내주기 위하여 첫번째 sync byte는 "B8H"(bit-wise inversion)를 사용한다. PRBS generator의 첫번째 출력 bit은 첫번째 sync byte(B8H) 다음 byte의 첫번째 bit(MSB)부터 적용되며, 그 다음 7개의 sync bytes 동안에도 PRBS generation은 계속되지만 출력은 disable되어 7

표 2. Punctured Convolutional Code Definition



Original Code			Code Rates				
			1/2	2/3	3/4	5/6	7/8
K=7	G1 (X) =171	G2 (Y) =133	X:1	X:10	X:101	X:10101	X:1000101
			Y:1	Y:11	Y:110	Y:11010	Y:1111010
			I=X ₁ Q=Y ₁	I=X ₁ Y ₂ Y ₃ Q=Y ₁ X ₂ Y ₃	I=X ₁ Y ₂ Q=Y ₁ X ₂	I=X ₁ Y ₂ Y ₃ Q=Y ₁ X ₂ X ₃	I=X ₁ Y ₂ Y ₃ Y ₄ Q=Y ₁ Y ₂ X ₃ X ₄
NOTE : 1 = Transmitted Bit 0 = Non Transmitted (Punctured) Bit							

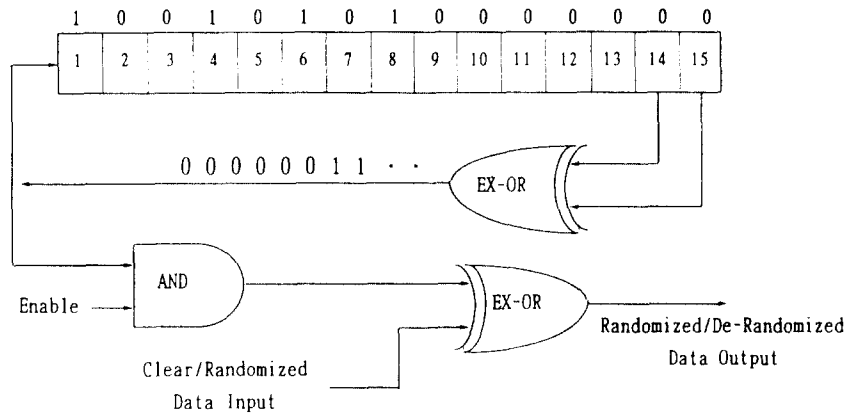


그림 4.1. Energy Dispersal (Randomizer/De-randomizer)

개의 sync byte들은 그대로 전송된다. 따라서 PRBS sequence의 주기는 1503 bytes($188 \times 8 - 1$)이다. 이 방식은 8개 packet마다 초기화 해주기 때문에 scrambling/descrambling 도중에 error가 발생했을 경우 최대 8 packet 후에는 정상 sequence로 복구할 수 있다.

2. Pulse Shaping

Digital data 전송시 channel에서 발생하는 ISI(inter symbol interference)를 최소화 하기위해 pulse shape을 raised cosine shape로 변형하여 전송한다. 이 부분을 baseband (or pulse shaping or Nyquist) filter 라고 부른다. Pulse shaping 과정은 송신부와 수신부에서 동등하

게 나누어 수행하기때문에 송신부나 수신부 한쪽에서만 보면 square-root raised cosine filter 라고 한다. Pulse shape을 결정하는 요소는 roll-off factor라 하며 α 로 표시한다. 여기서는 $\alpha = 0.35$ 를 사용하였고, $2f_n = R_s$ 일때 amplitude 특성은 $-1dB (@ 0.8f_n)$, $-3dB (@ f_n)$, $-35dB$ 이상 ($@ 1.8f_n$)이고, group delay ripple 은 13ns p-p 이내 (upto f_n)를 만족시켜야 한다[4].

3. QPSK Modulation

Modulation은 일반적인 Gray-coded QPSK modulation과 coherent demodulation을 사용하며 absolute mapping(no differential coding)을 이용한다. Gray co-

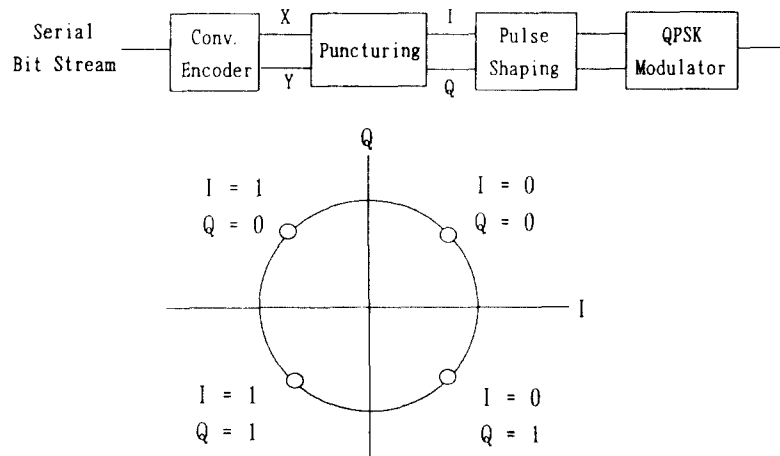


그림 4.2. QPSK Bit Mapping

ding은 서로 인접한 phase의 symbol사이에 오직 1-bit만 다르게 mapping 하는 방법이다. QPSK demodulation시 phase error에 의해 발생하는 error는 대부분 인접 phase symbol로 인식되는 경우이다. 따라서 인접 phase symbol 간에 1 bit만 다르게 coding 하여 사용함으로써 demodulation시에 phase에 의해 발생하는 bit error rate가 최소가 되도록 하였다. 그림 4.2는 QPSK modulator의 bit mapping이다.

FEC inner coder의 I, Q 출력단에서 최대 symbol rate를 R_s , 위성 중계기의 bandwidth를 BW라 하면, R_s 를 제한된 BW로 전송할때 추가로 발생하는 loss의 영향이 거의 없도록 하기 위해서는 $BW/R_s = 1.27$ 정도 이어야한다[4]. 위성 중계기의 $BW = 27$ MHz로 제한되어 있으므로 symbol rate R_s 는 최대값인 21.3 Msym/sec (data rate = 42.6 Mbps)로 정하였다. Inner coder의 code rate가 커질수록 전송되는 정보량은 많아지나, 동일한 BER 값을 얻기 위해서는 큰 $E_b/N_0(C/N)$ 값이 필요하게 된다. 표3은 MPEG-2 Demux에서 QEF (BER = $1E-10$)를 얻기 위하여 필요한 modem에서의 E_b/N_0 의 값을 나타낸 것이다.

표 3. Required E_b/N_0 of the System

Inner Code Rate	1/2	2/3	3/4	5/6	7/8
Required E_b/N_0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.4

(Required E_b/N_0 for : BER = $2E-4$ after Viterbi, QEF after RS-decoder)

4. Down Link Budget

위성 수신부의 down link budget을 계산하려면, 먼저 수신기에서 필요로하는 BER값을 만족시키는 QPSK demodulator의 이상적인 E_b/N_0 (or C/N) 값을 구해야 한다. 다음으로는 수신기의 수신 특성을 계산하고, 위성의 송신출력, 전송시 감쇄 등을 고려하여 clear sky와 rain의 경우에 따라 최종 down link에서 얻을 수 있는 C/N 값을 계산한다. 이 값에서 demodulator를 구현시 발생하는 loss를 뺀 값이 실제 수신기에서 사용하는 C/N 값이 된다. 한국 digital DBS에서는 code rate 7/8을 사용하므로 QEF(BER = $1E-10$)을 얻기 위한 이상적인 $C/N = 8.5$ dB ($E_b/N_0 = 6.4$ dB)를 필요로 한다. 수신기의 noise 특성은 tuner 입력지점에서의 G/T 값으로 표시한다. 직경이 45cm인 antenna를 사용했을 경우 수신기의 G/T 값은 clear sky 경우 10.9 dB/K, rain의 경우 9.0 dB/K이다[2]. 중계기의 송신출력은 EIRP = 59.0 dBW 이다. 우주 공간 전송시 약 205 dB 감쇄되고, 기타의 감쇄 및 수신기의 G/T 등을 고려하여 얻은 최종 down link C/N 값은 clear sky 경우 19.1 dB, rain의 경우 14.4 dB 이다. 그러나 비가올 경우는 up link 감쇄를 동시에 고려해 주어야 하기 때문에 C/N 값은 12.9 dB이다. 이상적인 $C/N = 8.5$ dB에 추가하여, modem 구현시 발생하는 loss 1.5 dB와 channel ISI에 의한 loss 1.8 dB를 더한 link threshold 값, 즉 수신기에서 QEF인 BER = $1E-10$ 을 얻기 위해서

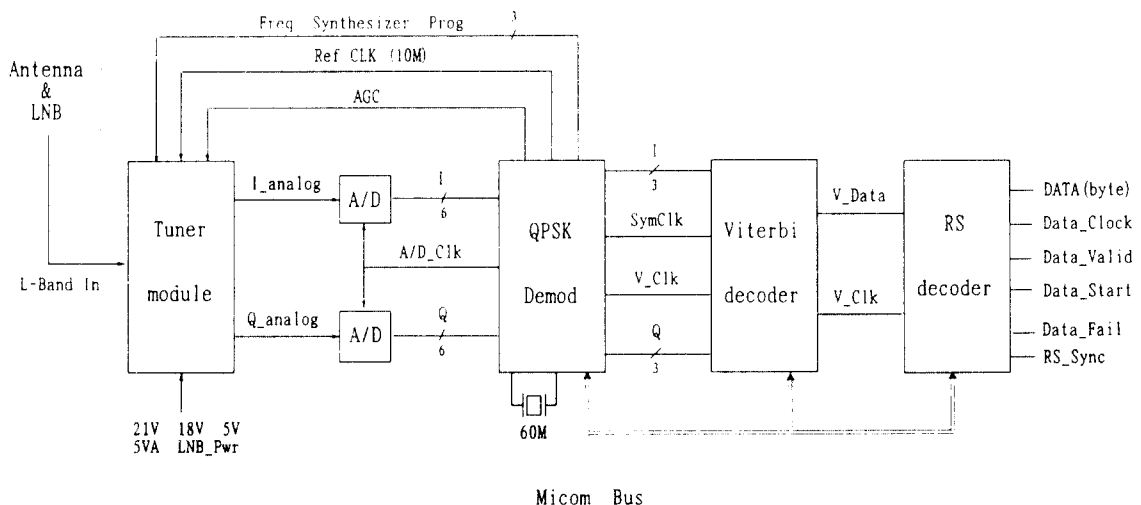


그림 5.1. 수신기 Channel부 Block 도

필요한 최소한의 C/N 값은 11.8 dB이다. Down link C/N 결과와 비교하면, excess margin은 clear sky 경우 7.3 dB, rain의 경우는 1.1 dB의 여유가 있다.

V. 수신기 Channel부 구조

수신기 channel부는 크게 outdoor부와 indoor부로 되어있다. Outdoor부는 antenna, LNB, cable로 이루어져 있고, indoor부는 tuner, QPSK demodulator, FEC decoder로 구성되며 block도는 그림 5.1이다. Channel부의 출력은 MPEG-2 transport stream이며 MPEG decoder에서 복호되어 TV 및 data 신호로 복원된다. 수신기의 구현방법은 가능한 상용부품에 의해 크게 결정된다. 여기서는 당사에서 사용한 부품을 예로들어 설명하였다. 수신기의 주요사양은 아래와 같다.

- Antenna : size = 45 cm, gain = 33 dB, offset type
- LNB : L.O.freq = 10.678 GHz, drift < 2.5 MHz ; noise figure = 1.1 ; conversion gain = 50 dB
- Tuner : input 950~1450 Mhz ; -70~ -20 dBm ; 75 ohm ; AGC range = 50 dB
- Modulation : QPSK, Rs = 21.3 Msps, carrier acquisition range = 2.5 MHz
- IF loopback performance with BER = 1E -10 : Eb/No = 6.4 dB @ rate = 7/8
- FEC decoder : Viterbi(K = 7, rate = 7/8) + De-interleaver(depth = 12) + RS(204,188)

1. Antenna 및 LNB

Antenna는 표면에 전달된 미약한 신호들을 집중시켜 LNB로 전달하는 증폭기 기능을 한다. 국내 DBS 경우 위성의 출력이 매우 크기때문에, 직경 45 cm인 소형 offset type antenna를 사용하며, gain은 약 33 dB이다. Antenna에 의해 집중된 신호는 Feed Horn을 통해 원하는 편향파(LHCP)만 선택되어 LNB에 전달된다. LNB는 low noise amplifier와 block down converter로 되어있다. Antenna에 수신된 신호는 LNB에서 증폭 및 L-band로 down conversion된후, cable을 통과하면서 감쇄되어 tuner에 전달되어, tuner에서 다시 증폭 및 IF로 conversion과 filtering과정을 거친다.

RF 시스템의 성능은 G/T(gain/noise temperature)로 표시하는데, gain은 입력신호의 증폭도이고, noise temperature는 시스템 내부에서 발생하여 추가되는

noise양이다. Noise temperature는 noise figure로 표현하는데 값이 작을수록 좋은 시스템이다. LNB의 gain이 약 50 dB로 매우 크기때문에, 수신기 전체의 noise 특성은 LNB의 noise figure에 의해 결정되며 tuner의 영향은 적다. 따라서 LNB는 noise figure 특성이 매우 좋은 (약 1.1dB) low noise amplifier를 사용한다. LNB 입력신호의 주파수는 12.0 GHz로 매우 높는데 이 신호를 바로 cable을 통해 tuner로 보낼경우 cable에 의한 loss 및 noise 영향이 매우 심하다. 따라서 비교적 낮은 주파수 대역인 1020~1340 MHz(L-band)로 낮추어서 cable을 통해 전송한다. 이 down conversion은 10.678 GHz의 L.O.(local osc.)를 사용하여 한다. L.O.의 long term frequency drift는 최대 2 MHz이다. 이 drift는 micom이 계산하여 tuner에서 보상해준다. LNB에 필요한 전원은 DC 18V, 소비전류는 100 mA 이다. 이 전원은 coax cable을 통해 수신기로부터 공급받는다. Cable은 5C-FB type 이며 impedance는 75 ohm이고, 길이는 15~30 m이다. Cable loss는 약 0.4 dB/m 이므로 약 12 dB loss가 발생한다.

2. Tuner Module

Tuner module은 tuner부와 QPSK 복조기의 analog part를 하나의 shielding case안에 구현한 module이며 block도는 그림 5.2이다. RF 입력신호에서 원하는 channel을 선국하기위해, tuner에서는 PLL과 mixer를 사용하여 479.5 MHz의 중간주파수(IF) 신호로 변환하는데, PLL은 10 MHz의 reference clock을 사용한다. QPSK 복조기는 이 IF 신호를 고정된 주파수(479.5 MHz)의 SAW osc.를 사용하여 analog in-phase(I) 성분과 qadature(Q) 성분의 신호로 복조한다. 이 I 와 Q 신호는 A/D converter에서 sampling되어 QPSK Demod IC로 보내진다.

AGC control 입력은 IF 신호 level을 analog QPSK 복조와 A/D conversion 하기에 적절하게 조절하는데, I & Q 신호 level이 1k Ohm load에서 2 Vpp 가 되도록 한다. 이 control 신호는 QPSK Demod IC로 부터 받는다. Control input voltage의 범위는 1~5V이며 dynamic range는 50dB이다. Filtering은 input, IF, baseband filter로 이루어져 있다. Baseband filter는 Demod IC의 digital filter와 결합하여 pulse shaping을 하는데, 여기에서는 amplitude 특성만 filtering하고, Demod IC에서 phase filtering을 한다. Frequency synthesizer(PLL)는 IF가 479.5 MHz 이므로, F(desired) + 479.5(IF) MHz 값으로 program 한후, Demod IC에서 구한 AFC 값 만큼

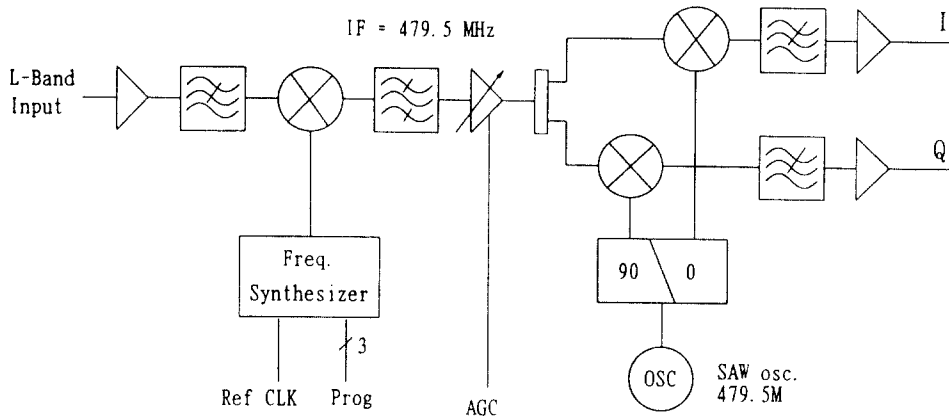


그림 5.2. Tuner Module Block 도

frequency 값을 offset 한다. Long term frequency drift는 micom 에 의해 최대 2 MHz까지 교정한다.

3. QPSK Demodulator (Demod IC)

Tuner module에서 I와 Q로 복조된 analog 신호는 2개의 A/D converter에서 6-bit, symbol rate로 sampling 되어 Demod IC에 입력된다. Demod IC는 입력된 digital I & Q 신호를 이용하여, Carrier Tracking(CT), Symbol Timing Recovery(STR)와 Automatic Gain Control(AGC)을 digital적으로 수행한다. 그림 5.3은 Demod IC의 내부 block도이다. Micom interface를 통해 Demod IC의 control과 status를 관리한다. 다음은 주요 block의 동작에 관한 설명이다.

- Phase Filtering(Group delay equalization): 수신기의 성능은 pulse shaping filter의 amplitude 특성에는 영향이 적으나, phase특성(group delay)에는 큰 영향을 받는다. Group delay는 13 ns p-p로 제한되어 있으며, phase filtering은 linear phase 특성을 갖도록 보상해 주며, analog baseband filter의 cutoff frequency에서 발생하는 급격한 phase transition을 보상하여 준다.

- System Timing: Demod IC 내부 clock과 외부의 A/D converter sampling clock, Tuner reference clock, Viterbi decoder에 필요한 모든 clock들을 60 MHz의 fixed crystal을 source로하여 제공한다. Symbol timing loop 동작 범위는 ± 500 ppm ($21.3\text{M} \pm 10.5$ kHz)이다. 송신기 clock 안정도는 10 ppm, 수신기 crystal의 안정도는 75 ppm이다.

- Automatic Gain Control(AGC): AGC output은 symbol rate로 oversampled sigma-delta modulated bit으로 출력된다. AGC loop의 bandwidth는 1 kHz미만이다. $\tau = 2000\text{Tbaud}$ ($2k * 47n = 0.1$ ms)인 간단한 RC lowpass filter로 reconstruction filtering을 수행한다. Filtered AGC 값은 0~5V의 범위에 있다.

- Soft Decision Outputs: Demodulated I & Q symbol은 3-bit sign-magnitude format으로 soft-decision 된후 Viterbi decoder로 출력된다.

- Es/No Estimator: S/N ratio estimation을 2¹⁶개의 symbol에 대해 행한다. 이 정보는 antenna pointing 방향을 찾을때 사용될수 있다.

4. Viterbi Decoder

그림 5.4는 Viterbi decoder의 block도이다. 주요 block은 input부, decoding부, output부 이며, 추가 선택 block은 differential decoder와 descrambler가 있다. 먼저 incoming symbol stream을 depuncturing 한다. 이 과정은 encoding시 punctured된 symbol을 null symbol로 대체하여 rate = 1/2인 symbol stream으로 변환하는 것이다. 이 변환된 stream은 Viterbi algorithm을 이용하여 decoding된다. Depuncturing을 수행하기 위해서는 2개의 clock 즉 input symbol clock(punctured), output data clock(depunctured)이 필요한데, rate = 7/8 경우 이 두 clock의 비율은 4/7 이다. 이 clock들은 Demod IC에서 발생되어 Viterbi decoder에 공급된다.

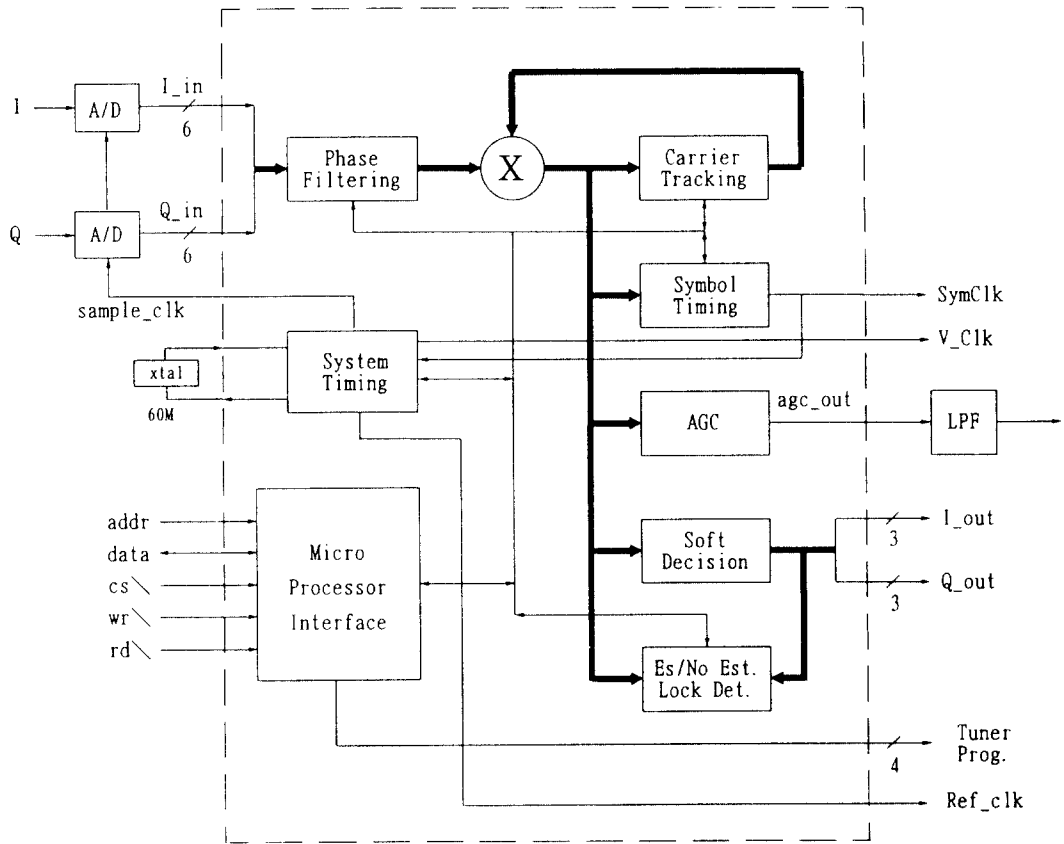


그림 5.3. QPSK Demod IC Block 도

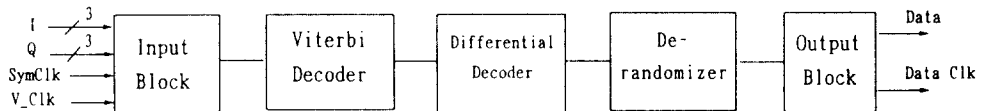


그림 5.4. Viterbi Decoder Block 도

5. RS Decoder

RS decoder ASIC의 주요기능은 sync word detection, de-interleaving, Reed-Solomon decoding, de-randomizing이며, block도는 그림 5.5이다. Input module에서는 Viterbi decoding된 serial bit-stream을 byte-stream으로 변환후 syncword(47H)를 찾는다. De-interleaver에서는 수신한 byte-stream을 재 배열한다. RS decoder에서는 codeword에 대해 error correction과 detection을 한다. Decoded codeword가 출력되는 동안 MPEG packet

의 error indication의 동작과 error signal인 DataFail의 추가때문에 decoded data는 codeword 길이만큼 delay 되어 error correction을 codeword output의 시작과 동시에 이루어지게 한다. De-randomizer는 pseudo random descrambling을 한다. Output module에서는 RS decoder로 수정할 수 없는 error가 발생한 경우는 transport packet_error bit를 "1" 로하여 MPEG decoder에 알려준다. Decoded된 data byte와 clock, 그리고 3개의 indicator 신호인 Data_Fail, Data_Valid, Data_St-

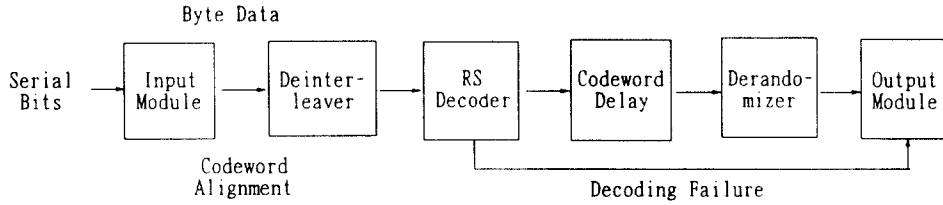


그림 5.5. RS Decoder IC Datapath

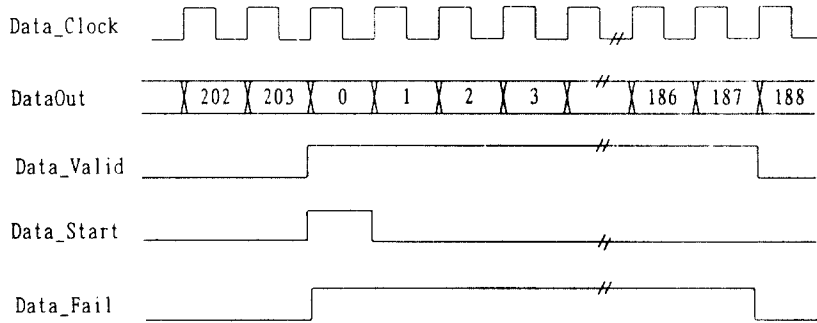


그림 5.6. RS Decoder Output Signals Timing

art들을 MPEG-2 TS Demux로 보내줌으로써 channel decoder의 기능을 완료하게된다.

RS ASIC의 synchronization의 구성은, 먼저 incoming byte stream에서 주기적인 syncword의 detection후 locking하여, deinterleaver의 read와 write pointer를 초기화 시킴과 동시에 derandomizer를 주기적으로 초기화 시킨다. Syncword detection algorithm은 첫번째 syncbyte를 검출한후 예상되는 위치에서 N개의 syncbyte를 찾는 것이다. Deinterleaver의 synchronization은 RS_Sync pin을 통해 알 수 있다. Sync를 잃어버리면 sync algorithm은 re-acquire mode로 다시 시작된다. De-randomizer synchronization은 8번째마다 발생하는 syncbyte의 반전(SYNC1)을 detection함으로써 이루어진다. 이 시점에서 PRBS shift register는 initialize된다.

그림 5.6은 RS Decoder 출력신호의 timing 관계이다. Data_Clock은 연속되는 clock pulse이며, DataOut에는 매 codeword마다 188개의 decoded data bytes(0~187)와 16개의 parity bytes(188~203)가 실린다. Data_Valid는 188개의 data bytes와 16개의 parity bytes를 구별해 준다. Data_Start는 188개 data bytes의 시작을 알려준다.

VI. 결 론

국내 Digital DBS의 channel부 구성은 DVB의 규격을 바탕으로하여 channel coding과 modulation 부분으로 되어있다. Channel coding은 RS(204, 188, $t=8$), convolutional interleaver (depth = 12), convolutional coding($K=7$, rate = 3/4, 7/8)을 사용하여 QEF(BER = $10E-10$)을 구현하였다. Modulation은 8 packets 단위로 randomizing을 한후, raised cosine pulse shaping (roll-off = 0.35), Gray-coded absolute mapping의 QPSK를 사용하였다. 수신기의 channel부는 antenna, LNB, tuner, QPSK demodulator, FEC decoder(Viterbi and RS)로 되어있다. 수신기의 channel부 출력은 MPEG-2 TS packet이다.

참 고 문 헌

1. KOREASAT System Proposal, Vol. III, Technical Proposal Book 1, prepared for Korea Telecom by GETSCO Astro-Space, July 1991.
2. DBS Development and Fabrication Project, Transmitter-Receiver Interface Specification, ETRI, Dec. 1994.

3. European Broadcasting Union(EBU) Document DVB SB 5 (94), "Digital Video Broadcasting Baseline Specification," EBU/ETSI JTC 10 (94) 26, March 1994.
4. ETSI Draft prETS 300 421, "Digital broadcasting systems for television, sound and data services ; Framing structure, channel coding and modulation for 11/12 GHz satellite services," June 1994.
5. ITU Radio Regulations Appendix 30 (ORB-88), 1990 edition.



장 규 상

-
- 1957년 10월 20일 생
 - 1979년 2월 : 서울대학교 공과대학 전자공학과(학사)
 - 1981년 2월 : 한국과학기술원 산업전자과 (석사)
 - 1992년 8월 : 미국 University of California, Davis 전기및 컴퓨터공학과 (박사)
 - 1992년 9월~현재 : 삼성전자 신호처리연구소 수석 연구원
 - 주관심분야 : DBS, 디지털 TV 및 HDTV 전송시스템