

논문96-1-1-01

# 디지털 위성방송 시스템

장 규 상

## Digital DBS System

Gyu-Sang Jang

### 요 약

무궁화 위성을 이용한 디지털 위성방송(DBS) 서비스가 한국통신 용인 송신소에서 실시된다. 위성방송 시스템은 방송국, 송신소, 위성 중계기 및 수신기로 구성된다. 송신소에는 6개의 위성중계기 수 만큼의 송신기가 필요하며, 각 송신기는 MPEG-2 압축기술을 이용하여 4개의 TV프로그램을 압축하고 데이터 서비스와 다중화한 후 RF신호로 변환하여 송출한다. 위성중계기는 수신된 신호를 주파수 변환 및 증폭하여 지상으로 재 송출하고, 수신기는 45cm 안테나를 이용하여 수신한 후 역 다중화를 통해 원하는 프로그램을 선택한 후 디코딩을 하여 원 신호를 복원한다. FEC 부호화와 QPSK 변조를 사용하여 전송 BER 10E-11을 구현하였다. 유료 채널 관리를 위해 한정 수신 시스템, 스마트카드와 모뎀을 사용하였다.

### Abstract

Digital DBS service using Korea Sat starts at Korea Telecom's Yong-in transmission site. Total 6 transmitting stations are needed. At each transmitting station, 4 TV programs are compressed and multiplexed using MPEG-2, modulated into IF, RF signals, then finally transmitted through antenna. At DBS transponder, received signal is down converted, amplified and re-transmitted to earth. At receiver, signal is received by 45cm dish antenna, then wanted program is selected, demultiplexed and decoded. Transmission performance of BER 10E-11 is implemented by using FEC coding and QPSK modulation. For pay TV management, conditional access system, smart card and modem are used.

### I. 서 론

방송의 디지털화 실현으로 무한한 가능성을 지니고 있는 디지털 멀티미디어 세계로 진입이 가능하게 되었다. 영국에서는 96년에 디지털 라디오 방송이 시작되었고, 미국에서 성공한 디지털 위성 방송은 전 세계적으로 확산중이며, 지상파 및 CATV에서도 디지털 방송이 준비중이다. 국내에서는 1996년 하반기부터 무궁화 위성을 이용한 디지털 위성방송을 실시한다.

보통 디지털 방송은 전송이 디지털 방식으로 되는 경우를 말하는데 넓은 의미로는 제작의 디지털화, 송출의 디지털화, 수신의

디지털화가 완전히 이루어진 경우를 말한다. 디지털 위성방송은 기존의 아날로그 위성방송에 비하여 많은 장점을 갖는다. 첫째, 하나의 중계기 당 4~8배의 TV프로그램 방송 서비스가 가능하여 방송 사업의 진출 기회를 확대하였고, 둘째, 아날로그 방송에 비하여 향상된 양질의 영상과 음성을 제공하며, 셋째, 멀티미디어의 다양한 서비스 제공이 가능하다. 즉 디지털 위성 수신기 단말에 PC, 프린터 등을 부착하여 디지털 네트워크를 구축할 수 있다.

본 논문에서는 한국통신이 운용하고 있는 디지털 위성방송 시스템을 중심으로, 송신기, 방송용 위성 중계기, 그리고 수신기의 구조에 관하여 설명하였다.

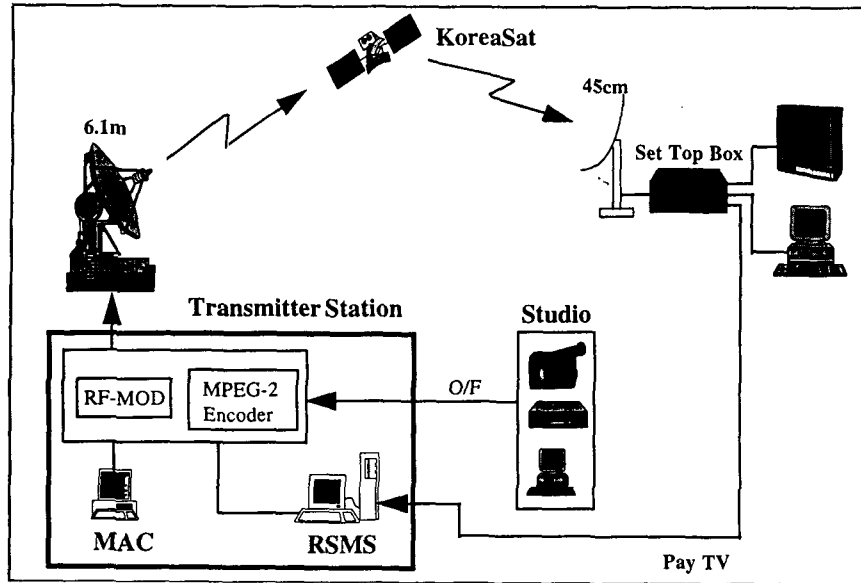


그림 1. 위성방송 시스템

위성방송 시스템은 프로그램을 제작하는 스튜디오, 복수의 프로그램을 압축한 후 다중화하여 위성으로 송출하는 송신소, 지상에서 송출된 신호를 수신한 후 증폭하여 지상으로 재 송출하는 중계기, 그리고 지상의 수신기로 구성된다(그림 1.).

무궁화 위성은 1호와 2호가 있으며 각 위성에는 12개의 통신용 중계기와 3개의 방송용 중계기가 있다. 방송용 중계기의 대역폭은 27MHz이며, 출력은 120W이다. 사용 주파수는 Ku밴드로 상향 회선은 14.5~14.8GHz, 하향회선은 11.7~12.0GHz를 사용하며, ITU로부터 한국이 허가받은 중계기 채널은 2,4,6,8,10,12이며 좌선원형편파(LHCP)를 사용한다. 한 중계기를 사용하여 아나로그

방송의 경우는 하나의 TV 프로그램만 전송할 수 있으나, 디지털 방송의 경우는 4~8개의 TV 프로그램과 다 수의 데이터 서비스를 동시에 전송할 수 있다.

Ⅲ. 송신기의 구조

송신기는 비디오, 오디오 및 데이터 신호를 처리하여 전송하는 기기인데, 크게 소스신호 압축부와 RF 신호처리부로 되어있다. 비디오 신호는 MPEG-2 규격에 따라, 오디오 신호는 MPEG-1 규격에 따라 압축하였다. 데이터 신호는 압축없이 패킷화만 수행

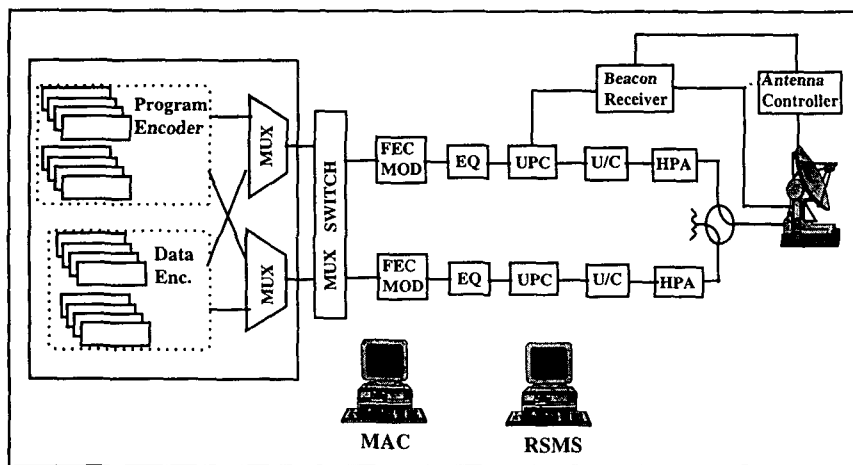


그림 2. 디지털 DBS 송신기 구조

한다. 여러 신호의 다중화는 MPEG-2 트랜스포트 스트림(Transport Stream) 규격을 따랐다. RF신호 처리부는 채널 부호화, QPSK변조, 등화기, 상향회선 출력조정, 전력증폭기, 비콘(beacon) 수신기와 안테나로 구성되어 있다. 여기에 전체 시스템의 관리와 유료 채널가입자 관리를 위한 컴퓨터가 있다.

1. 소스 신호 압축부

1.1 영상신호 중계망

프로그램 공급자로부터 송신소까지 프로그램을 전달받는 방법으로는 테이프, 유선 선로(전용선, 광섬유), 무선 선로(마이크로웨이브, 위성) 등을 이용할 수 있는데, 서울에서 경기도 용인에 소재한 한국통신 용인 송신소까지 광섬유를 사용한 전용선을 사용하였다. KBS 경우 방송국에서 여의도 전화국까지는 광전송 송수신장치를 사용하여 전송하고, 이 신호는 다시 전화국간에 이미 설치되어 있는 시의 광전송로를 이용하여 영등포, 목동, 구로, 수원, 용인 전화국까지 전송한다. 용인 전화국에서 용인 송신소까지는 다시 광전송 송수신 장비를 사용하여 전송한다. 전송하는 신호 형태는 아날로그 콤포지트나 디지털 D1 시리얼 포맷을 사용한다 [1]. 아날로그 비디오 신호는 4개의 오디오 신호와 함께 전송되는데, FM변조를 사용한 광전송장비와 T-3(45Mbps) 광변환장치를 사용하여 전송한다. 이 경우 신호변환 과정에서 약간의 손실이 발생한다. 디지털 D1 신호를 사용할 경우는 전송으로 인한 신호 왜곡은 없으나 270Mbps 광전송 송수신 장비와 전용로가 필요하다.

1.2 비디오 인코더

전달된 TV 신호들은 먼저 프레임 동기에서 인코더 시스템의 기준 신호에 동기를 일치시킨 후 D1 시리얼 디지털 신호로 변환된다. 비디오 인코더는 4×3과 16×9인 화면을 모두 처리하며, 화상 해상도는 720 화소×480라인의 MPEG-2 main profile @ main level을 사용한다[2], 영상 신호는 8×8블록을 기본으로 한 Y:Cr:Cb=4:2:0의 색 신호로 표현하며, GOP(Group of picture) 크기는 15이고, I와 P프레임 사이에 B 프레임을 2개 사용하였다. 각 블록은 DCT(discrete cosine transform)를 사용하여 공간적으로 압축하고, MC(motion compensation) 기법을 사용하여 시간적으로 압축한다. 여기에 VLC(Variable length coding)를 사용하여 통계적 압축을 한다. 그 결과 영상화면은 약 1/30배인 7Mbps로 압축된다. 인코더의 출력 데이터 량이 일정하도록 압축을 하기 때문에, 움직임이 많은 화면의 경우 낮은 MC 압축률로 인하여 화질이 나빠진다. 영화의 경우 3:2 pull-down을 하여 전송데이터 량을 줄인다. Closed caption 데이터, 16×9 화면의 경우는 pan/scan 정보가 화면과 함께 전송된다.

1.3 오디오 인코더

오디오 신호는 MPEG-1 Layer II 규격을 사용한다[3]. 하나의 MPEG 오디오 채널은 두개의 모노 신호나 스테레오 신호를 전송한다. 하나의 영상 신호에 2개의 MPEG 오디오 채널을 사용

하여 두개의 스테레오 서비스나 4개국어 동시 방송을 서비스 할 수 있다. 입력으로는 아날로그와 디지털 신호 모두 사용 가능하며, 인간의 청각 특성과 DSP 기술을 이용하여 압축하여 CD정도의 음질을 구현한다. 하나의 MPEG 오디오 채널은 256~384kbps 데이터량을 사용한다.

1.4 데이터 인코더

비디오, 오디오 서비스에 추가하여 데이터 서비스도 가능하다. 비동기 데이터는 19.2kbps까지, 동기 데이터는 2Mbps까지 서비스 가능하다. 여러 데이터 서비스들을 조합하여 한 중계기 당 최대 2Mbps까지 서비스 가능하다. 데이터 신호는 압축은 하지 않고 단지 MPEG-2 전송 패킷으로 변환하여 다중화 시킨다.

1.5 다중화기

다중화기(multiplexer)는 하나의 중계기를 통하여 전송할 4개의 TV프로그램과 데이터 신호들은 다중화하여 MPEG-2 트랜스포트 스트림을 만든다. 이때 수신기에서 각 프로그램의 역 다중화 시 필요한 정보, 각 프로그램의 안내정보, 그리고 유료 채널을 운영 시 필요한 가입자 제한 시스템 정보도 패킷으로 만들어 다중화하여 전송한다. 전송 패킷의 크기는 188 바이트이고, 첫번째 바이트는 패킷 동기를 위해 사용한다. 한 중계기로 전송 가능한 다중화된 총 데이터량은 34.35Mbps이다.

2. 전송 신호 처리부

2.1 채널 부호화 및 변조

전송신호 처리부는 채널 부호화부, 변조부, 증폭부로 구성된다. 국내 DBS 전송 규격은 유럽의 전송 규격을 따랐다[4]. 전송 시 발생하는 오류를 보정하기 위해 FEC(Forward Error Correction) 부호화를 한다. 먼저 최대 8바이트까지 오류 정정 능력을 갖는 (204, 188, t=8) Reed-Solomon 코드를 사용하여 188 바이트 패킷 단위로 부호화 한다. 다음 과정으로 에러를 분산시키기 위한 길쌈 interleaving을 한다. 여기에 길쌈 부호화를 추가한다. 길쌈 부호는 K=7, rate=1/2인 기본부호를 puncturing하여 rate=3/4, 5/6, 7/8인 부호를 만든다. 국내 기준 부호의 rate는 7/8이다. 이와같은 연접부호를 사용하여 수신 단에서 BER=10E-11 이하가 되도록 하였다.

송신 신호스펙트럼의 에너지를 분산시키기 위해 8개 패킷 주기로 PRBS(랜덤 이진 열)를 이용한 스크램블러를 사용하여 전송할 비트스트림의 랜덤화를 FEC 부호화 전에 한다. ISI(inter symbol interference)를 최소화 하기 위해 FEC 부호화된 신호를 펄스 정형하는데 square root raised cosine filter, roll-off=0.35을 사용한다. 이 신호는 다시 Gray-code를 사용한 QPSK변조를 통하면 70MHz IF 신호가 된다.

2.2 IF 및 RF 신호

송신기, 상향회선, 중계기, 하향회선으로 구성된 위성 채널에서 발생하는 진폭 및 위상의 왜곡을 보상하기 위해 등화기를 사용한

다. 비나 눈이 올 경우 14/11GHz 신호는 심하게 감쇄되는데, 이처럼 상향회선에서 발생하는 신호의 감쇄를 보상하기 위해 상향전력조정기를 사용하여 증계기까지 도달하는 신호의 강도를 항상 일정하게 유지시켜 준다. 동작 범위는 10dB이다.

위성은 항상 일정한 레벨의 비콘 신호를 지상으로 송출한다. 비콘 수신기에 수신된 이 신호의 레벨을 측정하여 상향회선에서 발생하는 신호의 감쇄량을 추정한다. 이 비콘 신호는 안테나의 지향 위치를 조절할 때도 사용된다. IF신호는 업컨버터에서 14GHz의 RF신호로 변환된 후 클라이스트론(Klystron) 증폭기에서 충분한 전력을 얻은 후, 채널 필터, 도파관, 안테나를 통과하여 증계기로 송출된다. 안테나 직경은 6.4m이며 이득은 57dB이다.

3. MAC과 RSMS

송신기 각 부분의 운영 상태의 감시(monitoring), 고장 시 발생하는 경고(alarm)의 보고, 그리고 운영 모드를 변경할 수 있는 조정(control 기능을 수행하는 MAC을 PC를 사용하여 구현하였다. 복수 채널을 다중화하는데 필요한 정보, 각 채널의 서비스 정보, 그리고 유료 채널을 관리하는 CAS(conditional access system)에 필요한 정보들을 처리하기 위한 RSMS(resource and subscriber management system)을 워크스테이션을 사용하여 구현하였다.

IV. DBS 위성증계기

DBS 증계기는 14GHz 대역의 입력 신호를 11GHz 신호로 변환한 후 TWTA로 증폭하여 지상으로 재전송하는 기능을 한다

(그림 3). 무궁화 위성 1호와 2호는 각각 6개의 DBS 증계기를 갖고 있는데 이중 3개씩만 선택하여 사용한다. 안테나로 수신된 신호는 250MHz 대역통과 필터링 된 후 2,792.82MHz만큼 down-converting 된다. 이때 클락 안정도는 ±10ppm이다. 입력 역다중화기에서 각 채널 신호를 필터링하여 분리시킨 후 스위치 조합에서 3개의 증폭 체인을 선택한다. 각 증폭 체인은 채널 증폭기와 TWTA로 구성되어 있다. 채널 증폭기는 ALC(automatic level control) 루프를 포함하고 있는데, ALC On경우 최대 16dB까지 상향회선 신호 감쇄를 보상해 준다. 고정이득, 즉 ALC Off 경우는 포화레벨에서 최대 32dB까지 감쇄량을 지상의 명령으로 조절할 수 있다. 각 TWTA는 포화점에서 120W 출력을 낸다. 각각 증폭된 신호는 출력 다중화기에서 합해진 후 안테나를 통해 지상으로 송출된다. Reflected 신호로부터 TWTA를 보호하기 위해 isolator가 사용되었으며, 채널 필터를 사용하여 원하는 밴드 이외의 신호는 없앤 후 다중화 한다.

V. 수신기 구조

수신기는 안테나, 튜너, 복조기, 비디오 및 오디오 디코더, de-scrambler로 되어있다(그림 4). 직경 45cm인 offset타입 접시 안테나로 모아진 신호는, feed-horn을 통하여 LHCP(좌원형편파) 신호만 수신되어 LNB에서 증폭 및 주파수 변환이 이루어진다. 위성 증계기의 eirp는 60dBi, 하향회선 손실은 205.4dB, 안테나 수신 증폭율은 33dB, LNB 증폭율은 60dB, 케이블 손실 10dB 등, 수신기 도달 파워는 약 -30dBm/ch이다. LNB는 11.7~12GHz 대역의 수신 신호를 10.750GHz 하향변환하여 950~1250MHz의 L-band 신호로 바꾼다. 튜너는 6개의 증계기

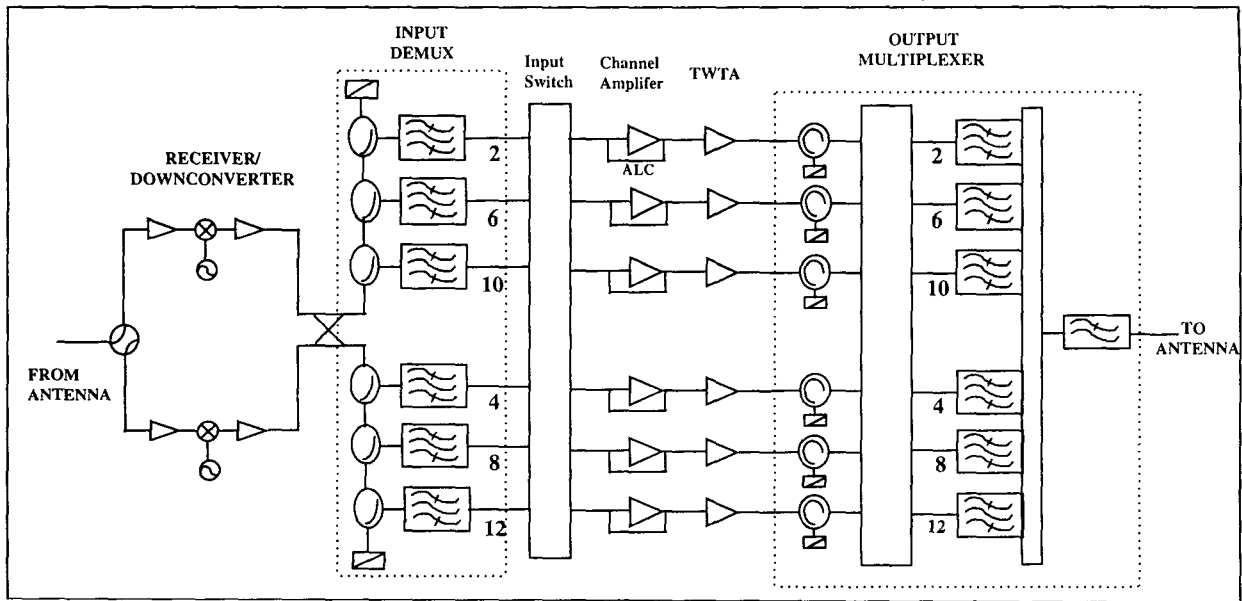


그림 3. 방송용 증계기의 구조

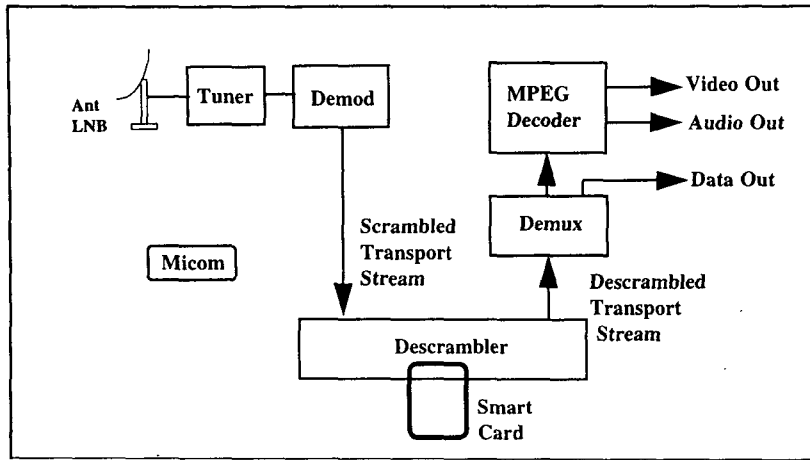


그림 4. DBS 수신기 구조

신호 중 원하는 한 중계기의 신호를 선택하는 기능을 한다. QPSK 복조는 일반적으로 아날로그 복조 부분과 디지털 콘트롤 부분으로 구성되어 있다. 디지털 부분은 carrier tracking, symbol timing, agc 기능을 수행한다.

복조된 신호는 펄스 정형 필터를 거친 후, 전송 에러보정을 위해 FEC 복호를 하는데, 이는 Viterbi 디코더, de-interleaver, Reed-Solomon 복호기로 되어 있다. 이 신호를 de-randomizing 하여 MPEG 트랜스포트 스트림을 복원한다. 이때 보정되지 못한 에러가 남아 있으면 패킷에 에러 발생을 표시한다. 채널 선택은 2번의 과정을 통한 다. 먼저 튜너에서 해당 중계기를 선택하고, 다음에 MPEG 역다중화기에서 원하는 채널의 패킷만 선택하고 다른 채널의 패킷들은 버린다. 이 역다중화기에서는 채널 다중화 과정에서 필요한 정보들과 각 채널의 서비스 정보들도 선택하여 수집한다. 패킷이 scrambling(암호화) 되었을 경우는 수신자의 수신 자격에 따라 해당 채널 패킷을 de-scrambling한다.

선택된 비디오와 오디오 패킷, 혹은 데이터 패킷들은 버퍼에 저장된 후 디코딩되어 원래의 비디오, 오디오, 데이터 신호로 복원된다. 비디오 신호의 경우는 다시 한번 NTSC 인코더를 통하여 콤포지트 비디오 형태로 출력된다. 비디오 디코더는 4×3 및 16×9 출력변환 기능과 caption 데이터 처리 기능을 갖고 있다. 오디오 출력신호는 PCM 신호나 디지털 오디오 형태가 되며, DAC를 내장하는 경우도 있다. De-scrambler는 유럽의 DVB 규격을 따르는 common descrambler로써 PPV(pay-per-view)를 시청하기 위해 스마트카드에서 decrypt하여 구한 control word를 사용하여 암호화 된 패킷을 풀어낸다. PPC 요청과 시청 결과를 전송하기 위하여 2400bps모뎀을 내장했다.

VI. 결 론

무궁화 위성의 DBS 중계기 6개를 이용하여 디지털 위성방송

(DBS)을 한다. 디지털 위성방송의 실시로 국내에 디지털 TV기술을 조기 도입하여 멀티미디어 기술확보를 앞당기는 계기가 되었다. 1996년 현재 용인에 2개 중계기 용 송신 설비를 운영중이며, 수신기는 96년 하반기부터 본격적으로 보급될 전망이다. 각 중계기 당 최소 4개 TV프로그램과 데이터 서비스가 가능하다. 송신기는 MPEG-2 비디오, MPEG-1 오디오 및 데이터 인코더로 구성된 소스 인코딩부와, 전송부는 FEC부호, QPSK변조, 출력 조절, 주파수 변환, 고출력 증폭. 안테나로 구성되어 있다. DBS 중계기는 주파수 변환 및 증폭기능을 수행한다. 수신기는 안테나, 튜너, 복조기, 역 다중화기, MPEG 디코더로 구성되어 있다. 수신기에 스마트카드와 모뎀을 내장하여 유료 채널서비스를 구현한다.

참 고 문 헌

- [1] CCIR Rec. 656, "Interfaces for digital component video signals in 525-line and 625-line television system," ITU, 1986.
- [2] MPEG-2 : ISO/IEC 13813 and ITU-T H.262, "Generic coding of moving pictures and associated audio information," ITU, March 1995.
- [3] MPEG-1 Audio: ISO/IEC 11172-3: "Information technology-Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about 1.6Mbit/s-Part 3: Audio," 1993.
- [4] ETS 300 421, "Digital broadcasting systems for television, sound and data services : Framing structure, channel coding and modulation for 11/122GHz."

---

저 자 소 개

---



**장 규 상**

1979년 2월 학사. 서울대학교 전자공학과 .

1981년 2월 석사. 한국과학기술원 산업전자과 .

1992년 9월 박사. 미국 Univ. of California, Davis 전자공학과

1987년 6월~90년 6월 미국 산호세, Masstor Systems

1992년 8월~94년 8월 삼성전자 신호처리연구소, DBS 및 HDTV 연구

1994년 9월~ 현재 한국통신 위성방송팀, DBS 및 HDTV전송 기술연구