主題

지상파 DTV 기술 개발

한국전자통신연구원 박 재 흥

차 례

Ⅰ. 개 요
Ⅱ. 송신 시스템
Ⅲ. 중계 시스템
Ⅳ. 송수신 시험장치
Ⅴ. 결 언

Ⅰ. 개 요

1997년 11월, 정보통신부가 우리나라의 지상파 DTV 방식을 결정함에 따라 한국전자통신연구원에서는 1998년부터 지상파 DTV 송수신 시스템 기술을 본격 개발하기 시작하여 1999년 6월 관악산에서 DTV 시험송출을 실시하게 된 바 있다.

이러한 국내 연구개발로 전량 수입에 의존하던 방송송신 시스템을 완전 국산화할 수 있게 되었으며 이로써 방송 3사가 실시중인 서울지역의 실험방송 송신기를 제외하고는 모든 송신기와 중계기를 경쟁력있는 국내 제품으로 공급할 수 있는 기회를 갖게 되었다. 개발되고 있는 중계기 기술에는 재생중계기능, 동일채널 중계기능 등이 적용될 있으며, 국내 방송환경에 적합한 기술기준을 시험하고 설정할 수 있는 실험실내 시험장치 역시 포함되어 외국에 의존하지 않고 독자적인 기술기준의 설정과 적용이 가능하게 되었다.

이와 같이 DTV 신호의 송출에 필요한 기술과 시스템 외에도 DTV 환경에 적용될 양방향 데이터 방송기술, 스튜디오내 편집/제작기술 등이 병행하여 개발되고 있으나 지면상 본고에서는 현재 상용화가 가능한 정도로 개발이 진행된 송출분야의 관련 기술 개발내용을 간략히 소개하고자 한다.

Ⅱ. 송신 시스템

1. MPEG-2 인코더

현재 시장에 나와 있는 MPEG-2 압축 방식을 이용하는 많은 MP@HL(Main Profile at High Level)급 HDTV(High Definition Television) 인코더 시스템은 MP@ML(Main Profile at Main Level)급 SDTV(Standard Definition Television)를 수용할 수 없도록 설계되어 있

다. 그러나 ETRI에서 개발한 MPEG-2 인코더 시스템의 비디오 인코더는 HDTV의 분할화면을 처리할 수 있으며 독립된 SDTV 비디오 인코더로도 동작시킬 수 있는 인코딩 모듈을 이용하여 개발하였다.

비디오 인코더에서 핵심기능은 ETRI에서 자체 개발한 PRE(Preprocessor: 전처리기), ME1(두화소 단위의 움직임 추정), ME2MC(한화소 및 반화소 단위의 움직임 추정 및 움직임 보상), DCTQ(Discrete Cosine Transform and Quantization), VLC(Variable Length Coder) 등 5종의 ASIC칩을 이용하여 구현하였다.

인코딩 모듈은 2개의 보드로 구성되는데, 원영상 입력 기능과 움직임 추정 및 보상 기능을 수행하는 MECB(Motion Estimation and Compensation Board)와 DCT변환 및 양자화 기능, 역양자화 및 역DCT변환 기능, 가변길이 부호화 기능, 비트율 제어 기능을 수행하는 ENCB(Encoding Board)로 구성된다.

SDTV 인코더로 동작시키려면 한 세트의 인코딩 모듈이 사용되며, HDTV 인코더로 동작시키려면 분할화면 수에 해당되는 개수의 인코딩 모듈과 HDTV 입력영상을 분할하여 인코딩 모듈로 입력시켜 주는 HIOB(HDTV In&Out Board)가 필요하다. HIOB는 분할화면 영상신호를 인코딩 모듈로 입력시켜 주는 동시에 비디오 인코더의 동작상태를 모니터링할 수 있는 기능을 갖고있다. 따라서, MPEG-2 디코더 없이도 각 인코딩 모듈에서 처리된 원영상이나 재생영상을 모니터링할 수 있도록 개발하였다.

[그림1]은 ETRI에서 개발한 HDTV 인코더 시스템의 블록도이다. HDTV화면을 수직 방향으로 1/2, 수평 방향으로 1/4로 분할하여 분할된 화면들을 인코딩 모듈에서 개별적으로 부호화한 후에 각 분할화면의 부호화 비트스트림을 조합하여 HDTV 전체 화면에 해당되는 비트스트림을 출력하도록 구현하였다.

프로그램 다중화기는 인코딩 모듈로부터 입력되는 비디오ES(Elementary Stream)와 오디오 인코더로부터 입력되는 오디오 ES를 다중화시킨다.

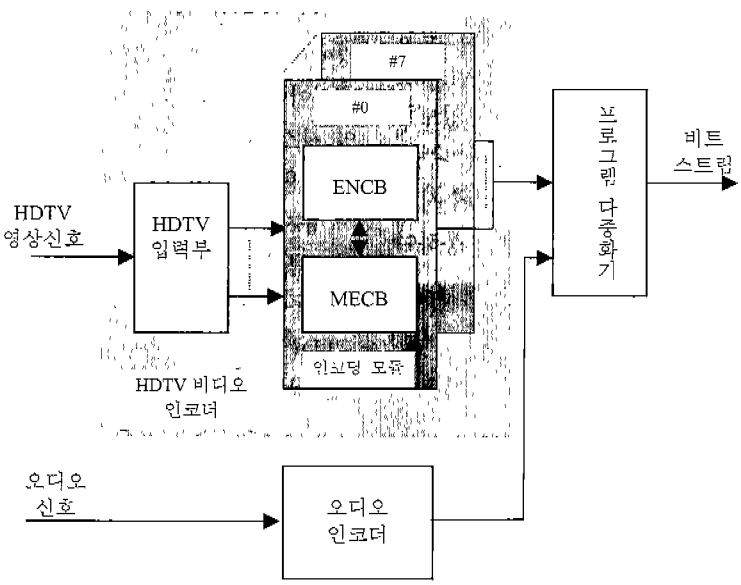

그림 1. HDTV 인코더 시스템의 구조

프로그램 다중화부에서는 위성방송에 사용되는 MPEG-1오디오 비트스트림과 지상파 방송에 사용될 AC-3 오디오 비트스트림 모두를 수용할 수 있다. 오디오 ES및 비디오 ES를 패킷이라 불리는 적당한 길이의 비트열로 분할하고, 헤더 및 부가 정보를 붙여서 주어진 시간 모델에 맞게 시분할하여 188 바이트의 일정 길이의 패킷으로 다중화하여 아래 포맷으로 전송한다.

i) 병렬 LVDS 또는 ECL
ii) 직렬ECL
iii) DVB-ASI(Digital Video Broadcasting - Asynchronous Serial Interface)
iv) SMPTE 310M

또한, 인코더 시스템의 동작 상태를 제어하거나 모니터링할 수 있도록 시스템 제어부를 프로그램 다중화기와 같은 보드에 구현하였다. 이 시스템제어부는 외부의 PC에 의하여 비트율, 동작모드등을 설정할 수 있다.

ETRI에서 개발한 HDTV와 SDTV MPEG-2 인코더 시스템의 사진을 [그림2]와 [그림3]에 나타내었다. 이 MPEG-2 인코더 시스템은 국내 위성방송 방식은 물론 국내 지상파 디지털TV 방송 잠정 규격으로 정해진 ATSC(Advanced Television Systems Committee) 방식도 수용할 수 있도록 개발하였으며, 다양한 형태의 인터페이스가 가능하도록 구현하였다. 또한, 지상파 방송 시스템에 사용하여 수 차례의 장시간에 걸친 현장시험을 통하여

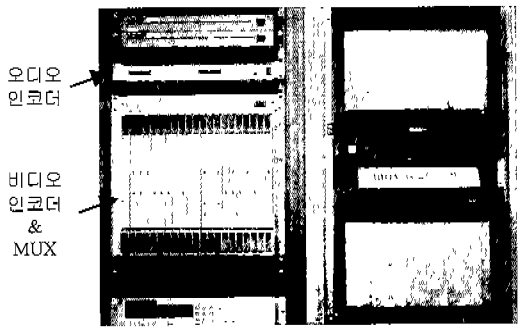

그림 2. HDTV 인코더 시스템

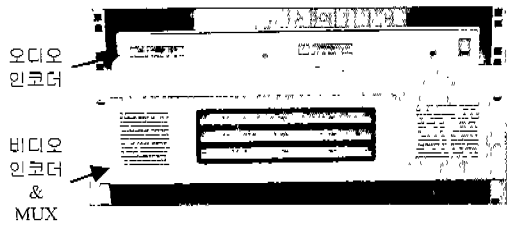

그림 3. SDTV 인코더 시스템

안정된 성능을 검증하였으며, 국내 디지털 방송기술에 많은 공헌을 할 것으로 기대된다.

2. PSIP전송 서버

디지털 지상파 TV에서는 기존의 아날로그 방식에 비해 다채널의 프로그램과 다양한 부가 서비스 제공이 가능하다. ATSC의 PSIP(Program and System Information Protocol)에는 프로그램 안내정보, 가상 채널 정보, 시스템 시간 정보 등이 포함되어 있으며, 송신국에서는 주기적으로 이러한 데이터들을 전송함으로써 시청자들에게 다양한 프로그램 관련 정보를 제공할 수 있다.

PSIP를 생성하여 전달하는 서버를 실제 방송 환경에서 사용하기 위해서는 다음과 같은 조건들이 충족되어야 할 것이다. 첫째, 방송국 장비로서 안정적인 시스템이어야 한다. 둘째, 현재 PSIP규격의 일부 내용들이 계속 수정되고 있으므로 PSIP 서버 역시 유지, 보수가 쉬워야 한다. 셋째, 다양한 방송국 시스템에 흡수되기 위해서는 이식성(portability)이 높아야 한다. 넷째, PSIP 출력 데이터는 STD(System Target Decoder) 모델에 맞게 스트리밍 되어야 한다.

ETRI의 PSIP 서버는 ATSC PSIP 규격에 기반하여, 앞서 언급한 제약 조건을 만족하고 국내 방송 환경에서 사용할 수 있도록 다음과 같이 개발하였다.

첫째, PSIP Generator와 PSIP Streamer를

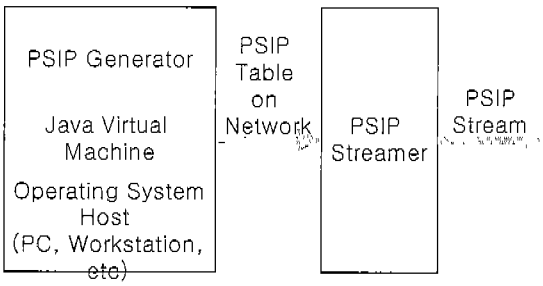

그림 4. PSIP 서버 시스템 구조

분리한다. PSIP 서버는 방송국 운용자로부터 여러 가지 정보를 받아서 PSIP 테이블을 생성한 후 STD 모델에 맞게 주기적으로 스트리밍 되어야 하는데, 스트리밍을 소프트웨어로 처리할 경우 STD 모델의 요구 사항을 보장할 수 없다. 따라서 전용 Streamer를 개발한 후, Generator로부터 PSIP 데이터를 받아, 스트리밍 함으로써 STD모델을 보장할 수 있다. Streamer는 실시간 운영체제(real-time OS)를 탑재한 독립적인 시스템으로 개발하거나, Generator가 있는 시스템에 내장된 형식으로 개발할 수 있다.

둘째, PSIP Generator는 Java 언어로 개발한다. Java는 그 특성상 플랫폼 독립성을 보장하는데, 이는 PSIP 서버의 실사용자인 방송국에 알맞은 시스템을 쉽게 구축할 수 있도록 해 준다. 즉, Generator의 신뢰성이 우선시 되는 경우에는 Java VM(Virtual Machine)이 탑재된 안정적인 시스템 위에서 동작시키고, 유선 방송과 같이 저비용이 우선시 되는 경우에는 PC를 호스트로 사용하여 비용을 절감할 수 있다. 또한 객체지향(object-oriented) 설계 방식을 채택함으로써 향후 구성 요소들의 보완과 추가 등에서 유연성을 제공한다.

이처럼 ETRI의 PSIP 서버는 실제로 운용될 방송국의 요구를 충족할 수 있도록 이식성과 안정성, 규격 적합성을 고려하여 설계되었으며, 이 PSIP 서버 시스템의 구조를 [그림4]에 나타내었다.

3. 재다중화기

현재 국내에서 준비 중인 디지털 지상파 방송은 기존의 아날로그 방송과 동일한 대역폭에 고화질 프로그램을 전송할 수 있을 뿐만 아니라 다수의 표준화질 프로그램과 데이터 방송 등의 응용 서비스를 하나의 채널에 전송할 수 있다. 이와 같이 하나의 전송 채널에 다수의 프로그램과 여러 가지의 응용 서비스를 제공하기 위해서는 각각의 서비스 제공원으로부터 발생된 TS (transport stream)를 하나의 채널에 다중화할 수 있는 시스템이 필수적이다. 이러한 다중화 시스템을 재다중화기(remultiplexer) 또는 시스템 다중화기라 하며, 이 재다중화기의 구조를 [그림5]에 나타내었다.

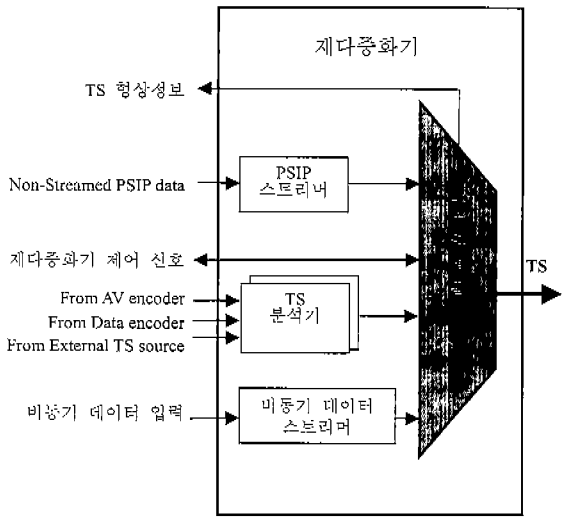

그림 5. 재다중화기 구조

재다중화기는 다수의 인코더, 데이터 방송 서버 등으로부터의 입력되는 TS를 하나의 TS로 묶는 기본적인 다중화 기능 외에 입력 TS의 PID(packet identifier)가 중복되지 않도록 하는 PID 수정 기능, 각 입력 채널에 존재하는 PSI (program specific information) 데이터를 종합하여 규격

에 적합하도록 처리하는 PSI 스트리밍 기능, 여러 개의 입력 스트림을 다중화하면서 발생하는 PCR (program clock reference) 지터(jitter)를 보상하기 위한 PCR 수정 기능도 필수적이다. 이 밖에 재다중화기에는 ATSC 규격의 디지털 방송 프로토콜 PSIP를 STD모델에 맞게 다중화하는 기능, 압축된 A/V 비트 스트림을 복호화하지 않은 상태에서 방송 중인 프로그램을 끊고 다른 프로그램으로 교체하는 스플라이싱(splicing) 기능 등의 보조 기능 또한 포함될 수 있다.

PID 수정은 같은 PID를 갖는 입력 TS가 존재할 경우 이루어 진다. 재다중화기는 PAT(Program Association Table)와 PMT(Program Map Table)를 참조하여 필요한 PID 정보를 얻을 수 있다. 입력되는 SPTS(single program transport stream)나 MPTS(multiple program transport stream)에는 각각의 PAT가 있고, 여기에 각 프로그램 번호(program_number)에 대한 PMT PID가 있다. 따라서, PAT는 입력되는 여러 프로그램의 PMT PID를 모두 포함되도록 수정되어야 한다.

PAT는 program_association_section 들로 구성되므로 PAT의 수정은 입력되는 각 PAT를 별도의 section으로 구성하는 방법과 입력되는 각 PAT를 새로운 section으로 재구성하는 방법이 있다. 두 경우 모두 program_number 필드와 PMT_PID 및 CRC_32 값이 수정되어야 한다. 만일 다중화하려는 TS 중 중복되는 PMT PID, 혹은 ES에 대한 PID가 존재하여 PID 수정이 발생한다면, 이러한 사항은 PSI 테이블을 수정 및 재구성하는데 반영되어야 한다.

MPEG-2 표준에서는 수신측에서 자체 발생시킨 27MHz의 클록을 송신측과 정확하게 동기 시키도록 하기 위해 PCR을 이용한다. PCR 값은 TS 패킷 헤더의 adaptation_field에 존재하며 PCR을 포함한 TS 패킷은 적어도 0.1초에 한 번 이상 전송되어야 한다.

각 입력 TS는 재다중화되는 과정에서 PCR 지터 현상이 발생한다. 지터 현상은 다중화 블록에서 각 입력 채널의 버퍼에 저장된 TS 패킷이 다소의 지연을 겪은 후 출력됨으로 인하여 발생된다. 이러한 현상을 보정하기 위해 재다중화기에서는 TS 스트림을 다중화 한 후 PCR 값을 수정해야 한다.

PSIP는 ATSC에서 정의한 일종의 전자 프로그램 안내(electronic program guide)로서 방송 중 또는 방송 예정인 프로그램에 대한 채널 정보, 시간 안내 등과 함께 간략한 내용 요약 등을 포함하고 있다. 디지털 방송에서는 하나의 물리적 채널에 다

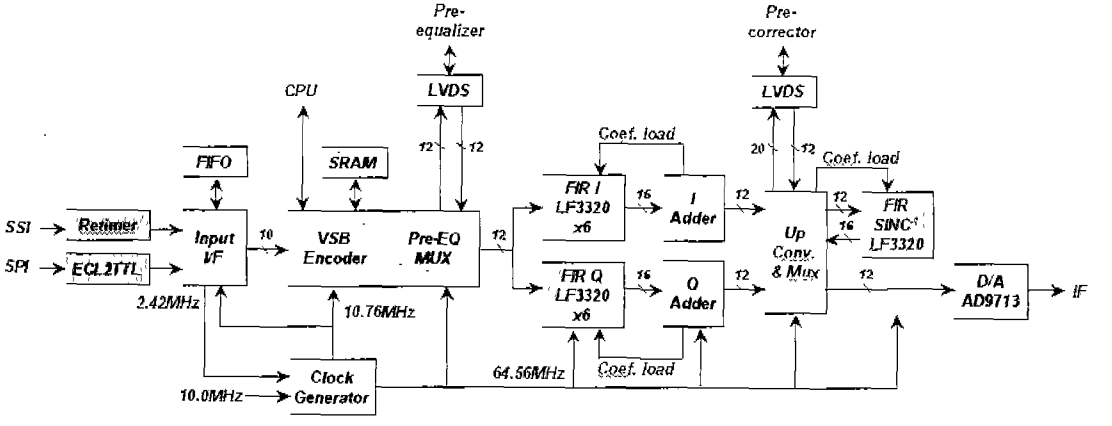

그림 6. VSB변조기의 구성도

수의 프로그램과 다양한 데이터 서비스가 전송되므로 시청자가 편리하게 채널을 변경할 수 있도록 도와줄 수 있는 EPG가 필요하다. 그러므로 ATSC를 기반으로 하는 국내 지상파 방송에서는 PSIP 테이블을 TS에 실어 보내 시청자의 편의를 돕도록 하고 있다.

일반적으로 PSIP 생성기는 하나의 독립적인 시스템으로 개발되어 재다중화기 또는 인코더에 PSIP 데이터를 제공하고 있다. 그러나 재다중화기에서 PID 등과 같은 입력 기초스트림(elementary stream)의 중요 데이터 필드가 변경될 경우 이러한 사항은 관련 PSIP 데이터에도 반영되어야 한다. 그러므로 동적으로 PSIP 테이블을 생성 및 변경 가능하도록 재다중화기와 통합된 PSIP 생성기의 개발이 바람직하다고 볼 수 있다.

4. VSB 변조기

본 절에서는 완전 디지털 방식으로 구현된 ATSC방식의 DTV용 VSB(Vestigial Side-Band) 변조기에 대하여 논의한다. 여러 방식의 변조기 그리고 특정 변조방식의 세부 구성 블록들에 대하여 많은 부분들이 디지털 방식으로 대체되고 있다. 특히 대부분 복소변조방식을 사용하게 되는 최근의 디지털 변조방식의 경우 디지털 방식에 의한 구현은 아날로그 방식에 비하여 복소변조부를 구성하는 단에서의 위상오차와 복소신호간 불균형이 발생하지 않으며, 아날로그 회로를 구성하는 소자의 특성 변화에 기인하는 경년 변화가 발생하지 않는다. 이러한 특성은 제조공정상이나 시스템의 운용과정에서의 조정(adjustment)을 필요로 하지 않으므로 양산성을 보장하며 주기적인 유지, 관리가 없어도 항구적으로 안정적인 동작을 제공한다. 따라서 디지털 방식은 안정된 변조 스펙트럼과 pilot 신호의 전력비 등 규격상의 성능 파라미터를 장기간에 걸쳐 확실히 보장하는 방법이면서도 생산성이 우수한 방법이라 할 수 있다.

ATSC 규격의 VSB변조기 구성은 여러 문헌에 이미 널리 소개되어 있으므로 생략하며, 기본적인 변조기의 구성에 더해지는 입출력 인터페이스와 구현된 변조기의 세부 구성 내용 그리고 확보된 특성을 중심으로 살펴보기로 한다.

〔그림6〕은 완전 디지털방식에 의해 구현된 ETRI의 VSB변조기의 구성도이다.

트랜스포트스트림 입력 interface로는 몇가지 규격이 있지만 그 중에서 SPI(Synchronous Parallel Interface)와 SMPTE-310M의 트랜스포트스트림 규격을 구현하였다. SPI는 동기방식이므로 clock을 수신받고 ECL(또는 LVDS)-TTL변환을 거쳐 간단하게 접속되며, SMPTE-310M은 클럭 추출회로와 bipolar/unipolar 변환기 그리고 serial/parallel 변환기에 의해 구성된다.

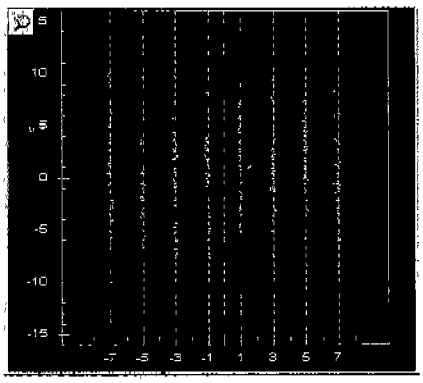

그림 7. 직교 성상도

〔그림7〕는 구현된 VSB변조기의 직교 성상도를 보여준다. 이 영역에서 대역내 신호대 잡음비와 EVM(Error Vector Magnitude)은 각각 는 33dB와 3%의 성능을 갖는 것으로 측정되었다.

지상파 DTV 송신기의 전송 규격에 있어 많은 부분이 주파수 상향기와 관련되어 있다.

이러한 규격중 특히 위상잡음의 경우 오프셋캐리

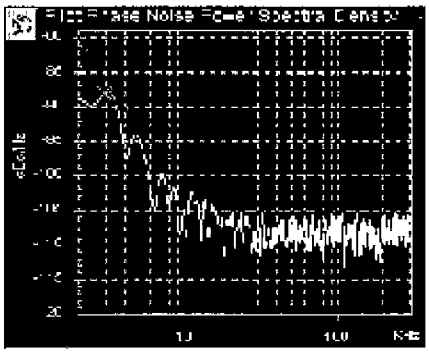

그림 8. 위상잡음 특성

어를 적용하지 않는 구성에서는 정수배의 간단한 분주기를 채택하고, 높은 Q(Quality Factor)특성을 갖는 VCXO(Voltage Controlled Crystal Oscillator)를 채택함으로써 용이하게 규격을 달성할 수 있다. 그러나 몇가지 인접채널 간섭 영향을 경감할 수 있는 오프셋캐리어 주파수를 획득하기 위해서는 복잡한 비율을 갖는 분주기가 필요하게 되며, 또한 낮은 Q특성을 갖는 VCO(Voltage Controlled Oscillator)를 사용하여야만 한다. 이 경우 전통적인 단일궤환에 의한 주파수 합성기로써는 위상잡음 특성을 달성하는 것이 현실적으로 불가능하므로, fractional-N PLL(Phase Locked Loop)과 DDS(Direct Digital Synthesizer)를 조합한 복합궤환 방식의 주파수 합성기를 설계하여 탑재하였다.

이 방식에 의한 주파수 변환기는 송신국에 적용할 경우 1Hz 단위의 정밀 옵셋캐리어 설정이 가능하며 또한 TV용으로 배정된 전 주파수 범위를 하드웨어 변경 없이 자유롭게 설정할 수 있는 유연성을 갖고 있다. [그림8]에 이와 같은 방법으로 구현한 주파수 상향기를 이용하여 UHF대역으로 주파수 변환된 DTV신호의 위상잡음 특성(106dBc@20kHz)을 나타내었다.

[그림9]는 DTV용 VSB 변조기와 주파수상향기가 장착된 ETRI의 DTV exciter의 외형을 보여준다.

DTV exciter는 현재 개발중인 디지털 적응형 전치보상기를 접속할 수 있도록 전기적, 기구적으로 예비되어 있다.

VSB변조기는 현재 국내의 통신장비업체에 기술이전되어 상용화을 위한 환경 안정성 시험을 진행중에 있으며, 내부의 기본 구도는 3장에서 논의하게 될 재생형 DTV 중계 시스템에도 그대로 적용되고 있다.

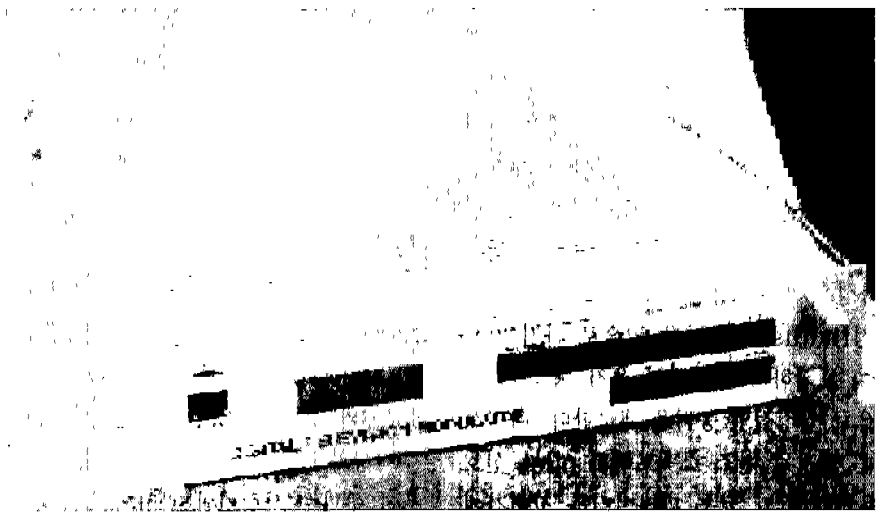

그림 9. VSB exciter의 외형

5. 지상파 DTV용 HPA 개발 분야

가. 서론

HPA 시스템은 송신기 최종 출력단으로써 주파수 상향기로부터 신호를 받아서 규정된 RF 출력을 내도록 증폭하고 타 채널에 영향을 주지 않도록 filtering 하여 안테나로 RF 출력을 공급한다. 이러한 기본적인 기능 외에 동작상태를 감시하고 제어해주는 감시, 경보 및 제어시스템이 HPA 전체를 통제한다.

HPA 시스템은 일반적으로 레벨제어부, 드라이브단, 최종증폭단으로 구성되며, 각 회사별로 레벨 분포가 조금씩 다르고 각종 센서등 부가회로가 다른 구성을 보인다. 본 논문에 기술된 HPA 시스템도 100mWpeak까지 증폭하는 기능을 갖고 레벨제어 회로가 부가된 레벨제어부와 4Wpeak, 30Wpeak, 125Wpeak급 단위증폭기로 구성된 드라이브단, 125Wpeak급 단위증폭기를 기본으로 한 최종증폭단으로 구성하였다.

HPA 시스템의 성능을 법적으로 규제하는 요소에는 허가된 출력 준수여부, 출력 허용편차, 대역폭을 들 수 있으며, 아날로그 TV송신기의 출력 허용편차는 현재 상한 10%, 하한 20%로 되어 있으며, DTV의 경우 상한 및 하한 5% 이내로 제한될 것으로 예측하고 있다. 대역폭의 경우 잠정적으로 FCC, 캐나다에서 제시된 Spectrum Mask를 적용해야 할 것으로 판단하며, 이 경우 IM 성분을 포함한 채널 경계지역에서의 스퓨리어스 레벨은 -36dBc이상이 되어야 한다. 이외에도 HPA 설계시 고려해 할 파라미터에는 여파기의 Group delay, 송신기의 이중화 기능 등이 있다.

본 논문에서는 이와 같은 파라미터를 고려하여 최대 출력 1kWav급 HPA 시스템을 설계, 제작하는 방법과 특성을 기술하고자 한다.

나. HPA 시스템 구성

개발한 HPA 시스템의 전기적 특성은 동작주파수 470~550MHz, 최대출력 1kWav, 이득 70dB 이상, 출력 변동폭 (5%이내, IMD -36dBc 이하이고, 이중화 되어 있으며, 동작상태를 감시할 수 있는 기능이 있는 시스템을 가지고 있다. 동작주파수의 경우 효율을 고려하여 증폭기에 부궤환을 사용하지 않기로 하였으며, 따라서 광대역 특성을 얻을 수 없으므로 UHF 대역을 3개 대역으로 나누어 커버하고자 하였다. 단위증폭기에 사용할 증폭소자로는 출력과 IMD 특성을 고려하여 Ericsson BJT를 선택하였으며, 이들 BJT를 이용한 단위증폭기 조합 방법은 여러가지가 있을 수 있으나, 각 단위증폭기의 이득과, 전력용량을 고려하여 〔그림10〕과 같이 조합하였다.

레벨제어부는 하나의 모듈로 하여 독립된 shelf로 만들고, 드라이브단 단위증폭기 3개와 6개의 125Wpeak급 증폭기를 조합하여 하나의 HPA 모듈로 구성하여 모듈화 하였다. 이때 하나의 HPA 모듈 출력은 600Wpeak정도가 된다. 각 HPA 모듈내부에는 온도를 측정하기 위한 온도 센서와 모듈 출력을 측정하기 위한 power detector를 장착하였다. 레벨제어부와 증폭기 모듈 8개를 결합하여 1kWav HPA랙이 구성된다. 이중화 기능을 구현하기 위하여 HPA 랙은 2개로 구성되며 랙 간의 RF 출력 절체는 RF 동축 스위치에 의해 이루어 진다. 채널여파기의 양쪽에는 방향성결합기가 연결되어 HPA의 비선형성을 보정하고, 여파기의 군지연 특성을 보정하는 기준복조기로 RF 출력을 커플링 시켜준다. HPA 시스템의 최종단에는 HPA 시스템의 출력을 측정하는 RF 전력측정기가 연결되어 시스템의 최종출력 제어에 이용된다. 이와같은 각 모듈은 HPA 감시, 경보 및 제어 시스템(HPA MAC)에 의해 통제된다. HPA MAC은 각 HPA 모듈의 출력과 온도를 측정하며, 최종단에 연결된 RF 전력측정기를 제어하여 최종 출력을 측정하고 이를 이용하여 레벨제어부의 레벨을 제어한다. 또한 한 HPA 랙이 고장이 났을 경우 동축스위치를 제어

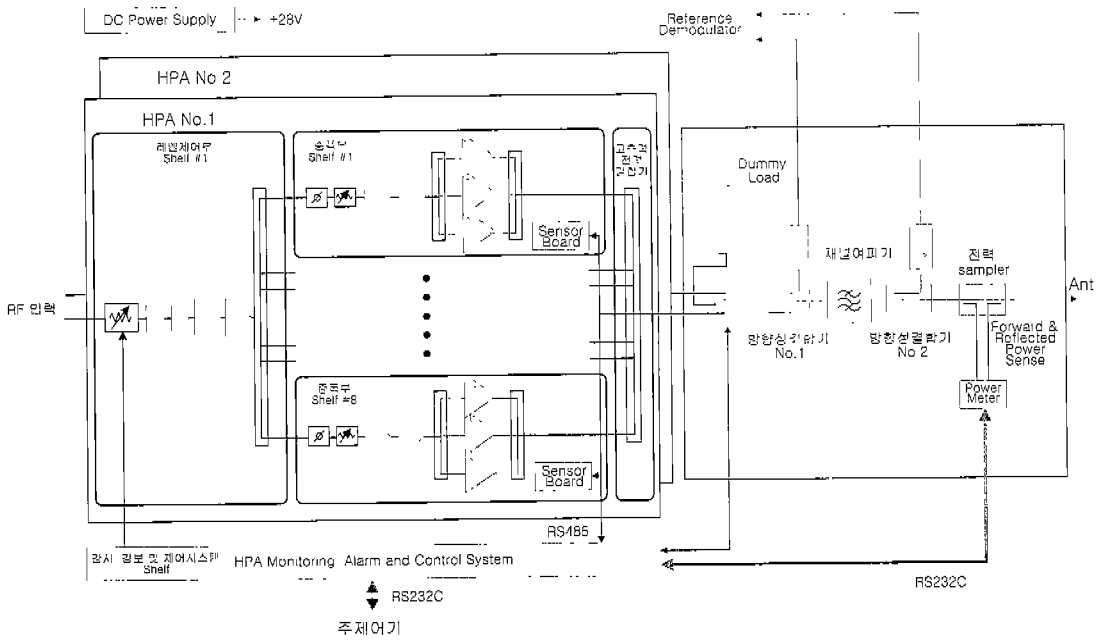

그림 10. HPA 시스템의 구조

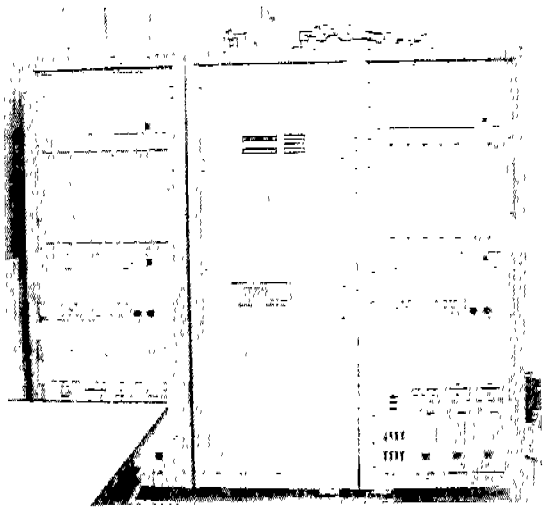

그림 11. HPA 랙 구조

하여 다른 HPA 랙으로 절체하도록 되어 있다. 완성된 HPA 랙 구조를 [그림11]에 나타내었다.

다. 증폭기 모듈의 설계

HPA 모듈 구성에 사용한 단위증폭기는 4W peak급, 30Wpeak급, 125Wpeak급 3종류이다. 이중 4Wpeak급과 30Wpeak급은 A급 동작을 하며, 125W급은 AB급 동작을 한다. 각 단위증폭기를 설계할 때 입출력 임피던스 정합회로는 트랜지스터 제조회사에서 제공한 입출력 임피던스 값을 이용하여 설계하였다. 30Wpeak급과 125Wpeak급 트랜지스터는 push-pull 구조로 동작하도록 되어 있으며 이를 위해 Balun을 설계하였다.

Balun은 두개의 동축케이블을 조합한 형태가 가장 이상적인 경우이며, 이밖에도 마이크로스트립선로와 동축케이블을 조합한 형태, 단면 마이크로스트립 선로로 구성하는 방법, 양면 마이크로스트립 선로로 구성하는 방법, 두개의 회로면을 겹쳐서 세운 구조(VIP)를 이용하여 면적을 줄이는 방법등이 있다. 본 연구에서는 특성도 비교적 우수하고 제작도 용이한 점을 고려하여 동축케이블과 마이크로스트립 선로를 조합한 형태를 이용하였다.

앞서 기술한 바와 같이 600Wpeak급 HPA 모듈은 4Wpeak, 30Wpeak,125Wpeak급 증폭기

로 드라이브단을 구성하고 125Wpeak급 증폭기를 3dB 하이브리드로 결합하여 250Wpeak급 평형증폭기 3개를 만든 다음 드라이브단 출력을 3Way 분배기로 분배하여 250Wpeak급 평형증폭기 3개를 구동한다. 250Wpeak급 평형증폭기 3개의 출력은 다시 3Way 결합기로 결합되어 출력된다. 3Way 결합기/ 분배기는 마이크로스트립으로 구현하였다.

라. 실험 결과 및 결론

개발한 HPA 시스템의 시험 결과를 [그림12] ~ [그림14]에 나타내었다. HPA 시스템에 대한 이득을 측정한 결과 70dB이상으로서 설계목표치를 달성하였으며, 동작주파수 영역은 470~542MHz로서 목표치 550MHz에는 미치지 못하지만 trimming capacitor만 tuning하여주면 550MHz까지

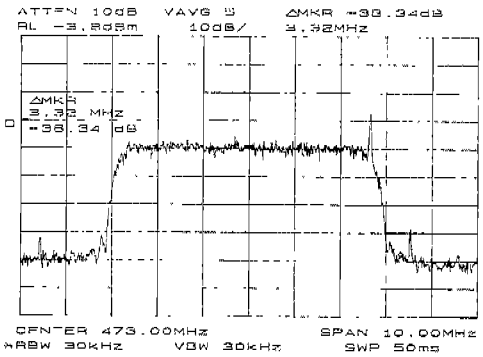

그림 12. HPA 입력 스펙트럼

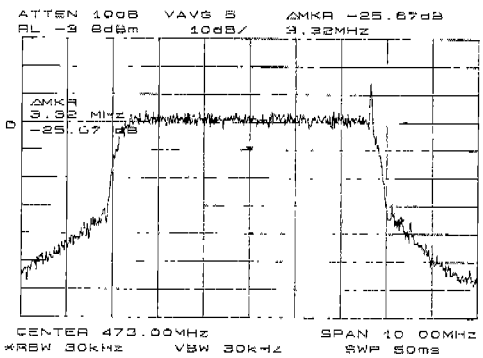

그림 13. HPA 출력 스펙트럼

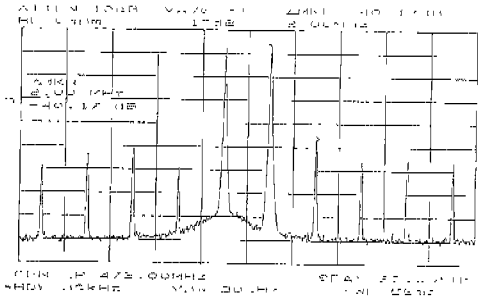

그림 14. 2-Tone IMD Test 결과

커버할 수 있다. [그림13]에 나타낸 HPA 시스템 출력 스펙트럼은 채널 여파기를 통과한 신호를 측정한 스펙트럼으로서 채널 경계에서 1MHz떨어진 주파수에서의 스퓨리어스 레벨이 -40dB이상이므로 FCC Relaxed Mask를 만족하는 수준이다. IMD 특성을 측정하기 위하여 2-tone 시험을 한 결과1kWav까지 2-tone IMD 레벨이 -36dB이하였다 ([그림14] 참조).

2.6. System MAC

System MAC(Monitor, Alarm and Control)은 그림과 같이 연주소의 송신 장비를 제어, 알람, 감시하는 Master MAC (MMAC)과 송신국의 전송장비를 모니터, 제어, 감시하는 Slave MAC (SMAC)으로 구성된다. MMAC은 연주소에 위치하여 비디오 부호화기, 오디오 부호화기, 다중화기, 데이터 처리기, PSIP 생성기, Remux, STL등을 직접 제어, 감시, 알람하고, 변조기, 주파수 상향기, HPA등의 송신국 전송장비들도 SMAC을 통하여 제어, 감시, 알람할 수 있는 장비이다. SMAC에 우선하며, 모든 DTV 송신 장비들을 제어, 감시, 알람하는 기능을 가진다. SMAC은 송신국에 위치하여 변조기, 주파수 상향기, HPA MAC, STL등을 직접 제어, 감시, 알람하며 또한 연주소의 MMAC으로 송신국의 정보를 전달

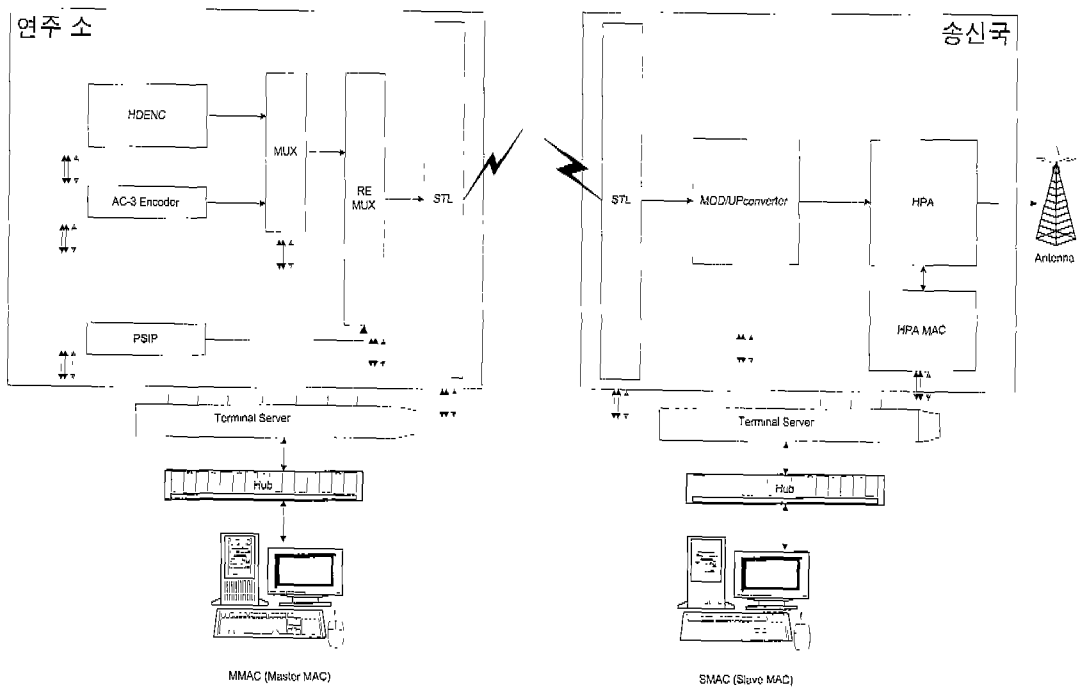

그림 15. System MAC의 물리적인 인터페이스

하는 기능을 가진다. MMAC은 SMAC과 전용회선을 통해서 연결되어 송신국의 전송장비를 원격으로 제어, 알람, 감시할 수 있다.

System MAC은 [그림15]와 같이 연주소의 송신장비시스템 및 송신국의 전송장비 시스템의 상태를 주기적으로 폴링(polling) 하여 그 상태를 GUI(Graphic User Interface)를 통하여 컬러 모니터 상에 표시하며 어느 장비에라도 문제가 발생할 시 운용자에게 이를 알린다. 또한 운용자가 장비에 대한 형상을 변경하고자 할 때 GUI를 통하여 가능하게 한다. System MAC은 PSIP 생성기와 연결되어 현재의 상태를 PSIP 생성기에게 알려준다.

[그림16]는 System MAC의 기능을 도식화한 그림이다. System MAC 은 크게 4가지의 기능을 가졌다. 각 기능에 따른 주요 내용은 다음과 같다.

- 시스템 기능: 운영자가 명령하거나 변경한 전송장비의 상태를 로그할 수 있어야 한다.
  - 스타트-업(Start-UP) 기능
  - 셧-다운 (Shutdown) 기능

- 통신기능: PSIP 생성기에서 요구하는 전송장비 형상정보 요구 명령에 MAC 장비의 상태를 응답할 수 있어야 한다. 전송장비의 형상정보를 변경하여 제어할 수 있으며, 각 전송장비의 상태와 알람 여부를 모니터링한다.
  - PSIP 생성기 정보와의 상호작용 기능
  - 전송장비를 모니터링하는 기능
  - 전송장비를 제어하는 기능

- 사용자 인터페이스 기능: 현재 액티브 신호 패스를 확인할 수 있으며, 전송장비의 상태가 변경된 경우에 이를 확인해서 업그레이드 시킨다.

- 에러 핸들링 기능: 장비에 에러가 발생한 경우 추

후에 디버깅할 수 있을 정도로 충분히 자세하게 로그할 수 있다.

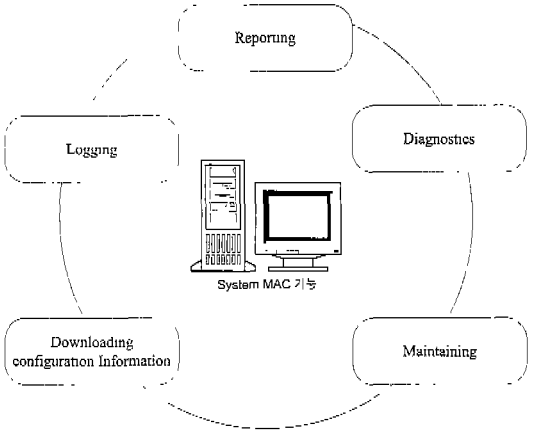

그림 16. System MAC의 주요기능 및 역할

Ⅲ. 중계 시스템

텔레비전 중계기는 난시청지역을 해소하기 위한 목적으로 기간국의 신호를 수신하여 동일 채널 또는 다른 채널로 신호를 증폭하여 송신하는 기능을 한다. DTV에서는 cliff effect에 의해 기간국과 가까운 지역에서도 shadowing 등에 의해 수신 불감대의 확률이 높아지므로 기존의 analog 방식을 운용하던 상황에 비하여 그 수요가 늘어나게 될 것으로 예상된다.

중계기는 수신 신호를 단순 증폭하여 재전송하는 방식, 수신신호를 주파수 변환하여 전송하는 방식, 그리고 수신신호를 복조한 후 다시 변조하여 송신하는 재생중계방식 등이 있으며, 재생 중계방식은 채널 부호화에 대한 이득을 얻을 수 있는 차이점이 있다.

한편 중계기의 속성상 원격지에서 운용되는 상황을 고려하여 telemetry기능, 이중화 그리고 인공적 자연적으로 발생하는 외부의 전기적 충격에 대하여 강인성을 갖는 구조가 필요하다.

재생 중계기를 구성하는 서브 시스템들은 안테나, 급전선, 수신단, 송신단, MAC, 전원공급기로 구성된다. 안테나와 급전선은 전파신호와 전기적 신호를 상호 변환하는 기능을 한다.

수신부는 기간국의 신호를 수신하고 복조하는 역할을 하게 되며, 그 구성은 주파수 하향 변환기와 8-VSB 복조기로 이루어 진다. 수신부의 부가장치로서 신호레벨, AGC, 반송파와 frame의 동기상태 등의 상태 표시 장치는 시스템의 설치와 운용에 편의성을 제공한다.

VSB 복조기능을 담당하는 신호복조기는 초기에 소개된 제품들이 현재에는 2세대 제품들로 대체되는 상황에 있다. PSIP 변환기는 복조된 신호 내에 포함되어 있는 방송 채널정보를 중계기가 송출하는 주파수값으로 편집하는 기능을 담당한다.

송신부는 8-VSB 변조기, 주파수 상향 변환기, 전치 보상기(pre-corrector), 전력 증폭기 그리고 송신시스템 감시장치로 구성되어 transport stream의 신호를 VHF 또는 UHF신호로 변환하는 기능을 한다.

제어부는 중계기를 구성하는 모든 서브시스템 및 unit이 가지는 설정상태, 동작상태, 등을 감시, 제어, 경보 할 수 있도록 연계되며, 원격지 통신망을 통하여 중계시스템이 운용될 수 있도록 하는 telemetry 기능을 포함한다.

전력 공급시스템은 redundancy를 포함하여, #1 전력증폭기 unit, #2 전력 증폭기 unit, #1 국부전원공급기, #2 국부전원공급기로 구성된다.

전력 공급시스템은 중계시스템 전반에 걸쳐 공통적으로 구성하며, 대전력을 필요로 하는 전력 증폭기를 위한 전력 공급시스템은 독립적으로 구성 한다. 〔그림17〕은 이러한 디지털 텔레비전 중계기의 구성도를 보인것이다.

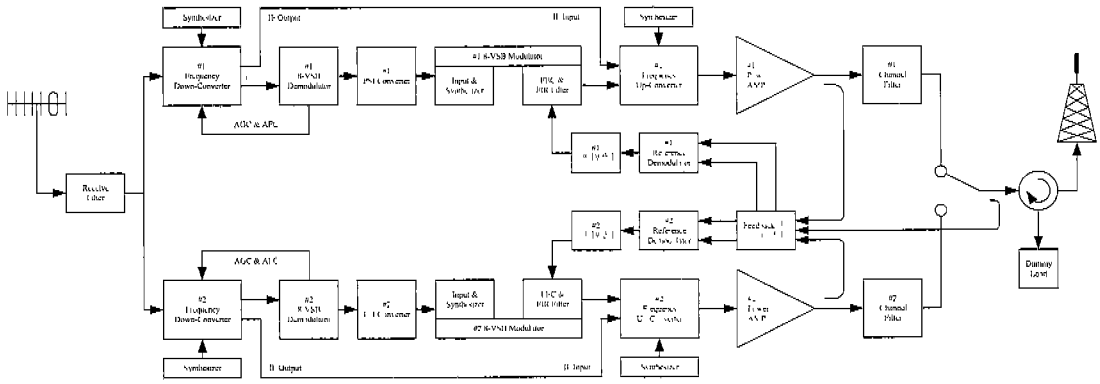

그림 17. 디지털텔레비전 중계기 구성도

Ⅳ. 송수신 시험장치

텔레비전 신호의 전송 환경에서는 [그림18]과 같이 송,수신점간의 이격과 지형, 지물의 차폐에 따른 전송 경로 손실이 발생하며, 여기에 더하여 동일 채널에 타 신호(다른 방송신호 및 다른 통신 신호)의 혼입, 인공 잡음의 존재, 다중 경로에 의한 반사파 및 반사파들의 도플러 천이가 발생한다. 더구나 주 송신기가 송출하는 신호의 품질이 이미 인접채널을

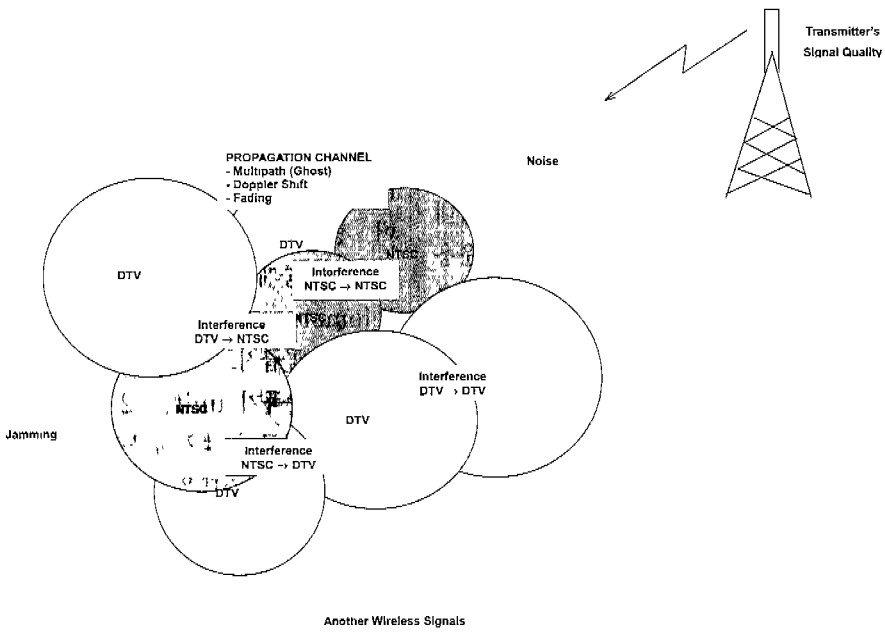

그림 18. 텔레비전 방송 신호의 전송 환경

침범하거나 자신의 대역 이내에 과도한 혼변조 왜곡이 발생하였다면 전송 경로의 환경이 양호하여도 수신 성능을 만족하기 어렵다. 송수신시험시스템은 다음의 상황에서 발생하는 수신 성능을 시험하고 조사하기 위한 수단을 제공한다.

- 송신 신호의 비선형 왜곡의 정도
- 경로 손실에 따른 신호 크기의 감쇠와 C/N0의 저하
- 인공 잡음의 증가
- 동일채널 또는(그리고) 인접채널에 존재하는 같은(다른) 형식의 텔레비전 신호의 존재와 그 신호들의 상대적인 차(D/U비)
- 다른 통신 신호 및 CW성, burst성 신호의 혼입
- 다중경로의 존재 및 경로간 도플러 편차

지상파 DTV 송수신 성능 시험시스템은 아날로그 텔레비전전과 디지털 텔레비전이 공존하는 상황에서 전송경로의 여러가지 환경이 가변적일 때의 수신성능을 시험하는 기능을 갖는다.

이를 위해 시스템은 전송채널에서 발생할 수 있는 다양한 상황을 묘사할 수 있어야 하며, 수신성능을 시험하기 위한 측정 수단이 구비되고, 텔레비전 수상기를 통하여 관측될 수 있어야 한다.

또한 다양한 상황에 대한 성능 측정 결과를 체계적이고, 편리하게 얻기 위해서는 환경설정 상황과 연계된 측정 결과를 도출하는 형태의 구조가 필요하게 되며, 앞 절에서의 계통관리부는 이 기능 제공하게 된다.

시스템은 ATSC, NTSC 각 신호원, 각종 전송채널 파라미터를 물리적으로 발생할 수 있는 hardware simulator들 그리고 ATSC, NTSC 신호에 대한 수신 장치들 전기적, 주관적 성능 측정 장치들로 구성된다. 서브 시스템들은 개별적으로 프로그램가능하며, 전체 계통은 시스템 운용 컴퓨터에 의해 통합적으로 제어되고 설정된 임의의 환경에 대한 설정 파라미터와 연계된 성능 측정 결과를 관리한다. ETRI에 구축되어 있는 DTV 시험장치를 [그림19]에 나타내었다.

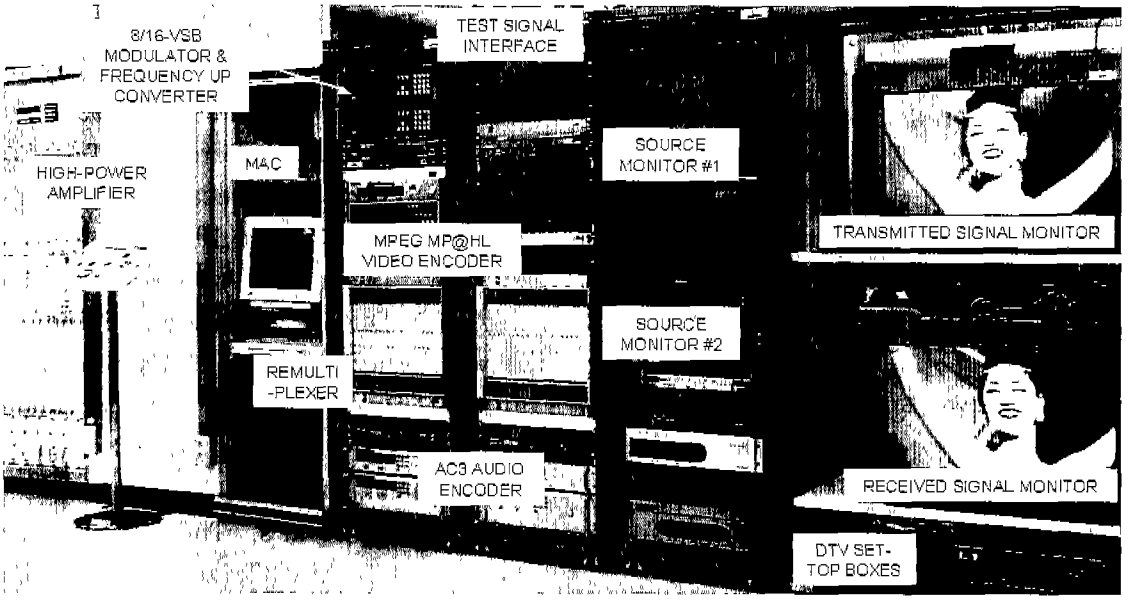

그림 19. DTV 시험장치

V. 결 언

과거 아날로그 시대에서는 많은 기술들이 선진국 기술개발자들의 know-how에 의존하였기 때문에 후발국의 많은 노력에도 불구하고 그 기술격차를 해소하기 어려웠으며 그로 인하여 시장에서의 경쟁력 뿐만 아니라 시스템의 제반 성능, 신뢰도 등에 있어서도 불충분한 점이 있어 대부분의 기간시설에 국산 제품의 도입이 기피되어 온 것이 사실이다.

그러나 이제 모든 국가에게 있어 새로운 디지털 기술 시대에 들어서는 과거에 이미 우리가 경험한 바와 같이 선진국 들과 동등하거나 오히려 앞선 기술과 상품의 개발이 가능하여졌다. 디지털 교환기, CDMA, DRAM 기술 등이 바로 그러한 본보기이라 할 수 있을 것이다. 이러한 의미에서 이제 우리의 기술은 세계적인 수준이며 더 나아가서 분산된 기술개발 자원을 결집할 수 있다면 대부분의 분야에서 세계 최고의 수준을 달성할 수 있을 것으로 판단되며 우리가 가진 자신감이 그러한 목표를 달성하는데 더 큰 밑받침이 될 것이라 믿는다.

방송분야에 있어서도 우리의 기술로 개발된 상품이 80%의 시장점유율을 가질 수 있을 것으로 기대하며 방송분야의 기술인들의 폭넓은 판단과 전략적 경영의 뒤받침이 있어 그러한 시기를 한층 앞당길 수 있기를 바란다.

기술개발에 있어 한가지 아쉬운 점은 우리의 총체적 역량은 있었으되 효율적인 노력의 결집이 미진하여 원하는 만큼 국내기술의 발전과 상품화로 이어지지 못한 경우가 있다는 사실이다. 이러한 점에 있어서도 향후 국내 기술개발진들 뿐만 아니라 관련 경영진들의 획기적인 인식 발전이 있어 보다 효율적이고 성공적인 기술개발과 상품화가 이루어지기를 기대한다.

※ 참고문헌

[1] 이진환, "SDTV/HDTV용 비디오 MPEG- 2 인코더 모듈의 구현,"제10회 신호처리 합동학술대회 논문집, pp.357-360, 1997.9.27.

[2] 이진환, "고선명TV 영상입출력부 개발,"제10회 신호처리 합동학술대회 논문집, pp.679-682, 1997.9.27.

[3] C. T. Ahn, H. S. Chang and J. Y. Yang, "A Parallel Processing Architecture for HDTV encoding System," Proceedings of International Workshop on HDTV' 96, Oct. 1996.

[4] ATSC, Doc. A/65, "Program and System Information Protocol for Terrestrial Broadcast and Cable", Dec. 1997.

[5] ITU-T Rec. H.222.0 | ISO/IEC 13818-1, "Information technology - Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information: Systems," April, 1996.

[6] FCC Memorandum Opinion and Order on Reconsideration of the Sixth Report and Order, Feb. 23, 1998.

[7] Canadian Digital Terrestrial Television System Technical Parameters (Draft), CRC, June 1998.

[8] ATSC Document A/53 16 Sep 95 ATSC Digital Television Standard with Amendment No. 1 (16 Mar 00)

[9] ATSC Document A/54 4 Oct 95 Guide to the Use of the ATSC Digital Television Standard

[10] T.K.KIM et al's, "The implementation of TS MAC(Transmitter Station Monitor, Alarm and Control)System

for Digital DBS System," IEEE Trans. on Broadcasting, vol.44, no.1, march 1998.

[11] J.S. Chae et al's, "MPEG-2 and DVB Standard Digital DBS System," The 3rd Asia-Pacific Satellite Communication Conference, pp.587-592, Nov. 1996.

박 재 홍

1978년 2월 서울대학교 전자공학사
1980년 2월 서울대학교 전자공학석사
1995년 2월 서울대학교 전자공학박사
1979년 10월~1985년 6월 국방과학연구소 연구원
1985년 7월~현재 한국전자통신연구원 책임연구원, 방송시스템연구부장
관심분야 : 방송, 위성 및 무선통신 시스템