

지상파 DTV 용 HPA 개발

Development of HPA for Terrestrial Digital TV

송명선, 이재욱, 김혁제, 강상기, 최재익

한국전자통신연구원

대전광역시 유성구 가정동 161 번지

e-mail : mssong@etri.re.kr

ABSTRACT

이 논문은 디지털 TV 송신기의 구성 시스템 중 하나인 HPA 서브시스템(이하 HPA 시스템이라고 함)을 구현하는 구현 기술에 대하여 기술한다. HPA 시스템은 레벨 제어부, HPA 모듈, 고출력 결합기, 여파기, HPA 감시, 경보 및 제어 시스템으로 구성되어 있다. 이를 구현하기 위해서 전력레벨을 설계하고, 각 레벨에 맞는 4Wpeak, 30Wpeak, 125Wpeak 단위 증폭기를 설계, 제작 시험하였으며, 이들 단위 증폭기를 전력 분배기/결합기를 이용하여 결합하여 600Wpeak 급 HPA 모듈을 제작하였다. 자체 제작한 HPA 모듈과 상용 부품을 이용하여 HPA 서브시스템을 구성하였으며, 현장시험을 통하여 그 성능을 입증하였다. 개발한 HPA 시스템은 동작주파수 470MHz~510MHz, 최대출력 1.6kWpeak, 이득 60dB 이상, 채널내 이득 평탄도 0.6dB 이하, 입력 반사손실 -18dB 이하이며, IMD는 3dB back-off 시 -35dB 이하이다.

1. 서론

영국과 미국의 지상파 디지털 TV 시험 방송과 함께 디지털 TV 시대가 개막되었다. 이에 대비하여 외국의 경우에는 수 년 전부터 8-VSB, OFDM 변조된 디지털 TV 신호를 송신하기 위한 송신기의 개발이 이루어져 왔다. 국내에서도 1998년부터 본격적으로 송신기 관련 기술의 개발이 이루어지기 시작하여 encoder, 변조기, 주파수 상향기 등의 개발이 이루어졌으며, 이러한 관련기술의 개발의 일환으로 HPA 시스템을 개발 하게 되었다. 여기서 HPA 시스템은 주파수 상향기 후단 부터 안테나 전단까지의 RF 계통을 통칭하는 의미이다.

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 100mWpeak 까지 증폭하는 기능을 갖고 레벨제어회로가 부가된 레벨제어부와 4Wpeak, 30Wpeak, 125Wpeak 급 단위증폭기로 구성된 드라이브단, 125Wpeak 급 단위증폭기를 기본으로 한 최종증폭단으로 구성하였다.

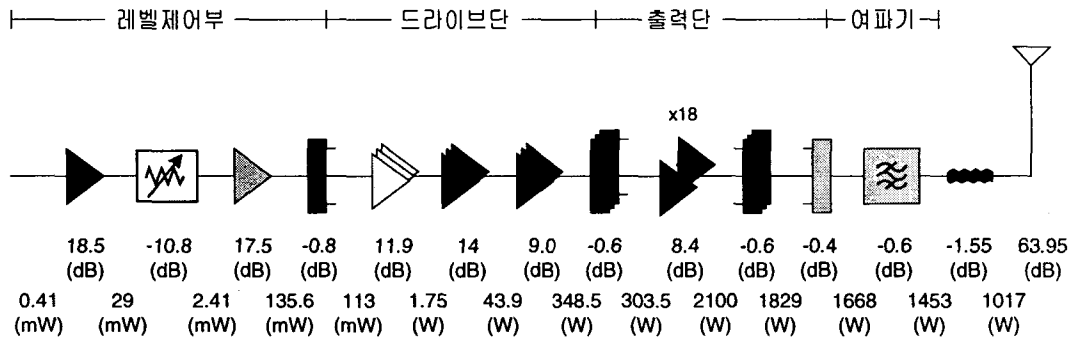
HPA 시스템의 성능을 법적으로 규제하는 요소에는 허가된 출력 준수여부, 출력 허용편차, 대역폭을 들 수 있으며, 출력 허용편차는 현재 상한 10%, 하한 20%로 되어 있다. 대역폭의 경우 국내에서 설정한 Spectrum Mask 가 없으므로 잠정적으로 FCC, 캐나다에서 제시된 Spectrum Mask 를 적용해야 할 것으로 판단하며, 이 경우 IM 성분을 포함한 채널 경계지역에서의 스퓨리어스 레벨은 -36dBc 이상이 되어야 한다. 이외에도 HPA 설계시 고려해 할 파라미터에는 여파기의 Group delay, 송신기의 이중화 기능 등이 있다.

본 논문에서는 이와 같은 파라미터를 고려하여 최대 출력 250Wav 급 HPA 시스템을 설계, 제작하는 방법과 특성을 기술하고자 한다.

2. HPA 시스템 구성

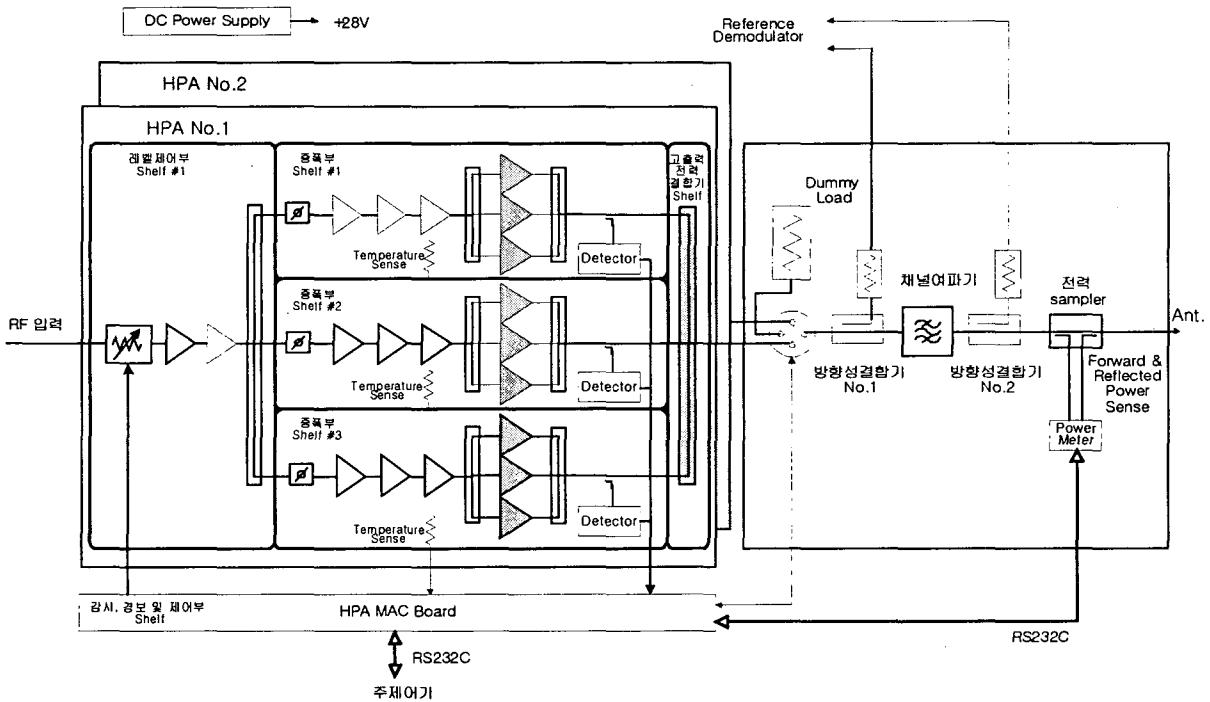
개발한 HPA 시스템의 전기적 특성은 동작주파수 470~550MHz, 최대출력 250Wav(back-off 하

지 않으면 400W_{av} 이상임), 이득 64dB 이상, 출력 변동폭 $\pm 5\%$ 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 여러 가지 경우를 고려한 결과 (그림 1)과 같은 RF 전력 레벨 다이어그램에 따라 단위증폭기를 조합하였다.



(그림 1) 레벨다이어그램

(그림 1)에 따라 HPA 시스템을 (그림 2)와 같이 구성하였다. 레벨제어부는 하나의 모듈로 하여 독립된 shelf로 만들고, 드라이브단 단위증폭기 3개와 6개의 125W_{peak}급 증폭기를 조합하여 하나의 HPA 모듈로 구성하여 모듈화 하였다. 이때 하나의 HPA 모듈 출력은 600W_{peak} 정도가 된다. 각 HPA 모듈내부에는 온도를 측정하기 위한 온도 센서와 모듈출력을 측정하기 위한 power



(그림 2) HPA 시스템의 구조

detector를 장착하였다. 레벨제어부와 증폭기 모듈 3개를 결합하여 하나의 HPA 랙이 구성된다. 이 중화 기능을 구현하기 위하여 HPA 랙은 2개로 구성되며 랙간의 RF 출력 절체는 RF 동축 스위치에 의해 이루어진다. 채널여파기는 다 채널로의 간섭을 줄이기 위한 스푸리어스 제거용으로서, 두 송신기가 동일지역에 위치해 있고 스푸리어스 레벨이 규정된 Spectrum Mask 범위 내에 들면 없어도 되나 현재 Predistorter가 없을 뿐만 아니라 간섭을 완전히 배제하고, 여파기의 특성이 DTV 전송품질에 미치는 영향을 실험적으로 가늠하기 위하여 여파기 랙을 구성하였다. 여파기의 양쪽에는 방향성결합기가 연결되어 HPA의 비선형성을 보정하고, 여파기의 균지연 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 레벨 제어부의 레벨을 제어한다. 또한 한 HPA 랙이 고장이 났을 경우 동축스위치를 제어하여 다른 HPA 랙으로 절체하도록 되어 있다.

3. 증폭기 모듈의 설계

HPA 모듈 구성에 사용한 단위증폭기는 4Wpeak 급, 30Wpeak 급, 125Wpeak 급 3종류이다. 이중 4Wpeak 급과 30Wpeak 급은 A 급 동작을 하며, 125W 급은 AB 급 동작을 한다. 각 단위증폭기를 설계할 때 입출력 임피던스 정합회로는 트랜지스터 제조회사에서 제공한 입출력 임피던스 값을 이용하여 설계하였다. 30Wpeak 급과 125Wpeak 급 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 마이크로스트립선로로 구성하는 방법, 양면 마이크로스트립선로로 구성하는 방법, 두개의 회로면을 겹쳐서 세운 구조(VIP)를 이용하여 면적을 줄이는 방법등이 있다. 본 연구에서는 특성도 비교적 우수하고 제작도 용이한 점을 고려하여 동축케이블과 마이크로스트립선로를 조합한 형태를 이용하였다.

앞서 기술한 바와 같이 600Wpeak 급 HPA 모듈은 4Wpeak, 30Wpeak, 125Wpeak 급 증폭기로 드라이브단을 구성하고 125Wpeak 급 증폭기를 3dB 하이브리드로 결합하여 250Wpeak 급 평형증폭기 3개를 만든 다음 드라이브단 출력을 3Way 분배기로 분배하여 250Wpeak 급 평형증폭기 3개를 구동한다. 250Wpeak 급 평형증폭기 3개의 출력은 다시 3Way 결합기로 결합되어 출력된다. 3Way 결합기/분배기는 마이크로스트립으로 구현하였다.

구성한 HPA 모듈 사진을 (그림 3)에 나타내었다.

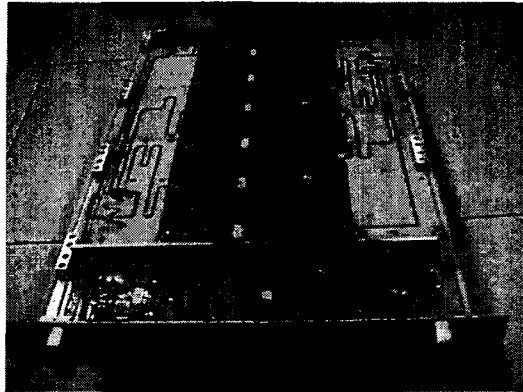
4. 실험 결과 및 결론

개발한 HPA 시스템의 시험 결과를 (그림 4)-(그림 9)에 나타내었다. HPA 시스템에 대한 이득을 측정한 결과 60dB 이상으로서 설계목표치를 달성하였으며, Two-tone IMD 시험결과 230Wav까지는 -35dB 이하였다. 동작주파수 영역은 470-520MHz로서 목표치 550MHz에는 미치지 못하지만 trimming capacitor만 tuning하여주면 550MHz까지 커버할 수 있다. 200Wav에서 8-VSB 변조된 신호의 출력 특성을 시험한 결과 입력 스펙트럼의 스푸리어스가 -35dBc일때 IM 성분을 포함한 스푸리어스 성분이 -33dBc 정도로서 HPA 시스템 입력에서의 스푸리어스 레벨이 -35dBc 이하이면 더 낮은 스푸리어스 특성을 얻을 수 있을 것으로 판단된다. (그림 9)에 나타낸 HPA 시스템 출력 스펙트럼은 채널 여파기를 통과한 신호를 측정한 스펙트럼으로서 채널 경계에서 1MHz 떨어진 주파수에서의 스푸리어스 레벨이 -40dB 이상이므로 FCC Relaxed Mask를 만족하는 수준이다.

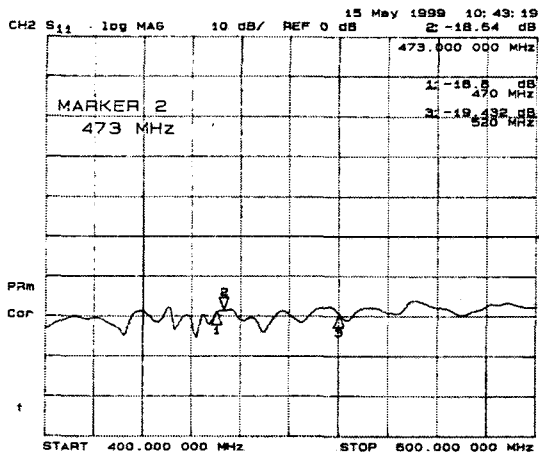
(그림 10)은 관악산 송신소에 설치하여 현장시험하고 있는 HPA 시스템 사진을 나타낸 것이며 이중화가 가능하도록 되어 있다.

전술한 바와 같이 부품레벨에서 시작하여 DTV 송신에 이용할 수 있는 250Wav HPA 시스템을

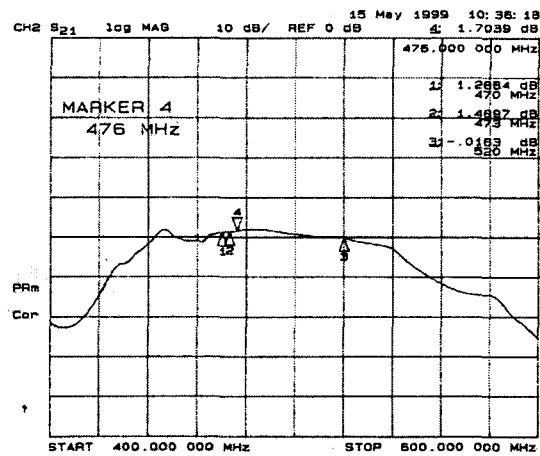
개발하였다. 현재는 predistorter 가 없는 상태이므로 3dB 이상 back-off 하여 사용하고 있으나 predistorter 와 연계하여 사용하면 최대출력을 이용할 수 있을 것으로 판단한다.



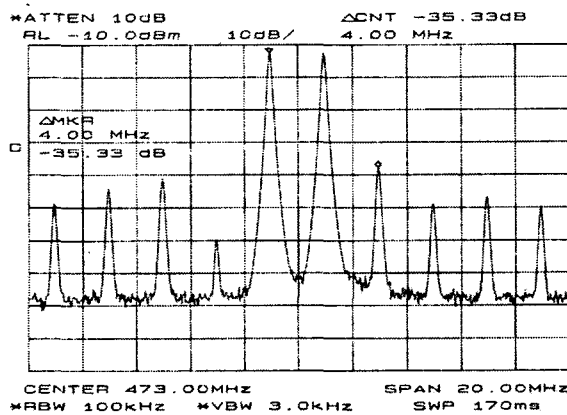
(그림 3) 150Wav HPA 모듈



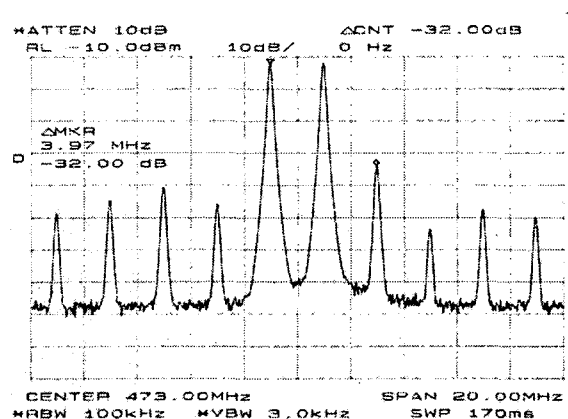
(그림 4) HPA 시스템 입력 정합 특성



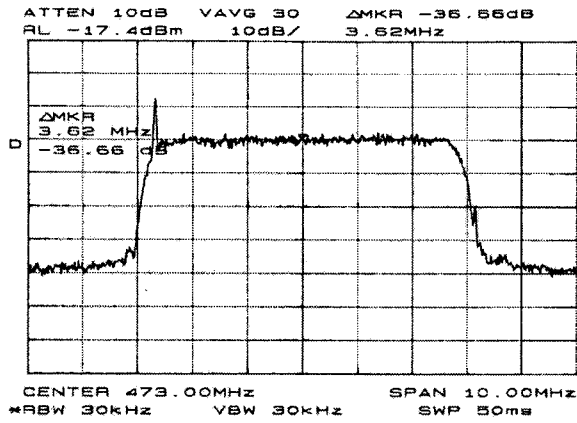
(그림 5) HPA 시스템 전달특성



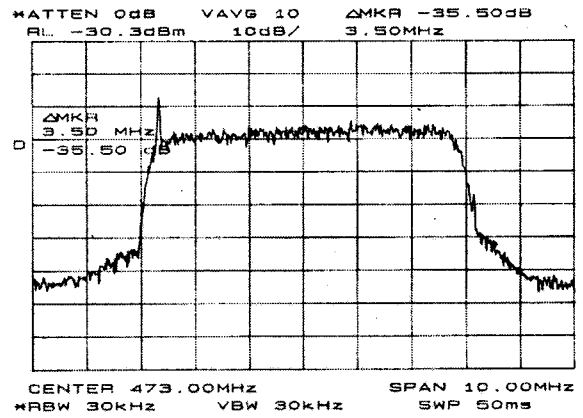
(그림 6) 226Wav 출력시 IMD 레벨



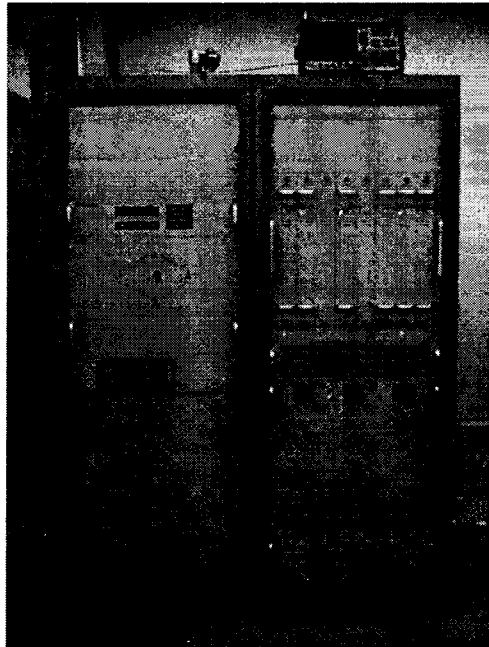
(그림 7) 280W 출력시 IMD 레벨



(그림 8) HPA 시스템 8-VSB 입력 스펙트럼



(그림 9) HPA 시스템 출력 스펙트럼
(180Wav 출력시)



(그림 10) 개발한 HPA 시스템