

디지털 TV 증계기용 전력증폭기의 설계 및 구현

°황상진, 김창일, 양운근
인천대학교 공과대학 전자공학과
전화 : 032-770-8447 / 핸드폰 : 019-419-6811

Design and Implementation of Power Amplifier for Digital TV Translator

°Sang Jin Hwang, Chang Il Kim, Woon Geun Yang
Dept. Electronics Eng., University of Incheon, Incheon, 402-749, Korea
E-mail : sfefano@hanafos.com

Abstract

본 논문에서는 90W_{avg} 급 디지털 TV 증계기에 사용되는 140W_{avg} 급 전력증폭기를 설계 및 구현하였다. 증계기 규격의 기반이 되는 미국 FCC(Federal Communications Commission)의 규격과 KBS(한국방송공사)가 제시하는 사양에 적합한 전력증폭기의 설계 및 구현을 목표로 하였다. 전력증폭기는 4 단으로 구성하였으며, 전치증폭기는 A 급, 구동증폭기와 종단증폭기는 AB 급으로 동작시켰다. 구동증폭기에서는 3W_{avg}의 출력을 얻었으며, 3 개의 전력증폭용 모듈이 병렬 연결된 종단증폭기에서는 140W_{avg}의 출력을 얻을 수 있었다. 사용주파수의 대역을 넓히고 입력 및 출력의 VSWR을 개선시키기 위하여 발룬과 sage wireline coupler를 이용하여 전력증폭용 모듈을 설계하였다. 모든 전력증폭용 모듈은 방송용 전력증폭기의 규격사양인 isolator로 종단 처리하여, 종단 임피던스의 갑작스런 변화시에도 장비가 보호될 수 있도록 설계하였다.

I. 서론

국내에서는 1997년 11월 국내 지상파 디지털 TV 방송방식을 8VSB(Vestigial Sideband) 변조의 ATSC(Advanced Television Systems Committee) 전송방식으로 채택하였으며, 2001년 하반기부터 수도권 지역

을 대상으로 지상파 디지털 TV 방송의 정규프로그램 전송이 개시되어, 2010년까지는 국내의 모든 TV 방송이 디지털화 될 예정이다. 전국의 TV 방송 서비스영역 확대에 필요한 디지털 TV 증계기의 주요 구성요소는 복조기, 변조기, 채널변환기(exciter), 전력증폭기, RF Front-End 및 이들의 동작을 감사 제어하는 제어기 등으로 이루어져 있다[1].

본 논문에서는 증계기 구성부 중 가장 중요한 부분이며 방송품질과 소비전력에 가장 큰 영향을 미치는 전력증폭기를 설계 및 구현, 시험한다. 현재까지 수입에 의존하던 디지털 TV 방송용 전력증폭용 모듈로 구성되는 전력증폭기에 대한 국산화를 목표로 한다.

2 장에서는 전력증폭기 설계를 위한 전력증폭용 모듈과 전력증폭기용 3-way 분배기와 결합기를 각각 설계하며, 3 장에서는 이를 토대로 전력증폭기를 구현, 측정결과를 제시한다. 그리고 마지막으로 4 장에서 결론을 맺는다.

II. 전력증폭기의 설계

KBS를 비롯한 방송국의 사양은 정해진 전기적 규격은 있으나 확정된 모델은 존재하지 않는다고 할 정도로 다양한 설계 모델을 계약시 요구한다. 끝채널이 첫채널 주파수의 2 배에 해당하며, 60 개가 넘는 다채널의 방송 환경은 각 지방 방송국의 지리적 환경과 맞물려 모듈화

설계를 통한 다양한 모델을 요구한다. 따라서, 본 논문에서는 적은 수의 채널 혹은 비교적 협대역인 이동통신용 전력증폭기에 적용되는 집적화 설계유형과는 반대로 모듈화 설계를 지향하는 디지털 TV 증계기용 전력증폭기의 설계에 대해 제안하고자 한다.

그림 1은 3개의 전력증폭용 모듈을 이용하여 구성된 140W_{avg} 전력증폭기의 구성도이다.

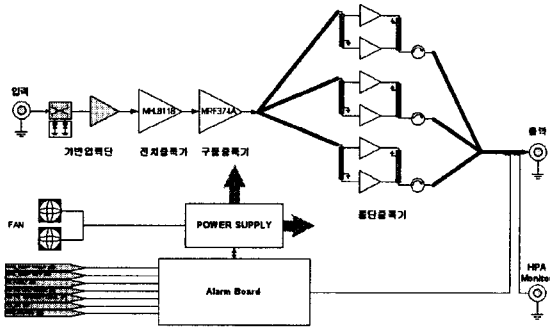
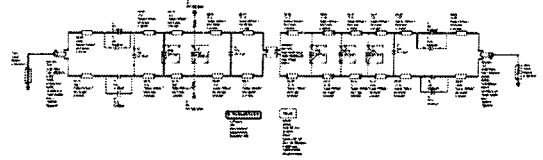


그림 1. 전력증폭기 구성도.

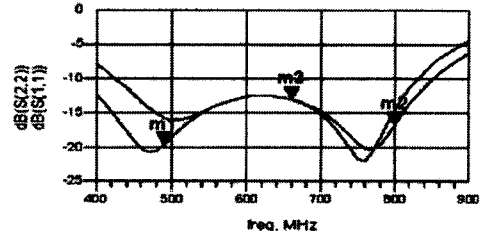
2.1 전력증폭용 모듈의 설계

전력증폭용 모듈의 설계주파수 범위는 방송용 UHF 대역으로 470 ~ 860MHz까지의 광대역 구간이다. 발룬은 통과대역의 중심주파수인 660MHz의 $\lambda/4$ 의 길이에서 트랜지스터와의 정합을 고려하여 32 Ω 의 임피던스를 갖도록 설계되었으며, 로저사의 RO4350B 기판에서 양면을 이용한 대칭형태로 설계되었다[2]. 입력부에 sage wireline 과 같은 50 Ω 의 3dB 하이브리드 커플러를 사용하면 반사된 전력이 마치 50 Ω 시스템에서 소비되는 것처럼 보이므로 회로에 안정된 입력 VSWR을 제공할 뿐만 아니라, 출력회로도 동일한 구조로 가져갈 수 있으므로 설계가 용이하다.

그림 2 (a)는 50W_{avg}급 전력증폭용 모듈의 회로도이며, 모토로라의 LDMOS(Laterally Diffused Metal-Oxide-Semiconductor) 트랜지스터인 MRF374A를 사용하였다. 입력부는 sage wireline을 이용하여 입력을 3dB로 분배한 후, push-pull 입력에 사용되는 1:1 발룬에 의하여 트랜지스터로 각각 입력된다. 그림 2 (b)와 (c)는 ADS를 사용하여 전산모의실험 결과로 광대역의 특성을 나타내고 있다.



(a)

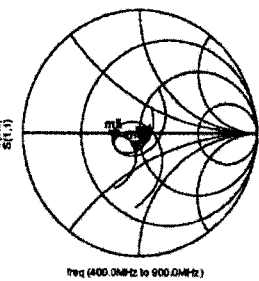


(b)

m4
freq=490.0MHz
S(2,2)=0.104 / -87.908
impedance = 20 * (1.061 - j0.207)

m5
freq=660.0MHz
S(2,2)=0.225 / -105.132
impedance = 20 * (0.639 - j0.078)

m6
freq=800.0MHz
S(2,2)=0.148 / -103.327
impedance = 20 * (0.889 - j0.251)



(c)

그림 2. 50W_{avg}급 전력증폭용 모듈과 전산모의실험 결과.

(a) 전력증폭용 모듈의 회로도,

(b) Return loss,

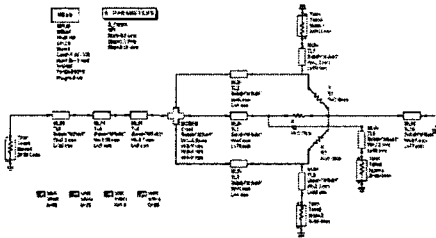
(c) Impedance loci.

2.2 전력증폭기용 3-way 분배기와 결합기의 설계

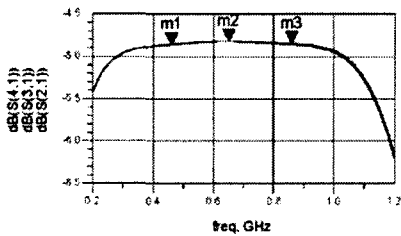
구동증폭기의 출력을 종단증폭기로 분배 및 결합하기 위해서는 분배기 및 결합기가 0.5dB 이내의 편차로 고 큰 입출력을 가져야 한다. 이를 만족하고 광대역의 특성을 갖도록 설계하기 위해 그림 3과 같이 ADS를 사용하여 전산모의실험을 하였다.

그림 3의 (a)에서와 같이 3-way 분배기는 구조상 출력측에 반사파 안정화를 위한 3개의 평형저항(balance resistor)이 필요하다. 그러나, 실제 PCB 상의 조립은 이 저항들의 위치상 문제로 semi-rigid 케이블을 적용한 급전방식을 취하였다. 또한 UHF 전대역에서의 고른 광대역 특성을 위해서 다단의 임피던스 트랜스포머 형태로 설계하였다[3].

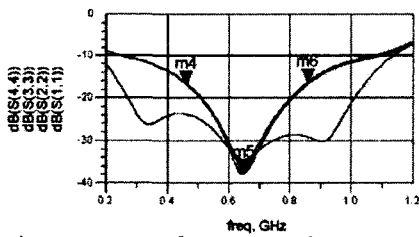
3-way 결합기의 회로도도는 그림 4 에 나타내었으며 이 에 대한 설계는 분배기의 전산모의실험 결과를 토대로 설계하였다[4].



(a)



(b)



(c)

그림 3. 3-way 분배기와 전산모의실험 결과.

- (a) 3-way 분배기 회로도,
- (b) Conversion loss, (c) Return loss.

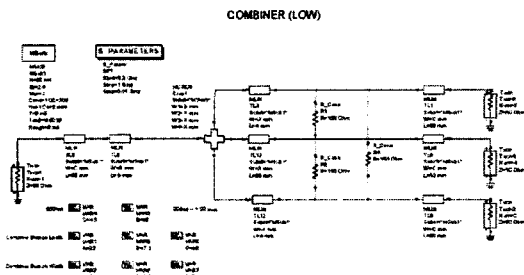


그림 4. 3-way 결합기의 회로도.

III. 전력증폭기 구현 및 측정

이동통신과는 달리 디지털 방송용 신호는 실제로 중 계기에서 사용될 변조기(modulator)와 채널 변환기 (exciter)를 스스로 사용하여 전력증폭기 구현실험을 하 여야 한다. 이는 디지털 TV 방송용 전력증폭기의 실험 자체가 하나의 완벽한 송신기 혹은 중계기의 실험을 의 미하는 것이다.

설계된 각각의 모듈들은 그림 5 와 같이 19" 기구 내 부에 구현하였다. 그림 5(a)는 3-way 분배기, 그림 5(b) 는 종단증폭용 모듈, 그림 5(c)는 3-way 결합기를 나타 내고 있다. 가변입력단과 전치증폭기, 구동증폭기, 3-way 분배기를 맨 앞부분에 배치시킨 후, 종단증폭기인 3 개 의 전력증폭용 모듈을 중간부분에 배치시켰다.

디지털 TV 용 전력증폭기에는 방송국 사양에 의해 isolator 가 사용되므로, 이를 활용하여 결합기의 입력측 에 평형저항을 사용하지 않고도 안정적인 결합기의 설 계가 가능하다. 전력증폭용 모듈의 종단은 각각 하나씩 isolator 에 연결시키고, 다시 맨 끝부분의 3-way 결합기 에 연결되어 140W_{avg} 의 출력이 인가된다. 각 모듈을 포 함한 전력증폭기의 전원은 전용 전원공급기에 의해서 28V 의 DC 가 공급된다. 전력증폭용 모듈의 중간에 위 치한 굵은 케이블이 전원공급케이블이다. 각 증폭단은 상호영향을 최소화하기 위해서 차폐용 칸막이를 사용하 여 분리하였다.

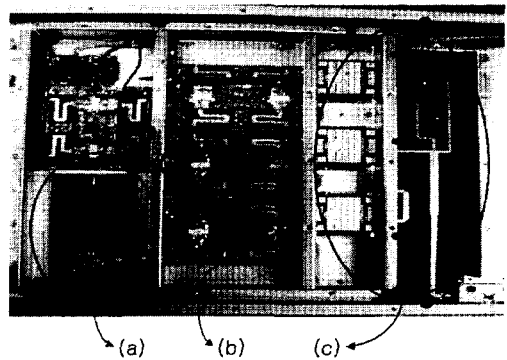


그림 5. 전력증폭기.

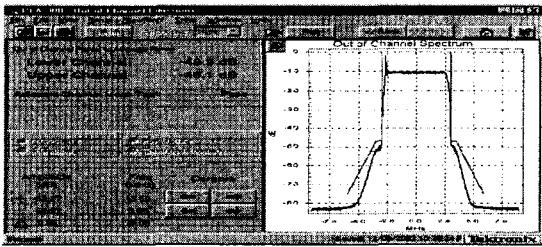
- (a) 3-way 분배기, (b) 전력증폭용 모듈,
- (c) 3-way 결합기.

본 논문에서 설계한 전력증폭기는 KBS 방송국 사양 에 맞도록 설계된 중계기에 적용하여 측정하였다. 측정

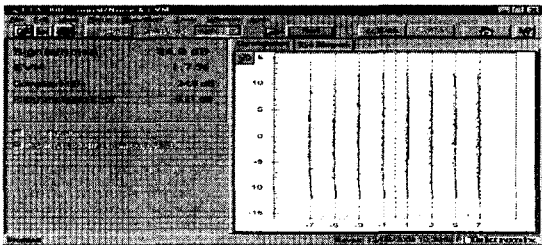
에는 중계기에 사용되는 채널변환기와 변조기에 설계된 왜곡보상기능을 사용하여 전력증폭기가 최적화되도록 조정하였다.

그림 6의 대역의 방사특성과 EVM 측정치는 RFA300A(ATSC 방식의 RF 규격 특성분석기)를 사용하여 측정한 것이며, 전력증폭기가 포함된 중계기의 선형 왜곡과 비선형 왜곡이 개선되어 규격 및 사양을 만족하고 있음을 나타내고 있다. 사용된 isolator의 동작 주파수는 580 ~ 700 MHz이며, 최종적으로 50W_{avg}의 전력증폭용 모듈 3개를 사용한 전력증폭기는 140W_{avg}의 출력을 발생시켰다. 대역내에서 이득평탄도는 1dB 이내로 나타났으며, 전체 전류소모는 28A를 나타내었다.

8VSB 전용 계측장비인 RFA300A으로 측정한 자료는 표 1과 같다. 규격은 FCC 규격과 국내 방송국 사양을 사용하였다.



(a)



(b)

그림 6. 디지털 TV 용 중계기의 측정결과.

- (a) 전력증폭기의 대역의 방사특성(BPF 포함),
- (b) 최적화된 전력증폭기의 EVM.

표 1. 방송국 규격과 구현된 전력증폭기의 측정치.

항 목	구 격	측 정 치	
대역의 방사	@-3.5MHz	47dB _{FCC}	52.3dB _{FCC}
	@+3.5MHz	47dB _{FCC}	52.9dB _{FCC}
EVM	3%	1.7%	
SNR(Equalizer OFF 시)	30dB	34.9dB	
진폭/위상 왜곡	1dB/5deg	0.39dB/0.4deg	

IV. 결론

본 논문에서는 디지털 TV 방송에 적용되는 90W_{avg}급 중계기용 전력증폭기에 대하여 설계 및 구현을 하였다. 구현된 전력증폭기는 50W_{avg}의 전력증폭용 모듈 3개를 사용하여 140W_{avg}의 출력을 발생시켰으며, 디지털 TV 중계기에 장착된 전력증폭기는 대역의 방사특성을 비롯한 FCC와 KBS 방송국 사양 규격을 모두 만족시키는 결과치를 나타내었다.

전력증폭용 모듈의 크기(115×91mm)는 발룬과 sage wireline coupler의 위치를 최적화시킴으로서 트랜지스터 제작사인 모토로라에서 제공하는 평가실험용 모듈 크기의 60% 정도로 크기 축소가 가능했으며 세계적인 전력증폭기 업체들의 모듈과 균등한 수준임을 의미한다. 전력증폭용 모듈의 동작점 가변이 용이하도록 설계하여 중계기의 채널변환기와 변조기에 내장된 왜곡보상기능을 최대한 활용할 수 있게 하였다. 이러한 효과로 전력증폭용 모듈의 사용 개수를 최소화시킬 수 있었다. 전력소모량의 감소와 비용절감 효과를 동시에 얻을 수 있다.

본 논문에서의 연구결과를 토대로 향후 전력증폭용 모듈의 수를 증가시켜 대출력의 송신기용 전력증폭기로서의 활용도 고려할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] LG 정보통신 중앙연구소, *디지털 TV Translator 개발*, 최종연구보고서, pp.1-6, 2000.
- [2] Rick Sturdivant, "Balun Designs for Wireless, Mixers, Amplifiers and Antennas," *Applied Microwave*, pp. 34-44, 1993.
- [3] Terry Edwards, *Foundations for Microstrip Circuit Design*, John Wiley & Sons, pp.127-169, 1992.
- [4] David M. Pozar, *Microwave Engineering*, John Wiley & Sons, pp. 351-383, 1998.

This work was supported in part by the Korea Science and Engineering Foundation(KOSEF) through the Multimedia Research Center at University of Incheon.