

TVWS용 광대역 고선형 전력증폭기

장상기*

A Broadband and High Linearity HPA for TVWS

Sanggee Kang*

요약

본 논문에서는 TVWS(TV white space)용 광대역 고선형 전력증폭기의 설계 및 구현에 대해서 기술한다. TVWS용 전력증폭기는 기존의 방송시스템에 미치는 영향을 최소화하기 위해서 방사전력 및 스펙트럼 마스크를 엄격하게 제한해야 한다. 구현한 전력증폭기는 460 ~ 698MHz 대역에서 동작하며, 24.7 ± 1 dB의 이득, -25dB 이하의 입력반사계수, -7.82dB 이하의 출력반사계수 그리고 22.2dBm 출력전력에서 -57.7dBc의 선형성을 갖는다.

Key Words : HPA, TVWS, Broadband, Linear Amplifier

ABSTRACT

The design and implementation of a broadband and linear HPA(High Power Amplifier) for TVWS are presented in this paper. The spectrum mask and transmitted power of HPA for TVWS must be controlled and meet the regulations to minimize interference effects on present broadcasting systems. The implemented HPA has the operating frequency of 460 ~ 698MHz with 24.7 ± 1 dB gain, input reflection coefficient of below -25dB, output reflection coefficient of below -7.28dB and the linearity of -57.7dBc at 22.2dBm output power.

I. 서론

주파수 이용효율을 높이기 위한 방법으로 인지무선

(Cognitive radio) 기술을 이용해서 TVWS를 사용하려는 다양한 연구개발이 진행되고 있다^[1]. TVWS를 이용하기 위해서는 기존의 지상파 TV 방송 등에 미치는 영향이 없어야 한다. 무선 환경에서는 사용하지 않는 주파수 채널을 이용하더라도 동일한 주파수 대역을 사용하는 타 시스템에 영향을 주지 않기 위해서는 송신기의 선형성을 아주 엄격하게 관리해야 한다. 그림 1은 FCC(Federal Communications Commission)에서 정의한 TVWS를 사용하는 송신기의 스펙트럼 마스크로 고정국(46dBm EIRP: Effective Isotropic Radiated Power)과 이동국(20dBm EIRP)은 6MHz 대역내의 전력과 인접채널의 전력을 100kHz 분해능으로 측정했을 때, 인접채널의 전력이 -55dBc 이하의 PSD(Power Spectral Density)가 되어 하는 것으로 규정하고 있다^[2,3]. 본 논문에서는 TDD(Time Division Duplexing) 통신시스템에 사용되는 TVWS용 전력증폭기의 설계와 제작에 대해서 기술한다.

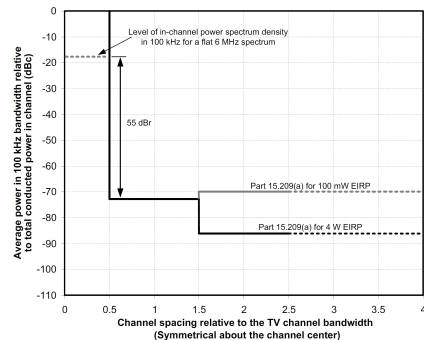


그림 1. 스펙트럼 마스크
 Fig. 1. Spectrum mask

II. 설계 및 제작

TDD 동작을 하기 위해서 송신기의 전단부(Front-end)에 광대역 써클레이터를 사용할 수 있으나 본 논문에서는 RF(Radio Frequency) 스위치를 사용하며, 송신 신호에 존재할 수 있는 스퓨리어스를 제거하기 위해서 대역통과필터를 사용한다. 더불어 송신기의 이상 유무와 송신전력을 원격으로 감시하기 위한 전력검출기정도 구현한다. 전력증폭기의 외부에 이와 같은 기능들을 별도로 구현하는 경우 구성 모듈의 수가 증가하고, RF 케이블의 연결에 따른 삽입손실도 증가할 수 있다. 때문에 본 논문에서는 전력증폭기의

* First Author:Kunsan National University, Dept. of Information & Telecommunication Engineering, skkang@kunsan.ac.kr, 정회원
 논문번호 : KICS2014-08-298 , Received August 11, 2014; Revised September 1, 2014; Accepted October 6, 2014

설계에 위에서 기술한 기능들을 모두 포함하도록 하였다.

그림 2는 설계한 전력증폭기의 구성도이며, TDD 동작시 송수신 경로상의 격리도를 보다 많이 확보하기 위해서 RF 스위치를 2개 사용하는 구조로 설계하였고, 최종단 증폭기는 2개의 전력증폭기 출력을 합성하는 구조로 설계하였다. 본 논문에서 목표하는 전력증폭기의 중요 사양은 표 1에 나타내었다.

구현한 전력증폭기의 이득과 입출력 특성의 측정결과는 그림 3과 같다. 측정 결과 이득은 24.5dB를 중심으로 약 +/- 1dB의 평탄도를 갖는 것으로 측정되었다. 입력반사계수는 상당히 좋게 측정되었는데, 그 이유는 증폭기의 이득을 원하는 수준으로 조절하기 위해서 10dB π 형 감쇄기를 입력단에 사용했기 때문이다. 전력증폭기를 광대역 특성을 갖도록 구현하기 위해서 출력단은 주파수가 높을수록 반사특성이 개선되는 형태로 정합하였다. 때문에 출력 반사계수 특성은 주파수가 낮을수록 좋지 않은 경향을 보이나 전력결합에 사용한 3dB 하이브리드 커플러와 중단의 대역통과여파기로 인해서 그러한 경향은 많이 감소하였다. 출력단 반사계수는 523MHz에서 -7.82dB로 측정되었으나, 대부분의 동작주파수 대역에서 -10dB 이하의 반

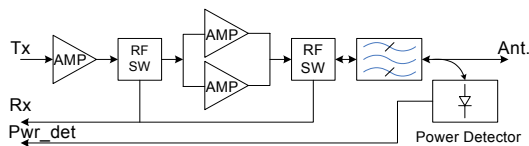
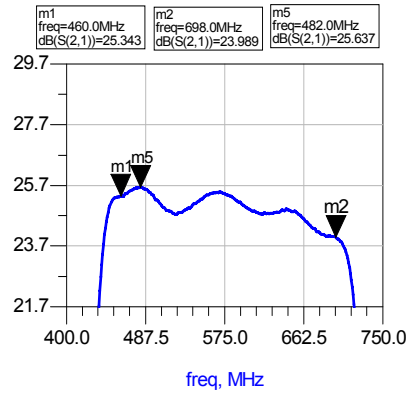


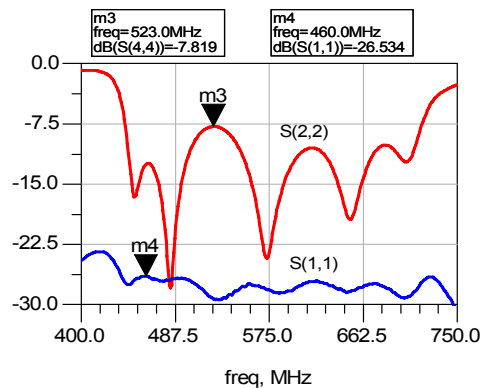
그림 2. 전력증폭기의 구성도
Fig. 2. The configuration of HPA

표 1. TVWS용 광대역고선형 HPA의 주요사양
Table 1. Specifications for the broadband and high linear HPA for TVWS

Item	Specifications
Frequency Range	460 - 698MHz
Output Power	≥ 21 dBm
IMD(Intermodulation Distortion)	≥ 55 dBc
Gain	≥ 24 dB
Gain Flatness	+/- 1dB
Input/Output RL	≥ 10 dB(Typical)
Input/Output Impedance	50ohms
Input/Output Connector	SMA female
Aux. Function	BPF, Output Power detection, Tx/Rx Switching



(a) S21



(b) S11과 S22

그림 3. 구현한 전력증폭기의 이득과 입출력반사 특성
Fig. 3. Gain and Input/Output return loss of the implemented HPA

사계수를 유지하고 있다.

그림 4는 구현한 전력증폭기의 스펙트럼 마스크와 출력전력을 측정한 결과이다. 스펙트럼 마스크 측정에서는 WCDMA(Wideband Code Division Multiple Access)의 64 DPCH(Dedicated Physical CHannel) 신호를 사용하였다. 전력이 큰 신호를 스펙트럼 분석기에 인가할 때에는 스펙트럼 분석기에서 발생할 수 있는 상호변조왜곡 성분을 줄이기 위해서 외부에 감쇄기를 사용해야 한다. 본 논문에서는 스펙트럼 마스크 측정시 외부에 30dB 감쇄기와 0.5dB 삽입손실을 갖는 RF 케이블을 사용하였다. 그림 4의 측정결과는 구현한 전력증폭기가 출력전력 22.21dBm/6MHz에서 -57.7dBc의 선형성을 가짐을 보여준다. 측정결과는 표 2에 요약해서 나타내었다. 그림 5는 구현한 전력증폭기의 사진이다.

표 2. 제작한 전력증폭기의 성능 측정 결과
Table 2. Measurement results of the implemented HPA

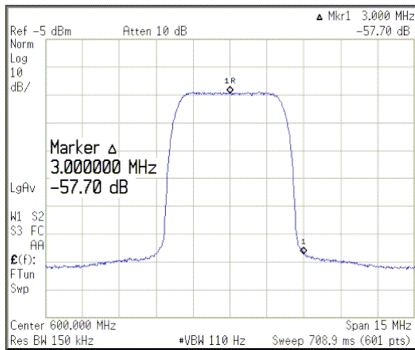
Item	Specifications
Frequency Range	460 ~ 698MHz
Output Power	22.21dBm
IMD	-57.7dBc
Gain & Flatness	24.7 +/- 1dB6
Input/Output RL	Input:25dB min., Output:7.82dB min.

III. 결 론

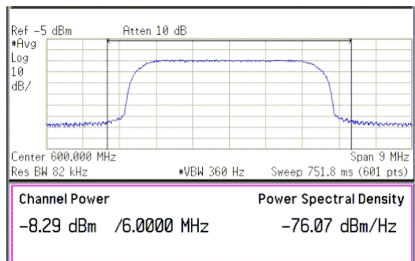
설계 및 구현한 전력증폭기는 460 ~ 698MHz 대역에서 동작하며, 24.7 ± 1dB의 이득, -25dB 이하의 입력반사계수, -7.82dB 이하의 출력반사계수를 가지며, 22.2dBm을 출력시 -57.7dBc의 선형성을 갖는다. 본 논문에서 설계 제작한 전력증폭기는 TVWS용 전력증폭기로 사용할 수 있다.

References

- [1] S. J. Shellhammer, A. K. Sadek, and Wenyi Zhang, "Technical challenges for cognitive radio in the TV white space spectrum," *Inf. Theory Appl. Workshop*, pp. 323-333, Feb. 2009.
- [2] IEEE Std. 802.22, Part-22: *Cognitive Wireless RAN MAC and PHY Specifications: Policies and Procedures for Operation in the TV Bands*, 2011.
- [3] D. Yun, H. Chang, and W. Lee, "A Study on experiment of transmission power assignment for indoor TVWS wireless communication system," *J. KICS*, vol. 38, no. 10, pp. 774-860, Oct. 2013.
- [4] G. Gonzalez, *Microwave Transistor Amplifiers: Analysis and Design*, vol. 2. NJ: Prentice-Hall, 1997.



(a) 스펙트럼 마스크
(a) Spectrum mask



(b) 출력전력
(b) Output power

그림 4. 구현한 전력증폭기의 선형성과 출력전력
Fig. 4. Linearity and output power of the implemented HPA

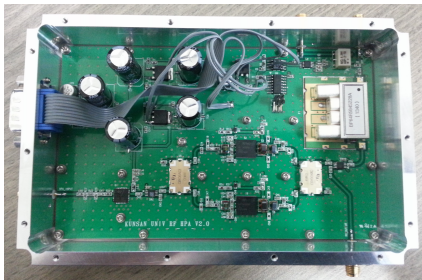


그림 5. 구현한 전력증폭기의 사진
Fig. 5. Photograph of the implemented HPA