

PBG 구조를 이용한 Dual Band 전력증폭기 연구

Research Dual Band Power Amplifier using PBG Structure

전 익 태 · 서 철 현

Ig-Tae Jeon · Chul-Hun Seo

요 약

본 논문은 각각 1 W 출력의 5.8 GHz 대역의 무선 랜과 이동통신 서비스 주파수 대역인 1.8 GHz 대역에서 동작하는 이중대역 전력증폭기를 설계 및 제작하였다. 전력증폭기의 입력으로 다중대역 신호가 선택적으로 입력되지 않고 동시에 입력되어질 경우 효과적인 구조로 설계하였다. 입력 단에서 두 신호를 분리하기 위하여 PBG를 이용하여 광대역의 저지 특성을 가지는 Diplexer를 사용하였으며, 전력증폭기의 정합에는 Load-pull 이론을 적용하여 최대 출력을 얻도록 하였다. 전력증폭기의 선형성을 증가시키기 위하여 PBG 구조를 적용하였다. 본 논문은 Load-pull 정합부 내에 PBG 구조를 삽입하여 전력증폭기가 최대 출력 상태에서 선형성을 개선시켰다. 또한 출력 정합부내에서 PBG 구조의 위치에 따른 선형성 개선의 변화 시뮬레이션을 통해서 검증하였다.

Abstract

This paper proposes new configuration for the dual power amplifier that operates at 5.8 GHz for the wireless LAN and 1.8 GHz for the PCS. It does not select the input signal but amplifies the dual band signals simultaneously. Broadband diplexer is used at the input to separate the dual band signals. Output power of each amplifier is 1 W. The PBG is employed to improve the performance of power amplifier. Generally, the PBG is employed at the end of output matching network. But in this paper, the PBG is employed in the load pull output matching circuit of amplifier to maximize the output power.

Key words : PBG, Power Amplifier, Dualband

I. 서 론

이중모드 및 다중 모드 시스템에 대한 연구는 이 전부터 소프트웨어 라디오(Software Defined Radio) 개발에 있어서 중요 핵심 요소로 작용해 왔으며, 때 맞추어 통신 시스템 간의 세대교체가 이루어지고 있는 현시점에서 과도기적 모델로서 주목을 받고 있어 연구가 활발한 가운데 있다^[1]. 논문에서는 5.8 GHz 대역 무선랜과 이동통신 서비스 주파수 대역인 1.8 GHz 대역에서 동작하는 이중대역 전력 증폭기 설계 및 제작에 관하여 기술하였다.

이중대역 전력 증폭기 설계 및 제작에 있어서 기존 방법은 하나의 통신시스템 신호가 선택적으로 입력되어 진다는 전제에서 연구가 진행되어졌다^[2].

본 논문에서는 하나의 통신시스템 신호가 선택적으로 입력되지 않고 동시에 전력증폭기에 입력되어질 경우에 대한 연구 논문이다. 서로 다른 대역의 두 신호가 입력되어질 경우 각각의 신호를 분리하여 전력증폭기에 입력함에 있어 필수적인 것은 두 대역간의 높은 저지 특성뿐만 아니라 통과 대역 이외의 대역에서도 저지 특성을 가지는 블록이 필수적이다. 이러한 특성을 가지는 블록을 구현하기 위하여 광대

「이 연구는 2004학년도 송실대학교 대학 연구비의 지원으로 연구되었음.」

송실대학교 정보통신전자공학부(School of Electronic Engineering, Soongsil University)

· 논문 번호 : 20040522-08S

· 수정완료일자 : 2004년 8월 3일

역의 저지 특성을 갖는 PBG(Potonic Band Gap) 구조가 적용되진 Diplexer를 이용하였다. PBG(Potonic Band Gap) 구조는 저역통과 필터의 특성과 함께 광대역의 저지특성을 가지고 있다^{[3]~[5]}.

또한 전력 증폭기의 선형성을 증가시키기 위한 방법으로 전력 증폭기 출력에 PBG 구조를 적용하였다. 전력 증폭기의 출력 임피던스를 50 ohm에 정합시킨 후 PBG 구조를 적용하여 선형성을 증가시키는 방법은 이미 많은 결과가 나와 있다^{[6]~[8]}. 그러나 이러한 방법은 전력증폭기의 최대출력에서는 PBG 구조에 의한 성능 개선 정도가 극히 적은 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는 PBG 구조를 전력증폭기의 정합회로에 첨가시킴으로써 최대 전력증폭기 최대 출력에서 선형성을 증가시키는 방법을 구현하였다.

II. Diplexer 및 전력증폭기 설계

Motorola사의 MRF281SR1의 1.8 GHz 대역의 트랜지스터와 Fujitsu사의 FLM5359의 5.8 GHz 대역의 트랜지스터를 사용하였다.

각 트랜지스터의 출력은 1 W의 출력을 목표로 설계하였으며, PBG 설계를 위하여 HFSS8.0, 전력증폭기 설계를 위하여 ADS2003A 시뮬레이션 툴을 사용하였으며, 제작에 사용된 기판은 유전율 3.2를 갖는 테프론기판을 사용하여 제작하였다.

2-1 Diplexer 설계 및 측정

1.8 GHz의 5.8 GHz의 통과대역에 대하여 각각 높은 저지특성과 이외의 대역에 대하여 높은 저지 특성을 가지도록 하기 위하여 기본적으로 PBG 구조를

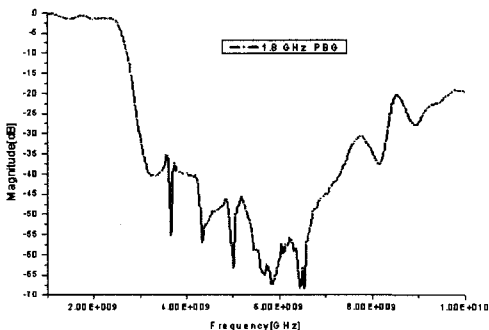


그림 1. 1.8 GHz PBG filter 특성
Fig. 1. A characteristic of 1.8 GHz PBG filter.

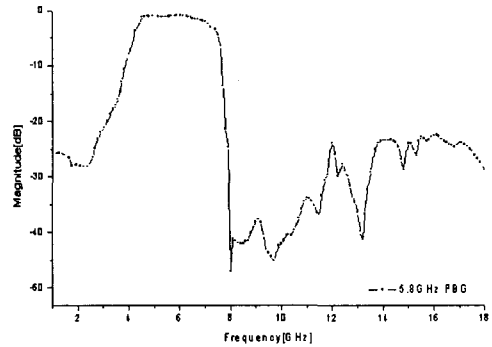


그림 2. 5.8 GHz PBG filter 특성
Fig. 2. A characteristic of 5.8 GHz PBG filter.

사용하였다. 5.8 GHz의 통과대역을 가지는 저역필터에는 1.8 GHz 대역에서 저지특성을 가지도록 하기 위하여 고역통과필터를 추가시켰다.

그림 1, 그림 2는 1.8 GHz, 5.8 GHz에 통과 대역 필터에 대한 시뮬레이션 결과이다.

그림 4는 두개의 필터를 T-Junction을 사용하여 결합하여 제작한 실제 Layout과 그 결과이다.

측정 결과 1.8 GHz, 5.8 GHz의 통과 대역내의 삽입손실은 각각 1.1 dB, 1.2 dB였으며, 저지특성은 각각 58 dB, 55 dB였다.

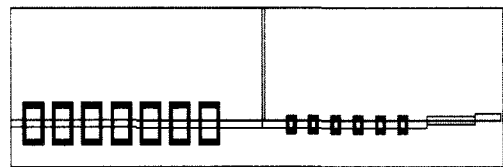


그림 3. Diplexer 도면
Fig. 3. Diplexer layout.

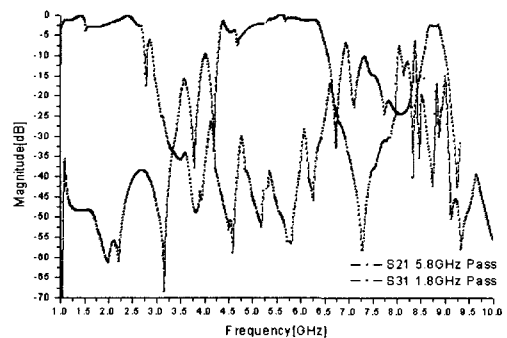


그림 4. Diplexer 특성
Fig. 4. A characteristic of diplexer.

2-2 전력증폭기 설계 및 측정

1.8 GHz와 5.8 GHz의 전력 증폭기 설계는 기본적으로 Load-Pull 정합기법을 사용하여 최대 선형구간을 시뮬레이션하여 설계하였다⁹⁾.

또한 전력증폭기에 PBG 구조를 첨가함으로써 전력증폭기의 선형성을 증가되도록 설계하였다⁷⁾. 본 논문에서는 PBG를 출력 정합회로 이후에 두지 않고 출력정합회로 내부에 둬으로써 그 성능을 개선하였으며, 출력정합부에서 PBG 구조의 위치에 따른 선형성 개선 정도를 시뮬레이션하였다.

1.8 GHz용 MRF281SR1의 동작점은 $V_{ds}=26\text{ V}$, $I_{ds}=250\text{ mA}$ 로 하였으며, FLM5359는 $V_{ds}=10\text{ V}$, $I_{ds}=2.2\text{ A}$ 의 동작점에서 시뮬레이션 및 설계를 하였다.

또한 P1 dB를 1 W(30 dBm)으로 설계하였으며, 측정 및 시뮬레이션의 입력 크기는 전력증폭기 출력이 포화영역(Saturation 영역)직전의 입력이 되도록 하였다. 이때 출력크기를 최대 출력레벨로 설정하였다.

PBG 구조는 Load-Pull 시뮬레이션에 의해 얻어진 최대 전력 임피던스로 정합회로 구현시 출력부 정합회로 가장 앞에 두어 PBG 성능의 효과를 최대로 얻도록 하였다. 실제 실험에서 PBG 구조의 위치가 출력부 정합 회로 뒤쪽에 위치할수록 트랜지스터 최대 출력에서 선형성 특성이 PBG 효과가 줄어드는 것을 알 수 있었다.

그림 5는 1.8 GHz 전력증폭기에서 PBG 구조의 위치에 따른 선형성 개선됨을 시뮬레이션 한 결과이다.

적용된 PBG 구조는 Diplexer에서 적용된 PBG 구조를 그대로 사용하였다.

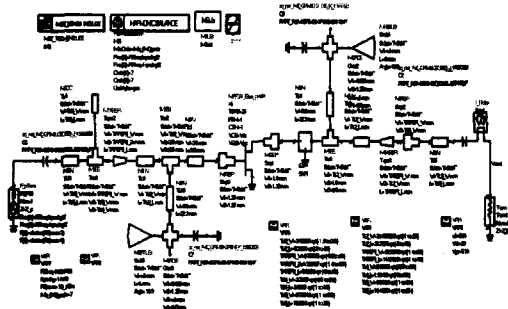


그림 5. 1.8 GHz 전력증폭기 회로도
Fig. 5. Schematic of 1.8 GHz power amplifier.

그림 6, 7, 8은 각각의 출력정합회로는 동일한 임피던스 출력 특성을 같도록 설계하였다. 이때 정합된 PBG 구조가 출력정합회로 앞으로 갈수록 IMD 특성이 -26.9 dBc, -27.4 dBc, -30 dBc로 좋아짐을 보여주고 있다.

5.8 GHz의 전력 증폭기 역시 위와 동일한 시뮬

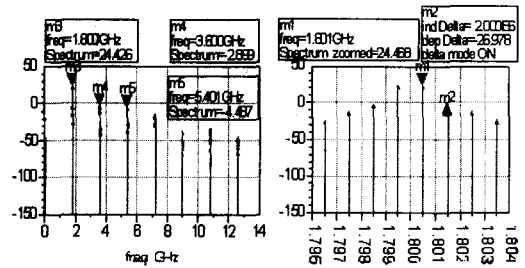


그림 6. PBG 적용전 전력증폭기 출력 특성
Fig. 6. Output characteristic of power amp. not used PBG.

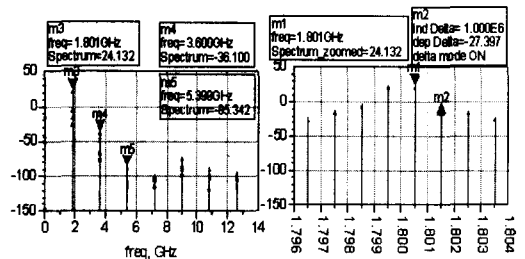


그림 7. 출력정합회로에서 PBG 구조가 가운데 놓여졌을 때 전력증폭기
Fig. 7. Output characteristic of power amp. when PBG is located in the center of output matching circuit.

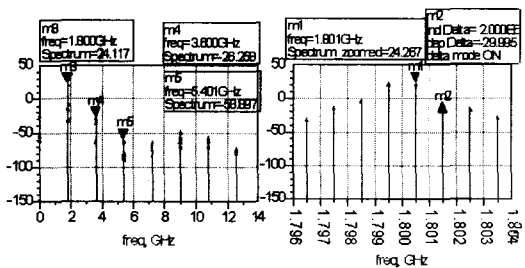


그림 8. 출력정합회로에서 PBG 구조가 초단에 놓여졌을 때 전력증폭기
Fig. 8. Output characteristic of power amp. when PBG is located in the beginning of output matching circuit.

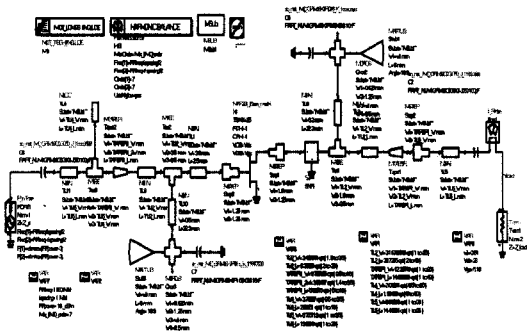


그림 9. 5.8 GHz 전력증폭기 회로도
Fig. 9. Schematic of 5.8 GHz power amplifier.

레이션 조건에서 같은 결과를 얻을 수 있었으며, IMD 특성은 PBG를 적용하여 최대 출력레벨에서 4 dBc의 개선효과를 보았다.

시뮬레이션을 토대로 실제 제작을 하였으며, 전력증폭기의 제작에 있어서는 방열문제를 제거하기 위하여 기판 뒷면에 방열판을 달아 열방출을 용이하게 하였다.

그림 9는 PBG의 유무에 따른 전력증폭기의 IMD를 측정된 결과이다.

측정결과 1.8 GHz 전력증폭기는 PBG 구조를 달

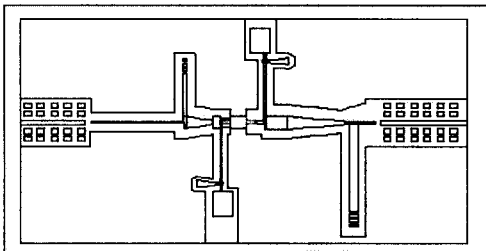


그림 10. PBG 적용전 1.8 GHz 전력증폭기 도면과 출력 특성
Fig. 10. Output characteristic and layout of 1.8 GHz power amp. not used PBG.

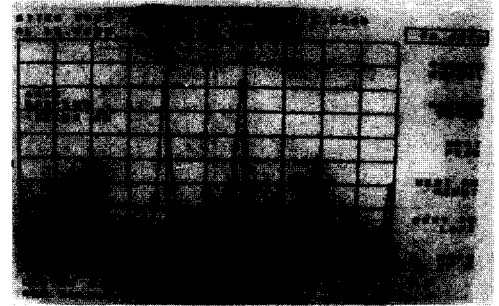


그림 11. PBG 적용된 1.8 GHz 전력증폭기 도면과 출력 특성
Fig. 11. Output characteristic and layout of 1.8 GHz power amp. using PBG.

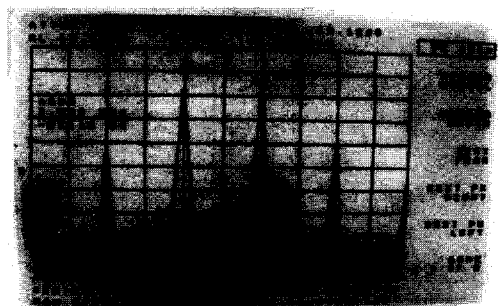
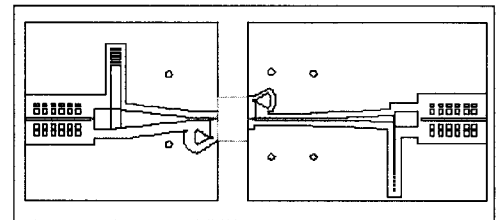


그림 12. PBG 적용전 5.8 GHz 전력증폭기 도면과 출력 특성
Fig. 12. Output characteristic and layout of 5.8 GHz power amp. not used PBG.

기전보다 최대 출력 레벨에서 IMD 특성이 약 6.6 dBc의 개선되어졌으며, 5.8 GHz 전력증폭기의 경우 최대 출력 레벨에서 약 5.8 dBc의 IMD 특성이 개선

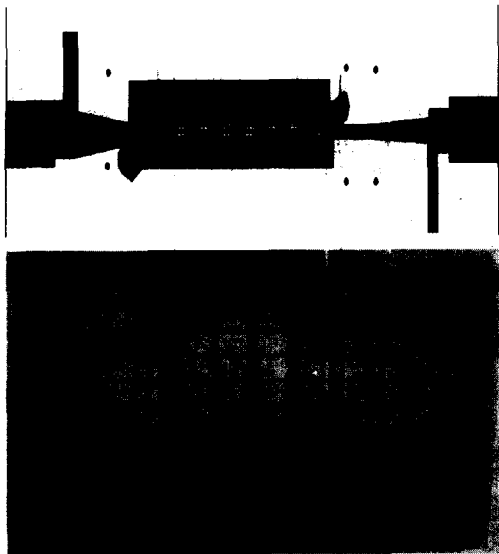


그림 13. PBG 적용된 5.8 GHz 전력증폭기 도면과 출력 특성
 Fig. 13. Output characteristic and layout of 5.8 GHz power amp. using PBG.

됨을 확인할 수 있었다.

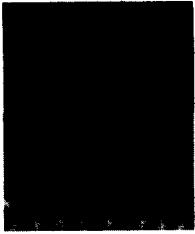
III. 결 론

본 논문에서는 두 개의 서로 다른 대역의 무선통신 신호가 전력증폭기에 입력되어졌을 때 효과적인 듀얼밴드 고출력 증폭기를 제작하였다. PBG 구조를 적용하여 광대역의 저지 특성을 갖는 Diplexer를 구현하여, 입력단에서 원하지 않은 신호를 제거할 수 있음을 나타내었고, 또한 고출력 증폭기의 출력단 정합회로 내에 PBG 구조를 삽입함으로써 최대출력 레벨에서 IMD 특성이 개선될 수 있음을 보였다.

참 고 문 헌

- [1] 한금구, 신현섭, "Design of wireless transceiver for CDMA Cellular/PCS dual mode mobile station", *ICU Internal Report Codes-99-03*, Aug. 1999.
- [2] Kazuya Yamamoto, "A 3.2 V operation single chip dual band AlGaAs/GaAs HBT MMIC power amplifier with active feedback circuit technique", *IEEE Journal of Solid State*, vol. 35, no. 8, pp. 1109-1120, Aug. 2000.
- [3] David M. Pozar, *Microwave Engineering*, Addison Wesley, 1990.
- [4] I. Rumsey, P. M. Melinda and P. K. Kelly, "Photonic bandgap structures used as filter in microstrip circuits", *IEEE Microwave Guided Wave Lett.*, vol. 8, pp. 336-338, 1998.
- [5] T. S. Kim, C. H. Seo, "A novel photonic bandgap structure for lowpass filter of wide stopband", *IEEE Microwave Guided Wave Lett.*, Jan. 2000.
- [6] J. S. Lim, H. S. Kim and J. S. Park, "A power amplifier with efficiency improved using defected ground structure", *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, Apr. 2001.
- [7] Cynthia Y. Hang, "High efficiency power amplifier with novel PBG ground plane for harmonic tuning", *IEEE Microwave and Wireless Components*, Jan. 1999.
- [8] Yongxi Qian, "Broad-band power amplifier using dielectric photonic bandgap structure", *IEEE*, 1998.
- [9] Steve C. Cripps, *RF Power Amplifiers for Wireless Communications*, Artech House, 1999.

전 의 태



2000년 2월: 대구대학교 정보통신
공학과 (공학사)
2002년 8월~현재: 숭실대학교 정
보통신공학과 재학중
[주 관심분야] 통신 하드웨어, RF
및 microwave 전력증폭기

서 철 헌



1983년 3월: 서울대학교 전자공학
과 (공학사)
1985년 3월: 서울대학교 전자공학
과 (공학석사)
1993년 3월: 서울대학교 전자공학
과 (공학박사)
1993년~1995년: MIT 연구원
1993년~1997년: 숭실대학교 정보통신공학과 조교수
1997년~현재: 숭실대학교 정보통신전자공학부 부교수
1999년 8월~2001년 1월: MIT 방문교수
[주 관심분야] 이동 및 위성통신 Microwave 부품 및 시스
템, PBG를 이용한 RF 부품