

RFID 대역에서 동작하는 이중 대역 전력증폭기 설계

Design of Dual-Band Power Amplifier for the RFID Frequency-Band

김 재 현 · 황 선 국 · 박 효 달

Jae-Hyun Kim · Sun-Gook Hwang · Hyo-Dal Park

요 약

본 논문은 910 MHz와 2.45 GHz 대역에서 동작하는 RFID 트랜시버용 전력증폭기를 설계 및 제작하였다. 제안된 이중 대역 전력증폭기는 집중정수 소자로 구현된 910 MHz 대역의 정합 회로와 분포정수 소자로 구현된 2.45 GHz 대역의 정합 회로로 구성되며, 두 대역의 격리를 위하여 910 MHz 대역에 대하여 대역 제거 필터(band rejection filter)로 동작하고, 2.45 GHz 대역에서는 대역 통과 필터(band pass filter)로 동작하는 $\lambda/2$ 직렬 마이크로스트립 전송 선로로 구성되어 있다. 제작된 이중 대역 전력증폭기는 910 MHz와 2.45 GHz에서 이득이 각각 8 dB와 1.5 dB를 나타냈으며, 입력 전력 10 dBm을 인가하여 얻은 출력 전력은 두 대역 모두 20 dBm을 얻었다.

Abstract

In this paper, we designed more improving a dual-band power amplifier than the transceiver of RFID reader that operates at 910 MHz and 2.45 GHz. A dual-band power amplifier has two circuits. One matching circuit is composed lumped element in the band of 910 MHz. The other matching circuit using distributed element in the high band of 2.45 GHz. So, this dual-band power amplifier works as Band Rejection Filter in the band of 910 MHz but in the high band of 2.45 GHz works as Band Pass Filter. Therefore, this is composed a microstrip transmission line. A power amplifier is showed gains of 8 dB output power at 910 MHz and 1.5 dB output power at 2.45 GHz. If input power is 10 dBm, both of bands output 20 dBm.

Key words: Power Amplifier, RFID, Dual-Band, Multi-Band, Filter

I. 서 론

정보통신 기술의 발달로 많은 양의 물류 재고 및 공급을 효율적으로 관리하기 위한 방법으로 RFID 시스템이 활용되고 있다. 더욱이 응용 분야 및 특성에 따라 각 주파수 대역에서 독립적으로 사용되던 RF 부품들은 기능 통합을 위한 다중 대역 처리능력이 요구된다. 이를 위해서 본 논문에서는 910 MHz 대역 및 2.45 GHz 대역에서 모두

동작하는 이중 대역 전력증폭기를 설계 및 제작하였다.

기존의 다중 대역 전력증폭기 구현을 위해 사용되었던 구조들은 여러 개의 송수신기를 스위칭하는 방법^[1]과 초광대역 증폭기를 이용한 다중 대역 증폭기^{[2],[3]}, 트랜지스터의 바이어스를 조절하는 방법^[4], 게이트단의 $\lambda/4$ 개방 스테브와 $\lambda/4$ 단락 스테브를 이용한 정합 방법^[5], 그리고 다이오드를 이용하여 정합 회로를 스위칭하는 정합 방법^[6]들이 제안되었다. 하지만 여러 개의 송수신기를 스위칭

「본 논문은 인하대학교 석사학위 청구논문의 일부임.」

인하대학교 전자공학과(Department of Electronic Engineering, In-Ha University)

· Manuscript received January 6, 2014 ; Revised January 23, 2014 ; Accepted February 3, 2014. (ID No. 20140106-002)

· Corresponding Author: Hyo-Dal Park (e-mail: hdpark@inha.ac.kr)

할 경우 시스템의 크기가 커지게 되고, 광대역으로 구현 시에는 전 대역에 대한 특성을 얻기가 어렵다. 또한, 다른 대역으로 인해 발생하는 불요파와 바이어스조절 회로 구현에 따른 제한사항들을 고려해야 한다. 트랜지스터의 바이어스를 조절하는 방법은 추가적인 바이어스 조절 회로가 필요하며, 바이어스 조절 범위에서 원하는 특성을 얻기가 어렵다. 스테브를 이용한 정합 구조는 파장에 의한 주파수를 고려해야 한다.

본 연구에서는 이러한 기술적인 문제들을 개선할 수 있는 이중 대역 전력증폭기의 구조를 제안하고, 이의 타당성을 검증한다. 제안하는 구조는 다른 주파수 대역의 회로들이 서로에게 부하(load)로 작용하는 원리^[7]를 이용하여 이중 대역 정합 회로 구현을 용이하게 한다. 910 MHz 대역은 집중 정수 소자를 이용하여 정합 회로를 구성하고, 2.45 GHz 대역은 분포 정수 소자를 이용하여 정합 회로를 구현함으로써 기존 이중 대역 전력증폭기의 크기 및 비용적인 단점을 개선한다. 그리고 스위칭 회로를 사용하지 않고 $\lambda/2$ 직렬 마이크로스트립 전송 선로를 이용하여 두 대역의 정합 회로들을 격리할 수 있도록 한다. 2.45 GHz에서 $\lambda/2$ 길이를 갖는 전송 선로는 910 MHz 대역에 대역 제거 필터(band rejection filter)로 동작하기 때문에 2.45 GHz 정합 회로로 유입되는 신호 억제를 통하여 두 대역을 격리(isolation)시키므로 정합 회로 간의 간섭에 의한 성능 저하 및 회로의 복잡도 문제를 개선한다.

II. 이중 대역 전력증폭기 설계

2.1 마이크로스트립 필터 회로 설계

그림 1은 본 논문에서 사용한 마이크로스트립 필터 회로의 구성도와 레이아웃한 전송 선로 형태를 나타낸다. 마이크로스트립 필터 회로는 분포정수 소자를 이용한 정합 회로의 입·출력단에 삽입한다. 이는 2.45 GHz에서 $\lambda/2$ 의 마이크로스트립 전송 선로 길이로 구성하여 주파수의 영향을 많이 받는 마이크로스트립 정합 회로부에 910 MHz와 기타 주파수로부터 격리될 수 있도록 한다.

그림 2는 마이크로스트립 필터 회로의 반사계수 특성을 나타내며, Agilent사의 ADS로 모넨텀 모의실험을 통하여 얻은 결과이다. 910 MHz에서 -8.67 dB, 2.45 GHz에서

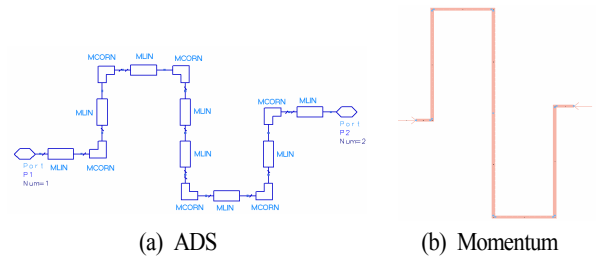


그림 1. 마이크로스트립 필터 회로
Fig. 1. The microstrip filter circuit.

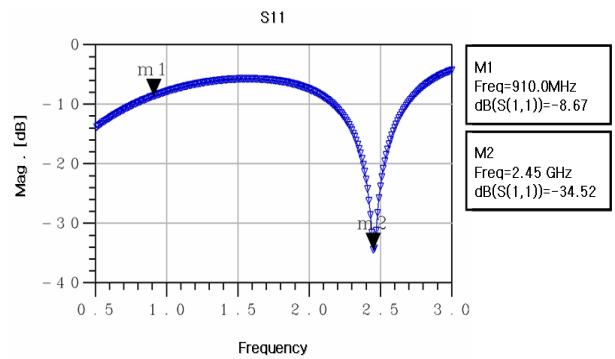


그림 2. 마이크로스트립 필터 회로의 모의실험 결과
Fig. 2. The simulation result of microstrip filter circuit.

-34.52 dB의 특성을 나타내었다.

2.2 입·출력 정합 회로 및 전력증폭기 설계

그림 3은 제안된 이중 대역 전력증폭기로 집중정수 소자로 구현된 910 MHz 대역의 정합 회로와 분포정수 소자로 구현된 2.45 GHz 대역의 정합 회로로 구성되며, 두 대역의 격리를 위하여 910 MHz 대역에 대하여 대역 제거

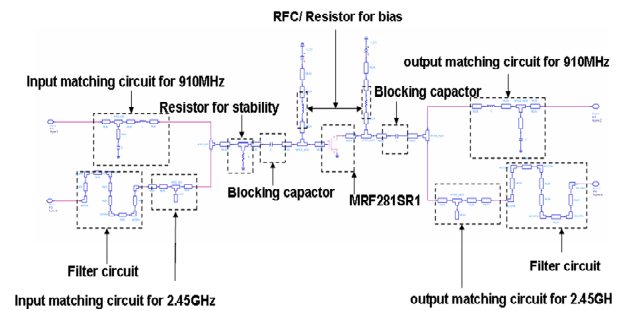


그림 3. 제안된 전력증폭기 전체 회로
Fig. 3. The overall schematic of proposed power amplifier.

필터(band rejection filter)로 동작하고, 2.45 GHz 대역에서는 대역 통과 필터(band pass filter)로 동작하는 $\lambda/2$ 직렬 마이크로스트립 전송 선로로 구성되어 있다. 각 정합 회로는 다른 주파수 대역의 회로들이 서로에게 부하(load)로 작용하도록 하여 이중 대역 정합 회로 구현을 용이하게 한다.

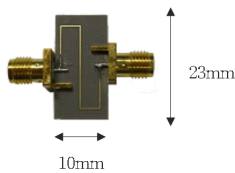
III. 제작 및 측정결과

3-1 전력증폭기 제작

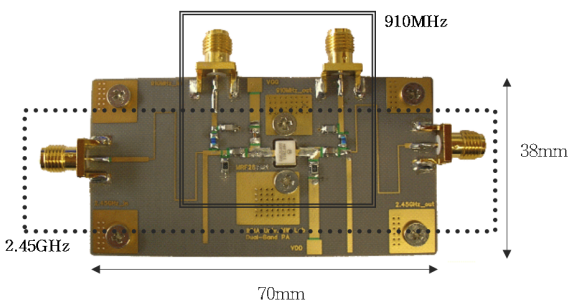
그림 4는 유전율 2.17, 두께 0.5 mm인 테프론 기판에 구현한 전력증폭기와 증폭기에 사용된 필터의 실제 사진이다. 전력증폭단 전력소자는 Freescale사의 MRF281SR1을 사용하며, 집중정수 소자는 2012 크기의 칩 타입 커패시터와 인덕터를 사용하였다.

제작된 전력증폭기의 크기는 $70 \times 38 \text{ mm}^2$ 이며, 각 격리를 위해 사용된 필터 회로의 마이크로스트립 라인 길이는 40 mm이다.

3-2 전력증폭기 측정



(a) 필터 회로
(a) Filter circuit



(b) 제작된 전력증폭기
(b) Fabricated power amplifier

그림 4. 제작된 실제사진
Fig. 4. The picture of fabricated objects.

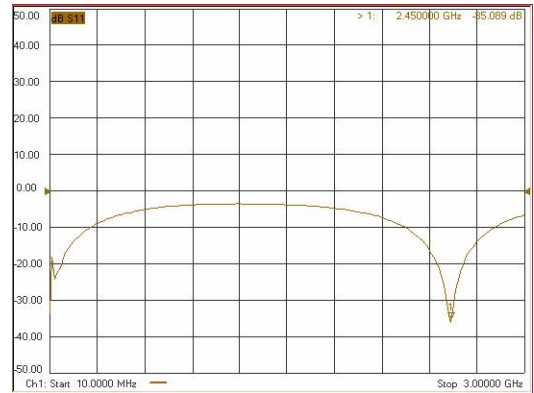
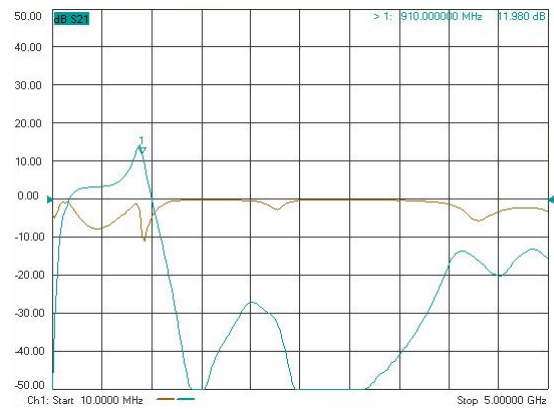
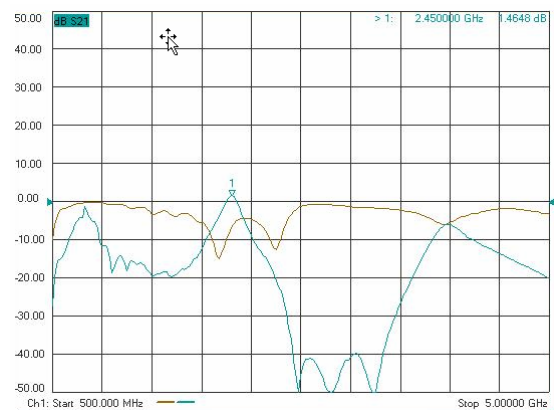


그림 5. 측정된 마이크로스트립 필터단의 이득과 반사계수
Fig. 5. The measured gain and reflection coefficient of microstrip filter.



(a) 910 MHz



(b) 2.45 GHz

그림 6. 측정된 전력증폭기단의 이득 및 반사계수
Fig. 6. The measured gain and reflection coefficient of power stage.

그림 5는 전력증폭기의 이중 대역 격리도를 위하여 제작된 필터단의 주파수 특성을 나타낸 것으로써 그림 4(a)의 필터단만을 SMA 커넥터로 연결하여 별도 측정하였다.

IV. 결 론

제안된 이중 대역 전력증폭기의 정합 회로는 910 MHz 대역은 집중정수 소자를 이용하였으며, 2.45 GHz 대역은 분포정수 소자로 구성하여 저가의 이중 대역 전력증폭기 구현을 가능하게 하였다. 2.45 GHz에서 길이가 $\lambda/2$ 인 직렬 마이크로스트립 전송 선로는 기본주파수 신호(f_0 , 2.45 GHz)와 홀수차(odd order) 주파수 신호($n \times f_0$, $n \times f_0$, $n = odd$)들은 통과시키지만, 동시에 짝수차(even order) 주파수 신호($n \times f_0$, $n = even$)과 기본 주파수보다 낮은 주파수 신호들은 제거시키는 전달 특성을 가지고 있다. 이러한 전달 특성의 $\lambda/2$ 인 직렬 마이크로스트립 전송 선로는 910 MHz 대역에 대역 제거 필터(band rejection filter)로 동작하고, 2.45 GHz 대역에서는 대역 통과 필터(band pass filter)로 동작하기 때문에 2.45 GHz 정합 회로로 유입되는 910 MHz 신호를 억제시킴으로 두 대역의 격리도(isolation) 특성을 구현하였다. $\lambda/2$ 길이를 갖는 직렬 마이크로스트립 전송 선로를 이용하여 두 정합 회로들을 격리시킴으로 스위칭 소자를 사용하는 기존의 이중 대역 전력증폭기의 복잡도 문제를 개선하였다. 모의실험은 Agilent사의 ADS를 이용하여 설계하였으며, 이 모의실험을 통하여 얻은 결과는 910 MHz와 2.45 GHz에서 이득이 각각 13 dB와 8 dB를 나타내었고, 입력 전력을 10 dBm으로 인가하여 얻은 출력 전력과 효율은 각각 27 dBm과 13 % 그리고 25 dBm과 10 %를 나타내었다. 또한, 이에 대한 2차 고조파 억압 특성은 각각 23 dBc와 29 dBc를 나타내었다. 제작된 전력증폭기의 측정 결과는 910 MHz와 2.45 GHz에서 이득이 각각 8 dB와 약 1.5 dB를 나타냈으며, 모의실험과 같은 조건인 입력 전력 10 dBm을 인가하여 얻은 출력 전력은 두 대역 모두 20 dBm을 얻었다. 측정 결과는 모의실험의 결과와 비교했을 때 각 대역에서 7 dBm, 5 dBm의 오차를 나타내었다. 이 오차는 방열판을 사용하지 않음으로 인해서 발생하는 트랜

지스터의 열 손실과 간이로 제작된 기구물 및 PCB 기판의 조립 과정에서 발생하는 접지 손실 등으로 사료된다.

본 논문에서 연구한 RFID 대역에서 동작하는 이중 대역 전력증폭기는 방열판 및 계획된 기구물 사용과 전력 분배기 방법에 대한 연구가 추가적으로 요구되며, 이를 반영한다면 RFID 리더용 트랜시버 및 다중 대역 시스템에 활용이 가능하리라 사료된다.

References

- [1] S. Zhang, J. Madic, P. Bretchko, J. Mokoro, R. Shumovich, and R. McMorro, "A novel power-amplifier module for quad-band wireless handset applications", *IEEE Trans Microwave Theory Tech.*, pp. 2203-2210, May 2003.
- [2] P-S. Wu, T-W. Huang, and H. Wang, "An 18~71 GHz multiband and high gain GaAs MMIC medium power amplifier for millimeter-wave applications", *IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig.*, pp. 863-865, 2003.
- [3] Y-T Lin, S-S. Lu. "A 2.4/3.5/4.9/5.2/5.7- GHz concurrent mutli-band low noise amplifier using In-GaP/GaAs HBT technology", *IEEE Microwave Wireless Components Lett.*, pp. 463-465, Apr. 2004.
- [4] S. Kawashima, K. Nishikawa, M. Nakagawa, and K. Araki, "Multi-band amplifier using a FET bias controlled matching circuit", *Trans. IEICE*, pp. J87-C:54-60, 2004.
- [5] H. Nakajima, M. Muraguchi, "Dual-frequency matching technique and its application to an octave-band(30~60 GHz) MMIC amplifier", *IEICE Trans Electron*, pp. E80-C:1614-1621, 1997.
- [6] 최윤희, 김기영, 김지훈, 박철순, "IEEE 802.11a/b/g 무선랜을 위한 스위치 입력 매칭회로를 가진 듀얼밴드 전력증폭기", 한국전자과학회 종합학술대회, 14(1), pp. 187-190, 2004.
- [7] 윤기호, 유태훈, 유재호, 박한규, "CDMA 방식의 이중 대역 전력증폭기의 설계 및 제작", 한국통신학회, 22, pp. 2674-2685, 1997.