

고효율 특성을 갖는 IMT-2000용 전력 증폭기 설계에 관한 연구

조 병 근, 이 상 원, 홍 신 남
한국 항공 대학교 대학원 항공전자공학과
전화 : 02-3158-5895 / 핸드폰 : 011-9650-1677

A Study on the Power Amplifier with High Efficiency for IMT-2000

Byoung Keon Cho, Sang Won Lee, Sin Nam Hong
Dept. of electronic, Hankuk Aviation University

Abstract

This paper has been studied a Power amplifier for IMT-2000 handset. Circuit design is performed and optimized by using HP ADS RF software. Designed amplifier consist of 2 stage, has 25dB gain, over 27dBm output power and about 40% power efficiency. Power amplifier operation frequency range is 1955 ± 70 MHz. Mask layout of the designed Amplifier consisting of 4 mask. The measured results of these values are satisfying the specification of IMT-2000 handset.

I. 서론

이동 통신 시스템 기술의 발전에 따라 다양한 형태의 무선서비스 수요가 증가하는 추세에 있으며, 이에 따라 개인 휴대 단말기에 대한 수요가 증가하고 있다. 개인 휴대 시스템에서 한정된 배터리를 장시간 사용하기 위해서는 낮은 공급 전압과 효율이 높은 전력 증폭기가 필요하고 소형화 경량화가 이루어 져야 한다. 소형경량화 경향을 가짐에 따라 단말기 자체의 집적화, 저전압동작, 전력변화 효율향상이 필요하게 되었다. 전력증폭기는 휴대 단말기에서 미약한 음성 출력 신호를 증폭하여 안테나를 통해 전송시키는 핵심부품으로서 전력의 대부분을 소모하게 된다.

전력 증폭기의 특성은 출력의 크기, 이득, 효율 등이며 이는 주로 구동 바이어스와 부하 단의 임피던스에 의해 크게 좌우된다. 이러한 특성을 만족시키기 위한 기본적인 접근방법으로서 송신단의 전력증폭기의 고효율화가 중요한 연구과제이다.

본 논문은 IMT-2000 단말기의 송신단의 전력 증폭기 연구를 수행하는 것으로서, 최대 출력 전력 및 동작 대기 상태에서 큰 선형성과 높은 효율을 요구하는 전력 증폭기의 설계 방법 및 구조에 대해 분석하였다. 또한 전력 증폭기의 전력증폭기의 바이어스와 효율과의 관계를 중심으로 전력증폭기의 이득과 임피던스 변환을 알아보고, 구체적인 설계 및 검증을 하고, 이를 구현해 보고자 한다.

II. 전력증폭기 회로 구성과 특성설계

2.1 구동 단 증폭기의 설계

IMT-2000용 단말기의 RF송신부 내에 전력증폭기의 입력신호가 선형화 된 이득증폭특성이 될 수 있도록 구동증폭기를 설계하였다.

IMT-2000에서 사용할 구동증폭기의 출력신호 주파수 대역폭은 광대역폭으로 설계 될 필요성이 없으므로 선형화된 이득에 맞추어 설계를 하였다.

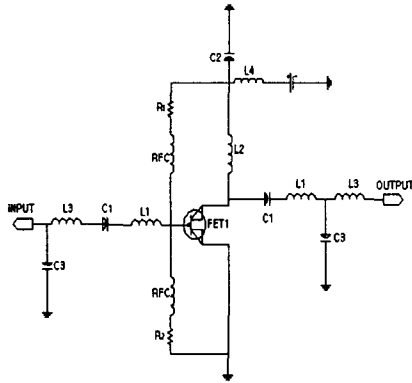


그림.1 구동단 증폭기의 회로도

IMT-2000용 단말기의 RF 송신단의 MIXER로부터 출력된 구동증폭기의 입력신호는 매우 미약한 RF 신호이므로, 구동단 증폭기는 전력증폭기에서 증폭을 위한 입력신호로써 적절한 크기로 증폭시켜주는 기능과 전력의 제어가 가능하도록 최종단 전력증폭기의 입력 신호의 레벨 및 특성을 조정해 주는 역할을 한다. 사용되어진 FET는 HP사의 ATF-21186소자를 이용하여 설계하였다.

그림.1은 IMT-2000용 송신주파수 $1955 \pm 70\text{MHz}$ (중심 주파수 대역)대에서 선형적인 결과를 얻을수 있도록 설계하였다. 출력 전력은 15dBm 이며, 출력전력 이득이 15dB이고 전력 증폭기의 RF 입력신호를 공급하는 구동증폭기의 출력특성을 가졌다.

2.2 전력단 증폭기 설계

구동단 증폭기의 출력신호인 전력증폭기의 RF입력신호를 strip line과 lump소자로 구성된 전력 분배기를 통해서 분배하는 구조로 설계하고, 병렬구조로 전력증폭회로를 결합하여 각각의 전력증폭회로에서 증폭된 신호를 외부와 결합하는 결합기를 사용하여, 왜곡 없이 안정화된 고출력 이득 및 출력전력이 높은 설계를 하였다.

전력증폭기의 전력 증폭단을 설계함에 있어서, 출력단에 외부 접속구조를 갖는 결합기로 윌킨슨 결합기(Wilkinson)결합기를 사용하였고, lump소자인 저항(R)과 strip line, 캐패시터(C)를 최적화 시켜 구성한 결합기와 전송선을 정합 시킴으로서 전력증폭기의 전력 단을 설계하였다.

(1) 입력단 전력분배기

구동단 증폭기에서 출력되는 RF신호를 각각의 전력 증폭용 FET에 동일한 크기로 분배하는 기능을 갖으며, 각 FET의 입력단 임피던스 정합을 고려하여 HP ADS 툴을 이용하여 설계하였다.

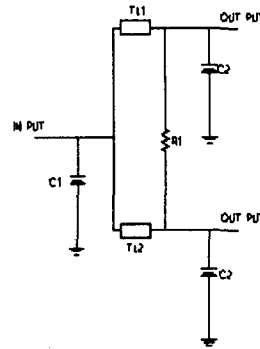


그림.2 전력증폭기의 입력단 전력분배기

입력단의 분배기를 구성하고 있는 TL1, TL2, 저항R은 DC 블리킹 및 DC feeder의 역할을 하며, 입력단의 정합회로를 50Ω 으로 설계하여 정합 하였다.

microstrip line의 길이는 $\lambda/4$ 에 의하여 $14883\mu\text{m}$ 이다. 그림.2에 사용된 Characteristic impedance 와 병렬 capacitance는 다음 식과 같다.

$$Z = Z_0 / \sin \theta$$

$$\omega C = (1/Z_0) \cos \theta$$

(2) 전력단 증폭기

한 개의 FET가 증폭 할 수 있는 출력 전력은 1dB compression point에 의해 제한되어 있으므로, 원하는 출력을 얻기 위해서 전력을 분배시키고 증폭시키는 설계방법을 이용하였다.

사용되어진 FET는 HP사의 ATF-38143소자를 사용하여 설계하였다. 두 개의 병렬 증폭기는 동일한 전기적 특성을 갖는다.

전력단 증폭기의 입력단의 L1과 C6로 구성된 high pass network은 증폭기의변동을 최소화함으로써 증폭기에서의 낮은 이득감소를 일어나게 설계되었다.

또한 전력단 증폭기의 출력단은 L2와 C3를 이용하여 최대 전력점(OIP3)에 정합이 되도록 설계하였다.

전력증폭기의 출력이득은 15dB이고, 출력전력은 18dBm의 출력특성을 가졌다.

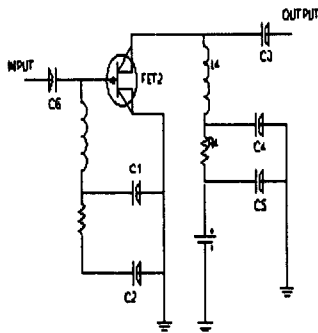


그림.3 전력단 증폭기의 회로도

(3) 출력단 전력결합기

병렬로 설계된 각각의 전력 단 증폭기에 발생하는 RF 출력 전력을 최소한의 손실로 결합시키면서 출력 단 임피던스 정합을 시켜주는 역할을 한다.

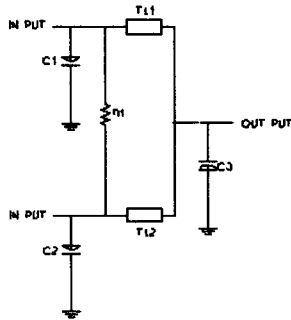


그림.4 전력증폭기의 출력단 전력 결합기

TL1, TL2와 저항R1을 계산하여, 전력증폭용 FET의 최적부하 임피던스와 정합 시켰으며, 윌킨슨 결합기 구조로 설계하고 병렬로 구성된 전력 증폭용 FET의 출력 전력을 결합시키는 역할을 한다. 설계된 방법은 전력 분배기와 같은 방법을 사용하여 설계하였다.

III. 전력증폭기 설계 결과

IMT-2000 단말기에서 송신단의 최종 출력 회로는 각각 설계된 2단을 합쳐, 최적화를 거쳐 완성했다. 입력 VSWR과 출력 VSWR은 입력회로와 출력회로에 의해 결정되므로, 최종 설계와 tuning에서는 최종단의 출력 임피던스를 최적 값에 두는것과, 무손실회로에서 흔히 나타나는 이득 불평탄화를 개선하는데 중점을 두었다.

설계된 전력 증폭기에서 최종 출력 단에서 출력되는 전력은 최대 0.3W, 전력 이득은 25dB 동작 주파수 범위는 1955±70 MHz로 설계 되었다.

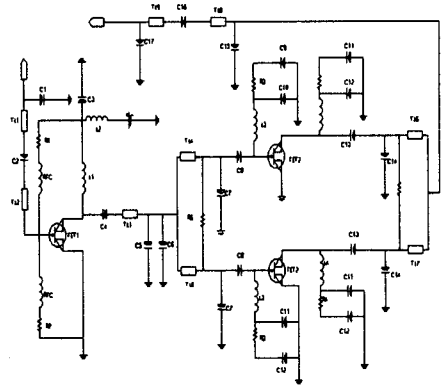


그림.5 2 단 전력 증폭기의 회로도

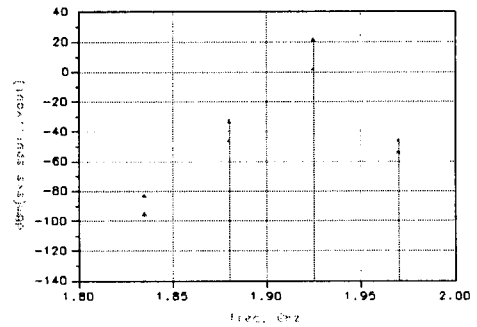


그림.6 주파수변화에 따른 출력 전력

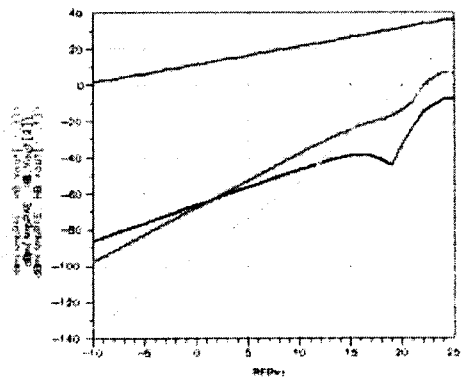


그림.7 입력 전력에 따른 출력 전력

[4]Microwave transistor amplifiers analysis and design, prentice hall, Inc,1984

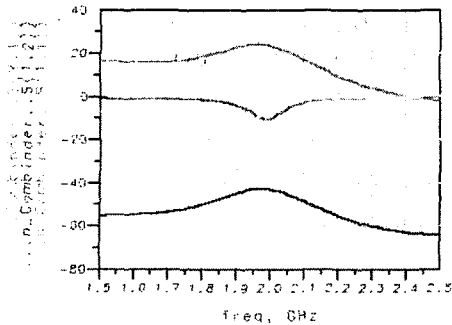


그림.8 전력 증폭기의 입출력 특성

IV. 결론

제 3세대 이동통신시스템인 (IMT-2000)용 단말기의 RF 송신단에서 사용 할 수 있도록 전력증폭기를 설계 하고 전송선과 저항으로 구성된 윌킨슨 결합기를 사용하여 고 효율 특성을 가진 전력 증폭기설계에 대하여 연구하였다.

HP사의 GaAs FET를 이용하여 동작하는 전력 증폭기를 설계하고, 임피던스 변환회로를 사용하여 입력정합 회로와 출력 정합 회로를 구성하여 이를 구현하였다.

정합 회로는 정 이득특성을 갖을 수 있도록 L-C ladder를 이용하여 설계하였고, 전력증폭기는 A급으로 구성하여 RF 출력 주파수 $1955 \pm 70\text{MHz}$ 대에서 출력 전력이 0.3 W이고 출력효율이 약40%이고, 전력 이득이 27dB, 반사계수가 $-15 \sim -35\text{dB}$ 이며, 입출력 전압정재파비가 1.1이하인 IMT-2000용 단말기의 전력증폭기를 설계하고 구현하였다.

이러한 결과들은 IMT-2000 단말기 시스템에서 요구 사양을 만족시키는 특성으로 일부 미비한 특성을 보완 하기 위한 미세 조정 단계를 거칠 경우 경쟁력 있는 휴대단말기용 전력 증폭기를 구현 할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌(또는 Reference)

- [1]Physics of semiconductor device, Wiley Interscience, Inc, 1981
- [2]RF/Microwave circuit design for wireless application, Wiley Interscience, Inc, 2000
- [3]RF Power Amplifiers for Wireless Communication, Arttech House, Inc, 1999