

## IMT-2000용 대전력 증폭기의 설계 및 제작

박천석, 정성찬

성균관대학교 전기전자컴퓨터공학부 초고주파 및 안테나 연구실

Tel : 0331)290-7203, Fax : 0331)290-7191

### Design and Fabrication of Power Amplifiers for IMT-2000

Cheon-Seok Park, Sung-Chan Jung

Microwave and Antenna Lab. Dept. of ECE. SungKyunKwan Univ.

(E-mail : cspark@mwlabskku.ac.kr, himbaram@mwlabskku.ac.kr)

#### Abstract

In this paper, we designed each matching networks by given input and output impedances of power amplifiers.

Measured results for IMD and gain flatness are  $-30\text{dBc}$  and  $\pm 0.2\text{dB}$  with  $38\text{dBm}$  output power PEP of PTE10119 at  $2.10\text{--}2.20\text{GHz}$  and are  $-30\text{dBc}$  and  $\pm 0.4\text{dB}$  with  $42\text{dBm}$  output power PEP of MRF284 at same frequency range.

#### I. 서론

2002년 상용화 예정인 IMT-2000 서비스는  $1885\text{--}2025\text{MHz}$ 와  $2100\text{--}2200\text{MHz}$  대역을 이용하여 현재 국가별/지역별로 서로 다른 무선 시스템들을 통일함으로써 지리적인 위치에 관계없이 고품질의 이동통신 서비스를 제공하고자 하는 제 3세대 이동통신 서비스이다.

이러한 IMT-2000을 비롯한 RF 송신 시스템은 디지털 변조 신호의 전송을 위하여 선형 증폭기를 요구하고 있으며, 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

특히, 대전력 증폭기의 제작에 대한 기술은 제반 기술 중에서 부가가치가 가장 높은 핵심 기술인 동시에 기술적으로도 가장 어려운 분야이다.

대전력 증폭기에 사용하는 transistor에는 MESFET, BJT, LDMOS 등이 있으며 이중 LDMOS는 class A로 동작시켰을 때와 비교하여 class AB로 동작시켰을 때 높은 출력에서 IMD가 뛰어나며, class AB의 BJT와 MESFET보다 IMD와 gain flatness가 뛰어난 특성을 가지고 있다.

본 논문에서는 IMT-2000용 전력 증폭기를 LDMOS인 Ericsson사의 PTE10119와 Motorola사의 MRF284를 이용하여 비유전율 4.65, 두께  $0.8\text{mm}$ , Conductor width  $0.035\text{mm}$ 인 FR-4 기판을 이용하여 설계·제작하였다.

#### II. Impedance Matching

표 1과 표 2에 나타낸 바와 같이 대전력 증폭기의 입출력 impedance는 수 $\Omega$  정도로 매우 작기 때문에 matching network 설계시  $50\Omega$  line과 single shunt stub를 이용하여 matching 하는 경우 Q값이 큰 영역으로 matching network의 impedance가 이동하게 되기

때문에 전력 증폭기의 bandwidth가 좁아지게 된다. 따라서 넓은 bandwidth를 가지도록 하려면 Q값이 작은 영역으로 matching network의 impedance가 움직이도록 설계해야 한다.

표 1. PTE10119의 impedance

f (MHz)	Input Impedance	Output Impedance
2110	16.4 + 19.50	3.55 - 0.92
2140	21.7 + 15.93	3.87 - 0.70
2150	22.8 + 14.14	3.75 - 0.62
2200	28.6 + 9.28	3.32 - 0.38

표 2. MRF284의 impedance

f (MHz)	Input Impedance	Output Impedance
1900	1.0 + j1.1	2.3 + j0.5
2000	1.0 + j2.3	2.6 + j0.92
2140	1.0 + j4.5	2.9 + j0.9

Lumped element인 경우는 series inductor와 shunt capacitor를 다단으로 연결하여 일정한 Q값 이내인 영역에서 50Ω으로 matching되도록 하고, distribute element를 이용하는 경우는 하는 high impedance line과 open circuit shunt stub를 다단으로 연결하여 50Ω으로 matching 시킨다.

### III. 설계, 제작 및 측정

본 논문에서는 주어진 각 대전력 증폭기의 주파수에 따른 입출력 impedance와 series capacitor의 값을 각각 black box로 만든 후 그림 1과 같이 Ensemble simulation을 통해 입출력 단자의 impedance가 50Ω이 되도록 각 전력 증폭기의 크기를 고려하여 2단 shunt stub를 이용하여 matching network를 설계하였다. 그림 2는 그림 1의 matching network의 각 부분에서 바

라본 impedance의 변화이다.

그림 2에서 가장 큰 Q값을 가지는 Z1과 Z3의 경우 모두 Q값이 1.2인 영역 이내에서 impedance가 이동하였고 Z1에서 Z2로, Z3에서 Z4로 이동하는 경우는 shunt stub의 width 때문에 constant conductance circle을 따라 움직이지 않는다.

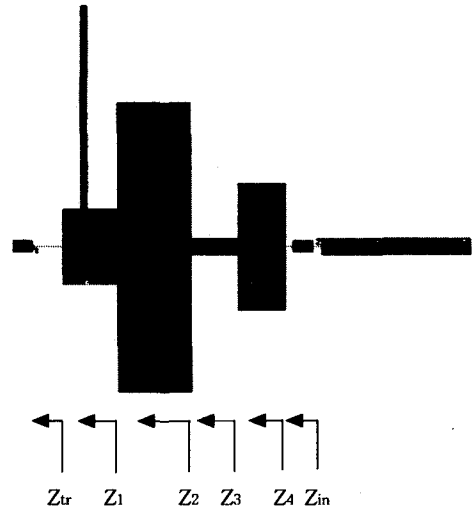


그림 1. Ensemble simulation using black box of PTE10119

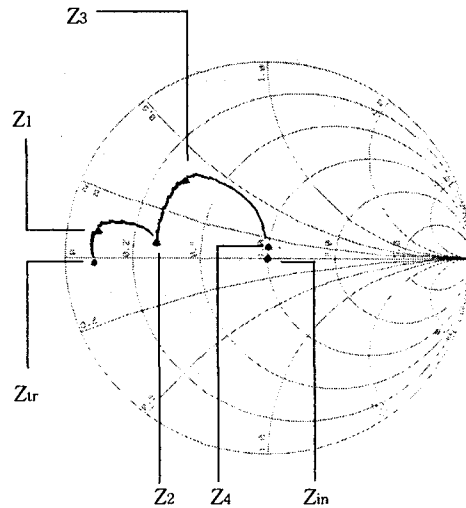


그림 2. 각 reference에서의 impedance

그림 3은 Ensemble simulation을 통하여 제작된 전력 증폭기의 전체 layout이다.

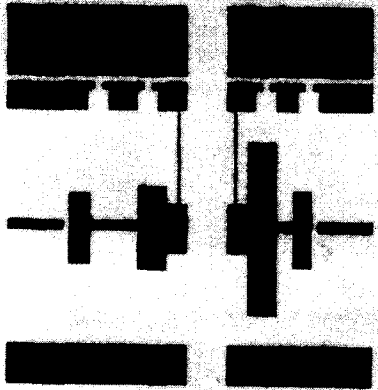


그림 3. PTE10119 layout(55mm×58.6mm)

제작된 각 전력 증폭기의 matching network의 impedance가 simulation의 결과와 일치하는지 확인하기 위하여 Network Analyzer 상에서 TRL 방법을 이용하여 제작된 matching network의 impedance를 측정하였다.

측정된 matching network의 impedance를 주어진 전력 증폭기의 입력력 impedance와 일치하도록 만들기 위하여 tuning한 후 전력 증폭기를 제작하였으며 그림 4는 tuning된 전력 증폭기의 layout이다.

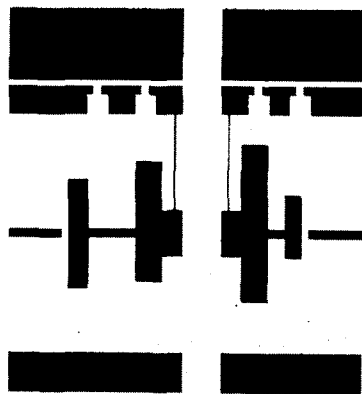


그림 4. Tuning된 PTE10119의 layout (55mm×58.6mm)

그림 3과 그림 4에 나타난 PTE10119의 tuning 전후의 matching network의 impedance는 표 3에 나타내었고 동일한 과정을 거친 MRF284의 tuning 전후의 matching network의 impedance는 표 4에 나타내었다.

f = 2140 (MHz)	Input Impedance	Output Impedance
Tuning 전	22.21 - j8.46	3.51 + j2.70
Tuning 후	20.77 - j17.01	3.26 + j0.11

표 3. 제작된 PTE10119의 matching network의 Tuning 전·후의 impedance

f = 2140 (MHz)	Input Impedance	Output Impedance
Tuning 전	4.38 - j3.33	6.04 + j2.13
Tuning 후	1.90 - j2.47	3.16 + j0.14

표 4. 제작된 MRF284의 matching network의 tuning 전·후의 impedance

그림 5와 그림 6은 tuning 후 최종적으로 제작된 PTE10119의 gain과 IMD를 나타낸 그림이다. gain은 output power 38dBm에서 12.3dB이상, PEP 38.5dBm에서 -30dBc의 IMD와 2100-2200MHz의 band에서 ± 0.2dB의 gain flatness를 얻어낼 수 있었다.

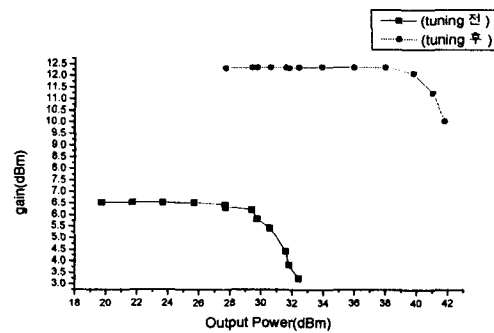


그림 5. PTE10119의 gain

#### IV. 결론

본 논문에서는 IMT-2000용 대전력 증폭기의 주어진 입출력 impedance를 주파수에 따라 black box로 설정한 후 passive matching network에 대한 simulation을 통해 제작하였다.

제작한 각 전력 증폭기의 입출력단의 impedance를 Network Analyzer 상에서 TRL 방법으로 측정된 결과 설계치와 측정된 impedance는 수 $\Omega$ ~십 $\Omega$  정도의 차이가 있었으며, 이는 simulation시 각 black box와 microstrip line사이의 불연속성과 matching network의 끝단에 위치하는 series capacitor의 값이 ideal하다는 가정과의 차이에 의한 것이다.

이러한 차이를 보정하기 위해 simulation에 의해 제작된 각 matching network의 impedance tuning을 통해 주어진 각 전력 증폭기의 입출력단의 impedance에 근접하도록 하였으며, 각 전력 증폭기는 최대 power와 최대 IMD보다 각각 1~2dBm, 5~6dBc 정도의 개선이 필요했다.

동일한 과정으로 제작된 MRF281을 연결하여 측정된 결과 2100~2200MHz 대역에서  $\pm 0.3$ dB의 gain flatness를 가졌으며, 현재 설계한 matching network의 impedance와 측정된 impedance의 차이를 줄이는 방향으로 연구중이며, 동일한 방법으로 Motorola사의 MRF286으로 전력 증폭기를 제작하고 있다.

#### 참고문헌

- [1] George D. Vendelin, Anthony M. Pavio, Ulrich L. Rohde, "Microwave Circuit Design Using Linear and Nonlinear Techniques", John Wiley & Sons, 1990.
- [2] Steve C. Cripps, "RF Power Amplifiers for Wireless Communications", Artech House, 1999.
- [3] Nick Pothecary, "Feedforward Linear Power Amplifiers", Artech House, 1999.

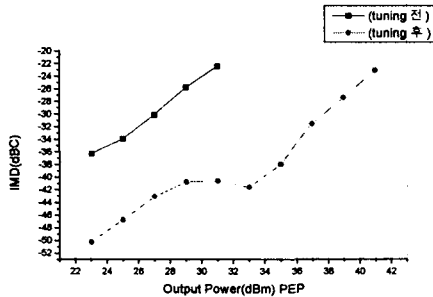


그림 6. PTE10119의 IMD

그림 7과 그림 8은 tuning 후 최종적으로 제작된 MRF284의 gain과 IMD에 대한 측정 결과이다. 측정결과 gain은 output power 42dBm에서 9.3dB, PEP 42dBm에서 -30dBc의 IMD와 2100-2200MHz의 band에서  $\pm 0.4$ dB의 gain flatness를 얻어낼 수 있었다.

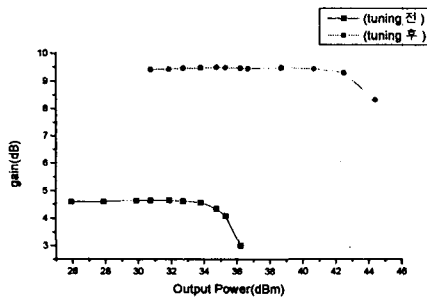


그림 7. MRF284의 gain

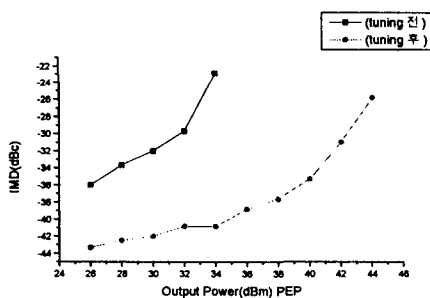


그림 8. MRF284의 IMD