

다중모드 무선통신용 전력증폭기 설계에 관한 연구

김태원, 서철현, 장욱태
 송실대학교 정보통신·전자공학부

The Design of Power Amplifier for Multimode Wireless Communications

Taewon Kim, Chulhun Seo and Uktae Jang
 School of Electronic Eng., Songsil University

Abstract - 본 논문에서는 5.8GHz 대역 무선 랜과 차세대 이동통신서비스인 IMT-2000 양 대역에서 동작하는 이중대역 전력증폭기 설계 및 제작에 관하여 기술하였다. 최종 출력목표는 1W이며, 2GHz와 5GHz의 이중밴드로 동작하기 위해 2개의 능동소자를 사용하여, 2개의 독립적인 증폭기를 제작한 후 바이어스 제어회로를 통하여 두 대역을 결합시켰다. 바이어스 제어회로에서 모드 제어 전압 V_m 의 전압변화에 따라 양 모드간의 변환이 이루어진다.

1. 서 론

최근 들어 제 3세대 이동통신에 대한 개발이 거의 완료 단계에 들어서고 있다. 그러나 2세대 이동통신서비스 가입자의 수가 아직도 증가하고 있는 추세이고, 현재 구축되어있는 네트워크의 처리와 3세대 이동통신 네트워크의 구축 기간을 감안해 볼 때 IMT-2000과 같은 제 3세대 이동통신서비스를 완전히 구축하기 전에는 과도기로서 다중대역 또는 다중모드 서비스를 제공하는 시스템이 필요할 것이다[1].

다중모드 동작은 하나의 기기로서 두 가지 이상의 서로 다른 통신 서비스의 운용을 가능케 한다. 따라서 현재 사용되고 있는 유럽의 GSM 방식과 북미 및 우리나라의 CDMA 방식간의 호환이 가능하게 되어 전 세계 각국의 통신 방식을 하나로 통합하려는 지금에 있어서, 가장 적절한 과도기적 모델로서 주목을 받고 있다. 또한 우리나라의 경우 CDMA 기반의 IMT-2000 서비스도 동기식(CDMA2000)과 비동기식(WCDMA)으로 양분되어 있는 바, 두 표준간의 호환도 역시 다중모드 방식이 좋은 해결 방법으로 제시되고 있다. 여기서 한발 더 앞서, 일면에서는 현재 개발중인 5.8 GHz 대역의 무선랜과 차세대 이동통신간의 통합을 꾀하는 움직임도 일어나고 있다. 무선랜은 일반 LAN 망을 무선망으로 대체한 것으로, 일반 유선망 랜 설비가 공간적 제약을 극복한 것이다. 무선랜은 크게 2.4GHz 대역, 5.2/5.8GHz 대역과 19GHz 대역 등이 사용되는데, 일반적으로 5GHz대로 대표되는 802.11a 시스템과 2GHz로 대표되는 802.11b가 주류를 이루고 있다. 통신방식으로는 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex)을 사용하며, 2.4GHz ISM 밴드에서는 블루투스 와 주파수 대역이 겹치는 면이 있어서 최근에는 5GHz 대역의 802.11a 쪽에 좀더 비중이 실린 상황이다. 현재 알려진 바로는 IMT-2000의 최대 전송량은 정지 시 2Mbps이며, 무선랜의 최대 전송량은 약 50Mbps에 이른다고 한다. 동영상 및 고용량의 데이터를 전송 시에 상대적으로 전송량이 많은 무선랜 서비스 방식을 사용한다면, 무선랜과 IMT-2000 이동통신의 다중모드 단말기는 영상 및 데이터 처리와 음성통신을 각각 상황에 맞게 효율적으로 처리할 수 있는 장점을 가지게 된다. 이에 본 논문에서는 무선랜과 차세대 이동통신 주파수 대역에서 동작하는 다중대역 전력증

폭기와 바이어스 제어 회로를 설계하였다. 본론에서는 증폭기 및 바이어스 회로 설계에 대한 전반적인 이해와 설계방법을 서술하고, 실제 제작한 전력증폭기의 측정결과를 기술하며, 결론에서 문제점 및 앞으로의 과제를 고찰하였다.

2. 본 론

2.1 전력증폭기 및 바이어스 제어회로 설계 및 전산모의 실험결과

이중모드를 위해 2GHz 대역의 증폭기와 5GHz대역의 증폭기를 따로 제작한 후 바이어스 제어회로로 하나로 통합하는 방식으로 제작하였다[2-3]. 2GHz 대역의 전력증폭기는 Excelics사의 LP3000 트랜지스터를 사용하였고, 5GHz 대역의 전력 증폭기는 Fujitsu사의 FLM 5359 전력 소자를 사용하였다. 양 증폭기는 각각 1W 내지 2W의 출력을 목표로 하였고, 선형성을 위해 A급으로 설계하였다. 기판은 유전율 3.2의 테플론 기판을 사용하였다. 전력 증폭기의 세부적인 목표 사양은 다음과 같다.

항목	목표 사양		Unit
	동작 대역	IMT-2000	
무선 LAN		5.705 ~ 5.845	
이득	10		dB
이득 평탄도	< ± 0.5		dB
정재파비	input	< 1.5	·
	output	< 3	
P _{1dB}	IMT-2000	30	dBm
	무선 LAN	33	

표1. 이중 모드 전력 증폭기의 기본 사양

2GHz 대역 증폭기의 경우 최대 전력 특성을 위해 전력소자의 최대전력 반사계수점에 출력회로 정합을 하였다. 최대전력 반사계수점을 구하기 위해서는 사용소자의 대신호 모델링이 필요하며, 일반적인 S파라미터 전산모의 실험도 물론이거니와, 높은 입력 전력에 의한 회로의 비선형성을 측정하기 위해 Harmonic Balance 전산모의 실험이 필수적이다. 또한 정합회로의 구조가 복잡한 경우 부가적으로 EM 전산모의 실험을 병행하는 것이 좀더 정확한 정합회로를 구현하는 방법이다. 5GHz 대역 증폭기의 경우 소자 자체의 특성이 목표로 하는 전력보다 월등히 높으므로 최대 전력전달 특성을 갖는 simultaneous conjugate matching으로 입출력 정합회로를 설계하였다. simultaneous conjugate matching 방식은 간단히 S 파라미터 전산모의 실험을 통해서 구현할 수 있으나 소자의 특성이 동작 주파수 내에서 주파수에 상관없이 안정적이어야 하며, 만약 불안정할 경우 게이트단에 직렬 및 병렬 저항을 삽입하여, 발진조건을 배제함

과 동시에 simultaneous conjugate matching을 구현하기 위한 조건을 만들어야 한다. 최대 반사계수점을 이용한 정합회로는 최대전력을 얻을 수 있는 장점이 있지만, 상대적으로 출력측 정재파비가 좋지 않은 단점을 가지고 있다. 5GHz대역 증폭기의 설계 경우, 구현하려는 전력레벨보다 수배의 1dB 압축점을 가지고 있으므로, 전력특성보다, 입출력단의 정재파비특성에 중점을 두어, 각 단에서 반사되어 들어오는 신호에 의한 회로의 손상을 방지하도록 했다. 각 증폭기 모두 $\lambda/4$ 전송선로로 바이어스 라인을 구현하여 바이어스 라인으로 유입되는 동작 주파수 신호를 최소화하였고 특히 5GHz 대역의 전력증폭기는 바이어스 전류가 크기 때문에 바이어스 안정을 위해 수 킬로의 저항을 직렬로 연결하여 게이트로 전류가 유입되는 현상을 방지하였다.

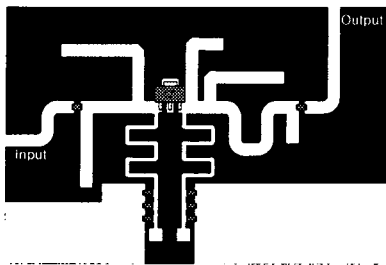


그림 1-1. 2GHz 대역 전력증폭기 Layout

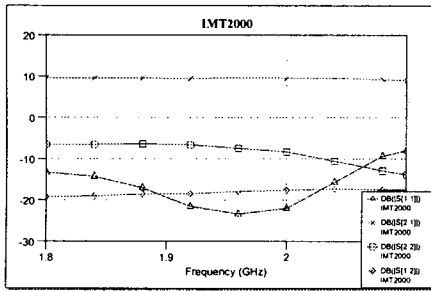


그림 1-2. 2GHz 대역 증폭기 전산모의 실험결과

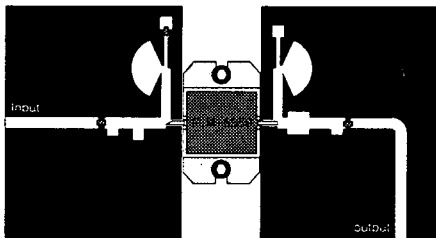


그림 2-1. 5GHz 대역 증폭기 Layout

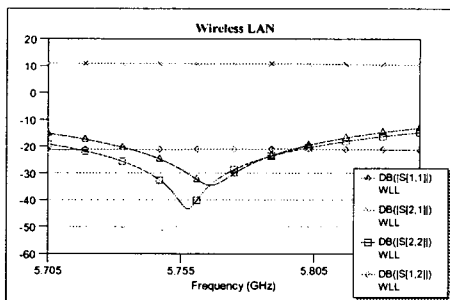


그림 2-2. 5GHz 대역 증폭기 전산모의 실험 결과

본 논문에서는 IMT-2000 주파수 대역과 무선 랜의 5.8GHz 대역을 사용하므로 각각의 주파수 특성에 최적

화된 두 개의 능동소자를 사용하면서, 바이어스 제어 전압을 이용, 각 소자의 전류입력을 조절하는 형태의 바이어스 회로를 추가하였다. 바이어스 회로는 제어 전압에 의해 회로를 구성하고 있는 트랜지스터간의 스위칭 작용에 의하여 각 증폭기의 동작을 제어하게 된다. 기존 방식이 능동소자로 쓰인 BJT의 베이스단자로 유입되는 전압을 조정하여 전류제어가 이루어지도록 설계된 반면 [4], 본 논문에서는 FET를 사용, 컬렉터 전압을 변화시켜 전류를 제어함으로써 듀얼모드 스위칭이 이루어지도록 설계했다. 비교적 큰 전류를 제어하여야 하므로 바이어스 제어회로의 전력제어 용량이 커야하는 단점이 있지만, 포화영역에서의 컬렉터 전압의 변화에 전류의 변화는 거의 미미하므로 전류 안정에 큰 효과가 있다. 모드 선택 전압 V_m 은 증폭기의 바이어스 전압을 제어하여 증폭기의 동작대역을 결정하는 역할을 한다. 제작 될 IMT-2000용 증폭기는 $V_{ds}=3.5V$, $I_{ds}=440mA$ 의 동작점을 가지며, 무선 랜 증폭기는 $V_{ds}=10V$, $I_{ds}=2.2A$ 의 동작점을 가진다. 두 증폭기의 동작점의 차이는 원하는 출력전력이 다르기 때문뿐만 아니라 각 증폭기에 사용하는 소자의 전기적인 특성 차에서 기인한다고 볼 수 있다.

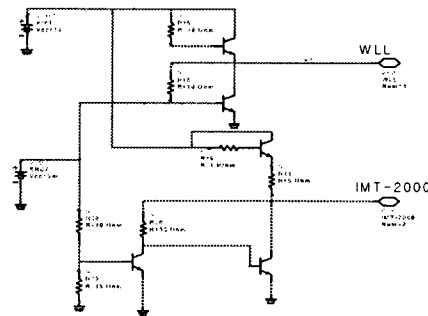


그림3. 이중 모드용 바이어스 제어회로

무선 랜용 증폭기의 경우 입력 전류가 1A 이상이므로 바이어스 회로에 사용되는 트랜지스터 역시 1A 이상의 컬렉터 전류를 흘렸을 때 안정적으로 동작할 수 있어야 한다. 이 경우 바이어스 제어용 트랜지스터는 Fairchild사의 BD 243 전력소자를 사용하였다. 다음은 제어전압 V_m 에 따라서 변화하는 각 모드의 전압, 전류값을 나타낸 그림이다.

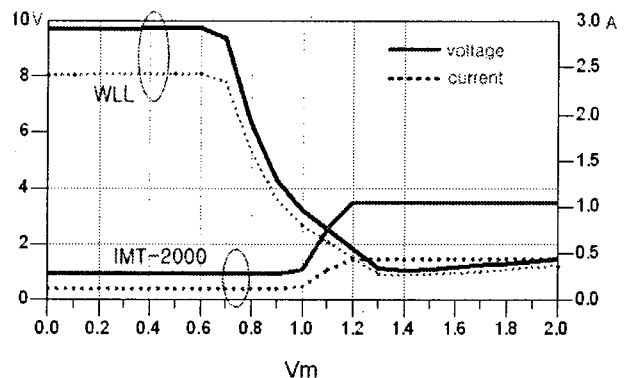


그림 4. 제어전압 V_m 에 의한 바이어스 출력 단의 전압전류 상태

그림에서 보면 약 1V를 전후해서 각 모드간의 스위칭이 일어나는 것을 볼 수 있다. V_m 이 0~0.8V인 경우 이

중대역 증폭기는 무선 랜용 증폭기로 동작을 하게 되고, 반대로 제어전압을 1.2V 이상으로 인가했을 경우에는 IMT-2000용 증폭기로 동작을 하게 된다.

2.2 전력증폭기 제작 및 측정 결과

전 과정의 시뮬레이션 결과를 토대로 하여 이중대역 전력 증폭기의 실제 제작에 임하였다. 전력 증폭기의 경우 소모전력에 의한 열 발생이 매우 심하므로, 열 방출에 대한 처리방법이 필요하다. 이번 제작에서는 지그를 사용하여 효과적인 열 방출을 꾀하였다. 바이어스 단의 캐패시터는 2GHz 대역의 경우 1608 칩 캐패시터가 사용 가능한 반면, 5GHz 대역의 경우에는 고주파특성으로 인해 값이 일정치 않는 경우[4]를 대비해 방사 스테르플 이용해 캐패시터를 대신하였다. 마찬가지로 입·출력 정합회로를 제작하는데 있어서, 집중소자대신 stub등의 분산소자를 사용하여, 정확한 입,출력 정합 값을 구현할 수 있도록 하였다[5-6].

다음은 Agilent사의 8719D Network Analyzer를 이용한 각각의 대역에 대한 증폭기의 실제 측정 결과이다.

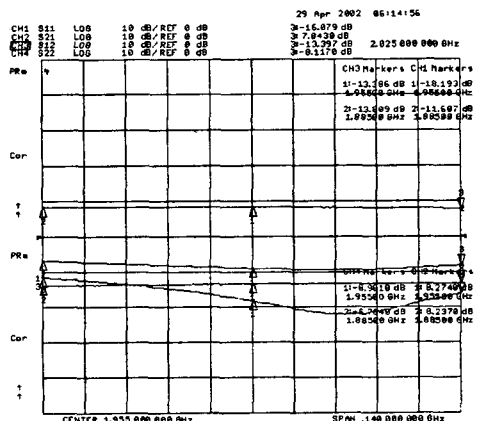


그림 5-1. 2GHz 대역(IMT-2000) 전력증폭기 측정 결과 (S-parameter)

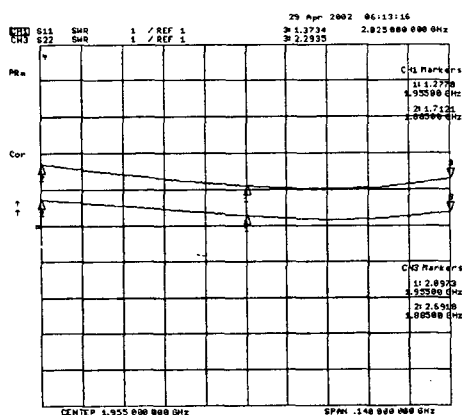


그림 5-2. 2GHz 대역(IMT-2000) 전력증폭기 측정 결과 (VSWR)

2GHz 대역 IMT-2000용 전력증폭기의 실제 이득은 약 8dB 정도가 되었고, 대역 내 평탄도는 $\pm 0.43\text{dB}$ 이었다. 전력 인가시 약 30.5 dBm의 P_{1dB} 를 얻을 수가 있었다. 5GHz 대역의 무선 랜용 증폭기의 경우 약 9.5dB의 이득과 34dBm의 P_{1dB} 를 확인했으며, 이 때 $\pm 0.5\text{dB}$ 의 대역 내 평탄도를 가진다.

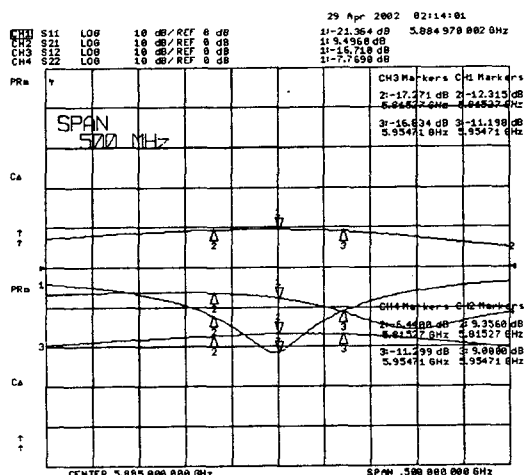


그림 6-1. 5GHz 대역(WLL) 전력증폭기 측정 결과 (S-parameter)

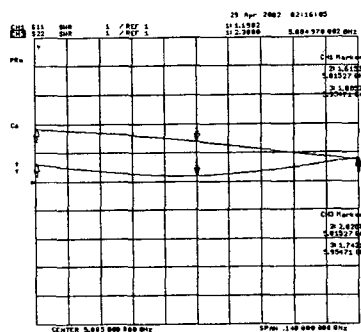


그림 6-2. 5GHz 대역(WLL) 전력증폭기 측정 결과 (VSWR)

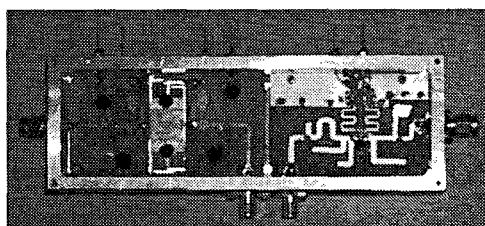


그림 7. 제작된 Dual mode 전력증폭기

3. 결 론

본 논문에서는 바이어스 제어전압을 이용하여, 무선 랜과 IMT-2000 서비스를 동시에 가능케 하는 송신단의 이중모드 고효율 증폭기를 제작하였다. 스위칭이 일어나는 문턱 전압은 0.8~1.2V 사이이며, 전압 범위는 0~2V 까지이다. 제작된 이중모드 전력 증폭기는 제어전압이 저전압일 경우 무선 랜(5GHz) 대역에서 동작하며, 고전압일 경우에는 차세대 이동통신서비스 대역인 2GHz 대역에서 동작하게 된다. 측정결과가 시뮬레이션 결과에 비해 약간의 이득 감소와 VSWR의 변화가 있었으므로 정합 회로에 대한 고찰이 요구되며, 송신신호가 없을 시 증폭기를 OFF시켜 대기전류를 감소시키는 또 다른 바이어스 제어 전압의 추가에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다. 또한 시스템 측면에서 볼 때 단일 LO를 이용할 경우의 IF주파수 결정, 회로 구성 방법 등이 앞으로 집중적으로 연구되어야 할 과제이다.

(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] Xiaowei Zhu, Wei Hong, "The RF Module Design for W-CDMA/GSM Dual Band and Dual Mode Handset IEEE MTTT-S Digest, pp1269-1272, 2000.
- [4] Guillermo Gonzalez, "Microwave Transistor Amplifiers" PRENTICE HALL, 1997.
- [5] Mihai Albulet, "RF Power Amplifiers", NOBLE PUBLISHING, 1999.
- [6] Shen Feng, Bernd Kolb, "A Bipolar Upconversion Modulation Loop Transmitter for Dual Band Mobile communications" IEEE Trans. on MTT, Vol. 43, No. 7, pp.1725-1732, July 1995.