

2.4GHz 무선 영상 및 음성 수신용 RF/IF 모듈 구현

Implementation of an RF/IF Module for 2.4GHz Wireless Video and Audio Receivers

김 거성, 권 덕기, 박 종태, 유 종근
인천대학교 전자공학과

Tel: 032-770-8450, Fax: 032-764-2371, E-mail: forgs@forgs.pe.kr

K. S. Kim, D. K. Kwon, J. T. Park, C. G. Yu

Department of Electronics Engineering, University of Incheon
Tel: 032-770-8450, Fax: 032-764-2371, E-mail: forgs@forgs.pe.kr

Abstract

This paper describes an RF/IF module for 2.4GHz wireless video and audio receivers. The designed circuits are implemented using a Teflon board of which the size is 53mm×42mm. The measured LNA gain is 15dB, and the VCO output levels are around 2dBm. The sensitivity of the receiver is about -80dBm. The manufactured module consumes 140mA from a 8V supply.

1. 서 론

기존에는 사람, 재산, 건물 등 다양한 대상을 감시하기 위한 장비로 유선을 사용한 폐쇄회로 TV(CCTV: Closed-Loop Television)가 많이 사용되어 왔으나, 최근에는 무선으로 영상과 음성을 송수신할 수 있는 무선 감시 장비에 대한 관심이 증가되고 있다. 무선 감시 시스템은 유선을 사용하는 시스템에 비해 설치 장소에 대한 제약이 거의 없고, 감시 카메라의 이동성이 보장되며, 이동국과 고정국간의 다 대 다 전송이 가능하며, 장거리 전송이 가능하며, 경제적이라는 장점을 갖는다. 무선 데이터(영상, 음성) 송수신 장치는 무선 감시 역할뿐만 아니라, 고성능 A/V 장비의 무선 remote unit으로 사용될 수 있는 등 다양한 응용분야에 적용될 수 있기 때문에 앞으로 그 수요가 폭증할 것으로 기대된다.

본 논문에서는 무선 감시(wireless surveillance) 시스템에 사용되는 음성/영상 수신용 RF(Radio Frequency)/IF(Intermediate Frequency) 모듈을 개발하였다. 사용 주파수는 허가 없이도 사용할 수 있는 ISM 대역인 2.4GHz 대역을 사용하고, 여러 정보원의 수신을 위해 4개의 채널을 사용하였다. 음성 및 영상 신호의 변조방식으로는 FM(Frequency Modulation)을 사용하였다. 설계된 회로를 테플론(Teflon) 기판을 사용하여 PCB 보드로 제작하였으며, 성능측정을 하였다.

본 연구는 인천대학교 멀티미디어 연구센터의 RRC 과제지원과 IDEC 지원에 의해 일부 수행되었음.

II. 수신모듈 구성

본 논문에서 개발한 2.4GHz 무선 영상 및 음성 수신용 RF/IF 모듈의 간략화된 블록다이어그램을 그림 1에 보였다. 수신 모듈은 크게 2개의 블록, RF, IF 블록으로 구성된다. 안테나에 입력된 미약한 신호는 LNA(Low Noise Amplifier)에서 증폭되고 RF BPF(Band Pass Filter)를 거쳐 이미지(image) 성분이 제거된 후 RF Mixer에 입력된다. RF PLL(Phase Locked Loop)은 VCO(Voltage Controlled Oscillator) 블록과 함께 주파수 합성기로 동작하며, Microcontroller에서 발생된 신호에 따라 원하는 채널 주파수에 해당하는 안정된 LO (Local Oscillator) 신호를 발생시켜 RF Mixer에 전달한다. RF Mixer는 입력된 2.4GHz 대의 신호 성분과 1.9GHz 대의 LO 성분을 혼합하여 479.5MHz의 IF 신호를 출력한다. 이 신호는 IF 블록에 입력되어 AGC 회로에서 이득이 조절되고, IF BPF를 거쳐 원하지 않는 신호 성분과 잡음이 제거된 후, IF 증폭기에서 신호 레벨이 증폭되어 IF Mixer에 입력된다. IF Mixer는 입력된 IF 신호와 내부적으로 발생된 LO 신호를 혼합하여 FM 복조(demodulation)를 수행한 후 기저대역(baseband) 영상 및 음성 신호를 출력한다.

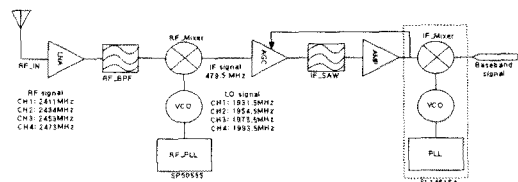


그림 1 수신모듈 블록다이어그램

2-1. RF 블록

설계된 LNA의 회로도들 그림 2에 보였다. DC 바이어스 인가를 위해 본 설계에서는 간단하면서도 우수한 특성을 보이는 저항 feedback 구조를 사용하였다.

베이스 저항 R1이 소스단 정합과 잡음특성에 영향을 주지 않게 하기위해서, 인덕터 Lb를 사용하여 바이어스 회로를 decoupling 시켰다. 인덕터 Lb와 Lc는 ML(Microstrip Line)으로 구현하였다. 컬렉터 단에 연결된 R7과 C11은 LNA의 안정도(stability)를 향상시키기 위한 것이다. 출력 단에 저항을 연결함으로써 이득은 약간 감소하지만 거의 모든 주파수 대역에서 무조건 안정(unconditionally stable) 특성을 얻을 수 있다. 입력단의 ML의 구조나 커패시터 값들은 정합(matching) 특성뿐만 아니라 잡음지수, 이득 특성을 함께 고려하여 결정하였다. 그림 3에서 ADS(Advanced Design System) 시뮬레이션 결과를 나타내었다. 설계된 LNA는 2.45GHz의 주파수에서 이득, 잡음지수, input return loss가 각각 15.29dB, 2.06dB, 16.28dB이다. 또한, 안정도 특성 곡선에서 보듯이 dc에서 6GHz 이상 모든 주파수 대역에서 무조건 안정 특성을 보인다.

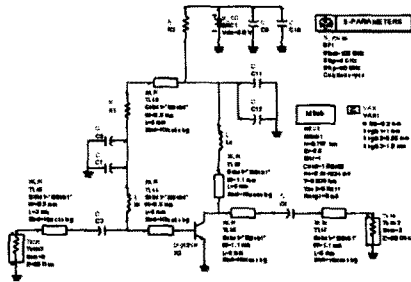


그림 2 LNA 회로도

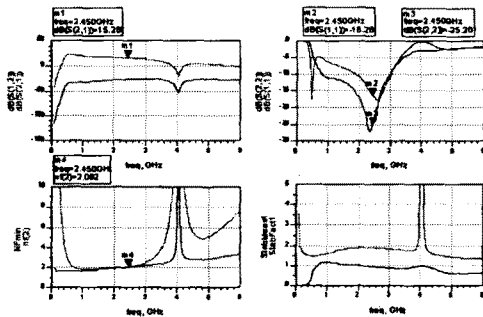


그림 3 LNA 시뮬레이션 결과

LNA에서 저잡음 증폭된 신호는 RF mixer에 입력되기 전에 이미지 성분 및 기타 잡음 성분을 줄이기 위해 bandpass filtering이 필요하다. RF bandpass filter는 그림 4에서와 같이 ML로 구현하였다. 기본 구조는 면적을 고려하여 compact 구조 특성을 갖는 "Hairpin-line" 구조를 사용하였다. 그림 5에서 ADS 시뮬레이션 결과를 나타내었다. 채널 4의 이미지 성분이 존재할 수 있는 주파수인 1.5GHz에서의 감쇄가 약 -48dB이고 passband (대략 2.4~2.5GHz)에서의 ripple은 0.1dB보다 작다.

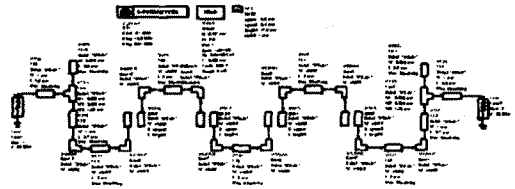


그림 4 RF BPF 회로도

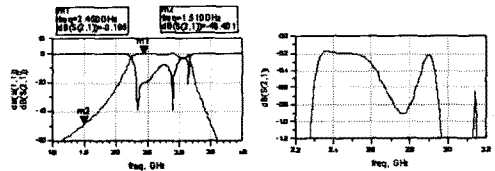


그림 5 RF BPF 시뮬레이션 결과

그림 6에서와 같이 VCO의 core 트랜지스터로는 Philips사의 BFG540[1]을 사용하였다. 트랜지스터의 이미터 단자에 연결된 open stub 형태의 ML과 저항 R2 그리고 베이스와 이미터 단자 사이에 존재하는 기생(parasitic) 커패시턴스 성분(C_{be})에 의해 부정저항(negative resistance)이 발생되어 발진하게 된다. 발진 주파수를 결정하는 성분은 control 전압 Vtune이 연결된 ML의 L 성분과 C5, C6 그리고 varactor diode인 D1의 C 성분 등이다. C6는 dc blocking 역할도 수행한다. R3와 R4는 트랜지스터에 dc bias를 인가하기 위해 사용되며, 출력단의 C2와 ML은 출력단 matching을 위해 사용된다. PLL 블록에서 출력된 dc 전압 Vtune이 varactor diode의 커패시턴스를 변화시켜서 발진주파수를 조절하게 된다. Varactor diode로는 Infineon사의 BB833[2]을 사용하였다. VCO의 LC tank 단에서 발진된 신호는 Vtune 신호가 연결된 ML과 결합된 ML을 통해 PLL 블록으로 feedback 된다. 즉, 그림 6에서 FVCO 신호가 PLL의 RF 입력신호가 된다. 따라서 VCO의 발진주파수가 선택된 채널 주파수에 locking되게 된다. 설계된 VCO를 모의실험한 결과 출력된 LO 신호레벨은 4개의 채널 모두 약 2dBm 정도이며, harmonic 성분은 fundamental 성분보다 약 25dB 작다.

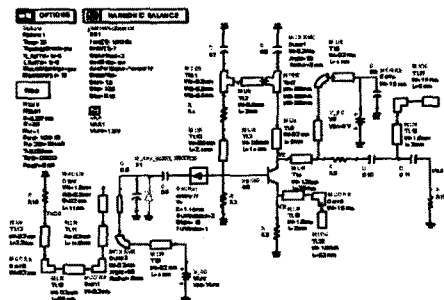


그림 6 VCO 회로도

RF Mixer는 그림 7과 같이 BFG425W[3]를 이용하여 간단한 구조로 구현하였다. 모의실험결과 약 6dB의 변환 이득과 27dB의 LO rejection 성능을 갖는다.

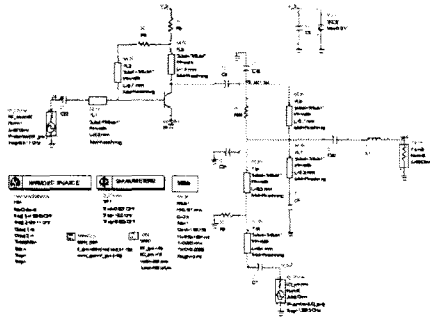


그림 7 RF Mixer 회로도

2-2. IF 블록

AGC 회로도를 그림 8에 나타내었다. RF Mixer에서 down-conversion 된 신호는 Q4와 Q5로 구성된 AGC 회로에서 이득이 조절되고, IF SAW BPF[4]를 거쳐 원하지 않는 신호 성분과 잡음이 제거된 후, Q6로 구성된 IF 증폭기에서 신호 레벨이 증폭되어 IF Mixer에 입력된다. Q3과 Q4로 구성된 회로는 IF Mixer에서 feedback된 전류신호 Itune로부터 AGC의 이득 조절을 위한 Q4와 Q5의 베이스 전류를 공급한다.

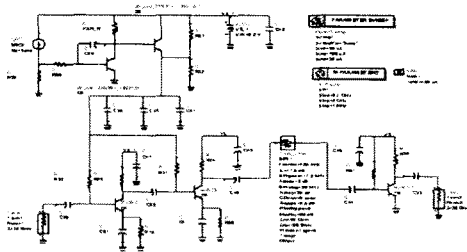


그림 8 AGC 회로도

설계된 IF Mixer의 블록 회로도도 그림 9에 보였다. IF Mixer로는 Zarlink의 SL1461SA[5]를 사용하였으며, D1, D2, L2, L3는 IF Mixer의 VCO 외부공진기를 구성한다. D1, D2는 Philips사의 variable diode인 BB131[6]를 사용하였다.

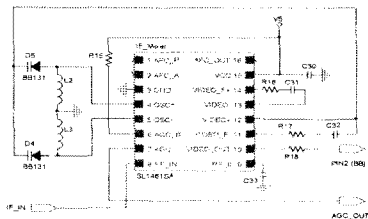


그림 9 IF Mixer 회로도

III. 모듈제작 및 성능측정

설계된 회로는 약 0.8mm의 두께와 2.5의 유전율 특성을 갖는 테플론 기판[7]을 사용하여 PCB 보드로 제작하였다. 제작된 보드의 크기는 53mm×42mm이다. 제작된 보드에 부품이 실장된 후의 모듈 사진을 그림 10에 보였다. 좌측 하단 부분이 LNA와 RF BPF 블록이고 우측 부분이 VCO와 RF Mixer 블록, 좌측 상단이 IF 블록이다.

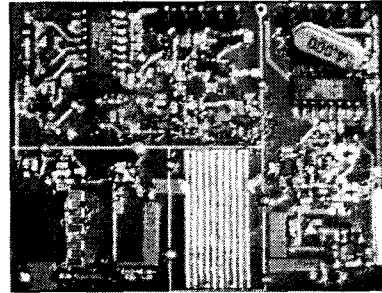


그림 10 제작된 수신용 RF/IF모듈 사진

제작된 RF/IF 모듈의 LNA블록의 측정 결과를 그림 11에 나타내었다. 기 제작된 송신모듈[8]과 수신모듈을 근접시킨 후, LNA의 입력단에 수신되는 신호와 LNA의 출력단 신호를 관찰하여 LNA의 이득을 측정하였다. 그림 11에서 보듯이 채널 3의 경우 측정된 LNA의 이득은 15.1dB로 모의실험 결과와 유사한 특성을 보인다.

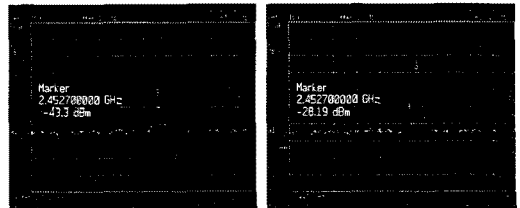


그림 11 LNA 입/출력 신호 스펙트럼

그림 12는 CH1과 CH3의 경우에 대해 측정된 VCO의 출력 스펙트럼이다. RF PLL에 의해 원하는 LO 주파수에 정확하게 locking 되어 있는 것과 출력 레벨이 3dBm 정도임을 확인할 수 있다.

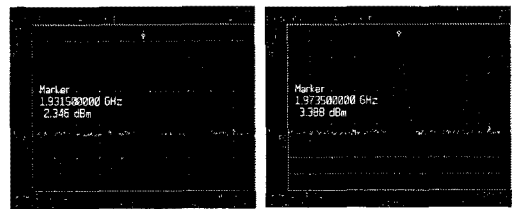


그림 12 VCO의 출력 스펙트럼 (좌) CH1 (우) CH3

제작된 RF Mixer의 측정결과는 그림 13에 보였다. 479.5 MHz에서 -41.83 dBm의 IF 출력과 약 24 dB 감쇄된 LO의 출력을 확인할 수 있다.

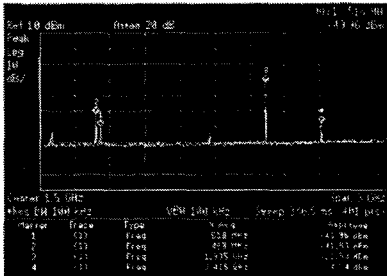


그림 13 RF Mixer 측정 스펙트럼

그림 14는 AGC 출력신호(IF SAW Filter 전단)를 측정 한 결과이다. AGC 입력에 크기가 다른 두 신호(-69.31dBm, -56.86dBm)가 인가됐을 때 AGC의 출력은 -45dBm 근처에서 어느정도 일정하게 형성됨을 확인할 수 있다.

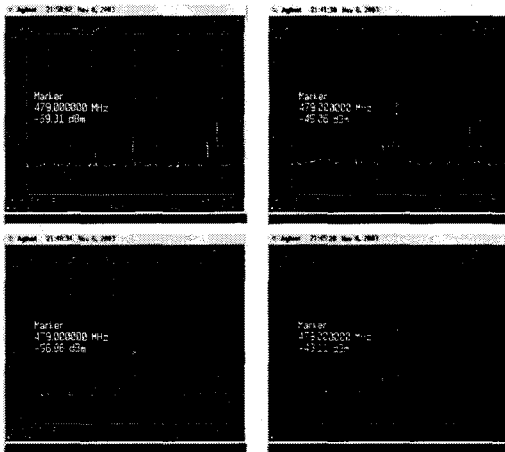


그림 14 AGC 측정 스펙트럼

본 논문에서 제작된 RF/IF 모듈의 최종 출력 파형을 그림 15에서 보였다. IF Mixer에서 FM 복조된 기저대역 신호에 대한 스펙트럼으로, 3.6 MHz 근처의 크로마민스 영상 신호 성분과, 6MHz와 6.5MHz 근방에서의 FM 변조된 음성 스테레오 신호를 확인할 수 있다. 제작된 보드는 크기가 53mm×42mm이며, 8V 전원에서 약 140mA의 전류를 소모한다. 제작된 수신모듈의 성능을 표 1에 요약하였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 무선 감시 시스템에 사용되는 음성/영상 수신용 RF/IF 모듈은 0.8mm의 두께와 2.5의 유연성 특성을 갖는 테플론 기판을 사용하여 구현하였

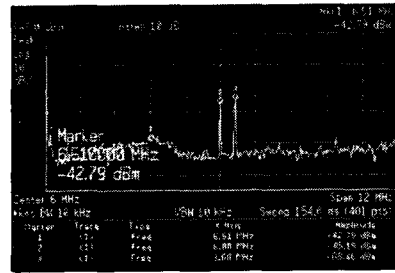


그림 15 기저대역 출력 신호 스펙트럼

표 1 수신 모듈의 성능요약

Frequency band	2400~2485MHz
Ch1 freq.	2411 MHz
Ch2 freq.	2434 MHz
Ch3 freq.	2453 MHz
Ch4 freq.	2473 MHz
A/V modulation	FM
Supply voltage	8V
Rx sensitivity	-80dBm
LNA gain	15dB
Noise figure	2.1dB
Input return loss	16dB
Image rejection	48dB
LO power	2~4dBm
Current consumption	140mA @8V
Board size	53mm×42mm

다. 제작된 모듈의 성능을 측정 한 결과, LNA 이득은 약 15dB이고 VCO의 출력신호 레벨은 2dBm보다 크며, 수신단의 감도는 약 -80dBm이다. 개발된 수신 모듈은 기개발된 송신용 모듈과 함께 사용되어 무선 감시용 시스템과 고성능 A/V 장비의 무선 remote unit으로 사용될 수 있으며, 영상 및 음성 데이터의 무선 송수신이 필요한 다양한 응용 분야에 적용될 수 있다.

참고문헌

- [1] BFG540/X, www.semiconductors.philips.com
- [2] BB833, www.infineon.com
- [3] BFG425W, www.semiconductors.philips.com
- [4] TGS SF480-1, www.tgscrysal.com
- [5] SL1461SA, www.zarlink.com
- [6] BB131, www.semiconductors.philips.com
- [7] PCB Board, www.parknelco.com
- [8] G. S. Kim, D. K. Kwon, J. T. Park, C. G. Yu, "Implementation of an RF Module for 2.4GHz Wireless Audio/Vidio Transmission," *IEEK Summer Conference 2002*, vol 25, no.1, pp 55-58, June 2002.