

2.4GHz 무선 음성/영상 송신용 RF 모듈 구현

김 거성, 권 덕기, 박 종태, 유 종근
인천대학교 전자공학과

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

Implementation of an RF Module for 2.4GHz Wireless Audio/Video Transmission

G. 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 module for 2.4GHz wireless audio/video transmission. The pre-processed baseband input signals are FM-modulated using a VCO and then transmitted through an antenna after RF filtering. The designed circuits are implemented using a Teflon board of which the size is 52mm×62mm. The measured maximum output signal levels are around -3dBm and the harmonics are less than -45dBc. The manufactured module consumes 130mA from a 8V supply.

I. 서론

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, 경제적이란 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 연구에서는 무선 감시(wireless surveillance) 시스템에 사용되는 음성/영상 송신용 RF(Radio Frequency) 모듈을 개발하였다. 사용 주파수는 허가 없이도 사용할 수 있는 ISM 대역인 2.4GHz 대역을 사용하고, 여러 정보원의 수신을 위해 4개의 채널을

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

사용하였다. 음성 및 영상 신호의 변조방식으로는 FM(Frequency Modulation)을 사용하였다. 설계된 회로를 테플론(Teflon) 기판을 사용하여 PCB 보드로 제작하였으며, 성능측정을 하였다.

II. 송신모듈 구성

본 연구에서 개발한 2.4GHz 무선 음성/영상 송신용 RF 모듈의 간략화된 블록다이어그램을 그림 1에 보였다. 송신 모듈은 크게 3개의 블록, 기저대역(baseband), RF, 마이크로컨트롤러 블록으로 구성된다. CCD 카메라 또는 A/V 장비로부터 입력된 영상 및 음성 신호는 전처리 과정을 거친 후, 혼합기(Mixer)와 전압제어발진기(VCO: Voltage Controlled Oscillator)를 통해 상향 변환 및 FM 변조되고, RF Filter를 거친 후, 안테나를 통해 송신된다.

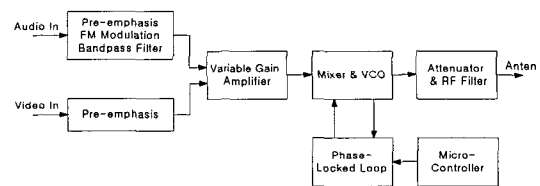


그림 3 송신모듈 블록다이어그램

2-1. 기저대역 블록

기저대역 블록은 외부에서 입력된 스테레오 음성 및 영상 신호를 RF단으로 전송하기 전에 필요한 신호 처리를 하는 역할을 하며, 크게 음성신호처리 부와 영상신호처리 부로 구성된다. 음성신호처리는 3가지 동작(pre-emphasis 처리, FM 변조, bandpass filtering)으로 구성된다. 입력된 스테레오 음성신호는

pre-emphasis 과정을 거친 후 6MHz와 6.5MHz의 subcarrier 주파수를 사용하여 FM 변조된다. 변조된 음성 신호는 대역통과필터(bandpass filter)를 거친 후, pre-emphasis 과정을 거친 영상 신호와 함께 가변이득 증폭기(VGA: Variable Gain Amplifier)에 입력된다. VGA에서 이득이 조절된 기저대역 신호는 RF 블록으로 전달된다.

FM 변조시 변조신호(modulating signal)의 주파수가 증가할수록, 변조된 신호(modulated signal)의 대응되는 주파수 성분의 크기는 감소한다. 이러한 감소를 보상하기 위해, 대부분의 송신단 FM 변조기에서는 변조신호의 고주파 성분을 미리 증폭하는 Pre-emphasis 신호처리를 수행한다. 수신단 FM 복조기에서는 저역통과필터(low-pass filter)를 사용하여 pre-emphasis된 성분을 제거하는 De-emphasis 과정을 수행한다. 이 과정에서 고주파 잡음성분도 함께 감소하게 된다.

음성 및 영상 신호의 pre-emphasis 처리를 위해 간단한 수동 고역통과필터(high-pass filter)를 사용하였다. 음성 신호의 FM 변조 회로는 SANYO사에서 제작된 오디오 신호처리 프로세서인 'LA7058R' 소자[1]를 사용하여 구성하였다. FM 변조된 음성 신호는 주변의 잡음 성분을 제거하기 위해 Murata사의 대역통과필터 소자[2]인 SFE 6.0MHz와 SFE 6.5MHz를 사용하여 filtering 된다. 영상 및 음성 혼합 신호의 크기조절을 위한 가변이득증폭기로는 Philips사의 'NE592D' 소자[3]를 사용하였다.

2-2. RF 블록

기저대역 블록에서 신호처리된 음성 및 영상 혼합 신호는 RF 블록에서 2.4GHz 대역에서 FM 변조되어 안테나를 통해 전송된다. RF 블록의 회로도들 그림 2에 보였다. RF 블록은 크게 3개의 블록으로 구성된다. 채널 주파수 선택을 위한 PLL 블록, FM 변조를 위한 VCO 블록, 그리고 filtering을 위한 RF filter 블록으로 구성된다.

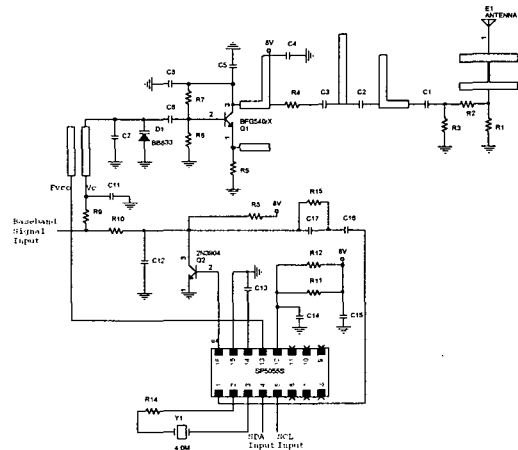


그림 2 RF 블록 회로도

VGA에서 이득이 조절된 기저대역 신호는 VCO의 control 전압 단자로 입력되어, VCO의 LC 공진회로의 capacitance 값을 변화시킨다. 따라서 VCO의 발진 주파수는 기저대역 신호에 비례해서 변하게 되고, 기저대역 신호는 FM 변조된다. 위상동기루프(PLL: Phase-Locked Loop)는 VCO 블록과 함께 주파수 합성기(frequency synthesizer)로 동작하며, Microcontroller에서 발생된 신호 'SDA', 'SCL'에 따라 원하는 채널 주파수에 해당하는 carrier 신호를 발생시킨다. 상향변환 Mixer의 역할을 겸한 VCO에 의해 FM 변조된 신호는 감쇄기(Attenuator)를 통해 출력 power level이 조절되고, ML(Microstrip Line)으로 구현된 RF filter를 거쳐 안테나에 전달된다.

VCO 블록의 핵심 트랜지스터로는 Philips사의 9GHz wideband npn BJT인 'BFG540/X'[4]를 사용하였다. 트랜지스터의 이미터 단자에 연결된 open stub 형태의 ML과 저항 R5 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 V_C 가 연결된 ML의 L 성분과 C7, C6 그리고 varactor diode인 D1의 C 성분 등이다. C6는 dc blocking 역할도 수행한다. R6와 R7은 트랜지스터에 dc bias를 인가하기 위해 사용되며, 출력단의 C3와 ML은 출력단 matching을 위해 사용된다.

PLL 블록에서 출력된 dc 전압과 baseband 단에서 전달된 신호가 control 전압 V_C 를 구성하며, 이 전압 신호가 varactor diode의 커패시턴스를 변화시켜서 발진 주파수를 조절하게 된다. PLL 블록에서 출력된 dc 전압 성분이 채널 carrier 주파수를 결정하게 되고, baseband 신호는 carrier 주파수를 변화시켜서 FM 변조된다. Varactor diode로는 Infineon사의 'BB833'[5]를 사용하였다. VCO의 LC tank 단에서 발진된 신호는 V_C 신호가 연결된 ML과 결합(coupling)된 ML을 통해 PLL 블록으로 feedback 된다. 즉, 그림에서 F_{VCO} 신호가 PLL의 RF 입력신호가 된다. 따라서 VCO의 발진주파수가 선택된 채널 주파수에 locking되게 된다.

본 설계에서는 최종 출력단 신호레벨을 0dBm 정도 되도록 설계하였다. 이를 위해 VCO의 출력신호를 약 10dB 정도 감소시킬 필요가 있으며, 이 역할을 감쇄기에서 수행한다. 감쇄기의 감쇄 정도는 저항 R2 값을 조절하여 변화시킬 수 있다. VCO 출력 신호의 harmonic 성분들을 억제하기 위해 ML로 구현된 RF 저역통과필터를 안테나 전단에 사용하였다.

PLL 소자로는 ZARLINK사의 'SP5055s'[6]를 사용하였다. SP5055s의 동작주파수 범위는 120MHz에서 2.6GHz까지이며, 동작주파수는 2개의 입력 신호(SCL과 SDA)에 의해 프로그램될 수 있다. 데이터 전송 방식으로는 I²C 통신방식을 사용하고 있다. SCL은 클럭 전송 라인으로 Microcontroller와 PLL간의 동기화에 사용되며, SDA는 PLL의 program data 전송 라인이다. Microcontroller로는 Microchip사의 'PIC16C84' 소자[7]를 사용하였다. 채널 주파수는 CH1: 2411MHz, CH2: 2434MHz, CH3: 2453MHz, CH4: 2473MHz이 되도록 프로그램하였다.

III. 모듈제작 및 성능측정

설계된 회로는 약 0.8mm의 두께와 2.5의 유전율 특성을 갖는 테플론 기판[8]을 사용하여 PCB 보드로 제작하였다. 제작된 보드의 크기는 52mm×62mm이다. 제작된 보드에 부품이 실장된 후의 모듈 사진을 그림 3에 보였다. 왼쪽 부분이 기저대역 블록이고 오른쪽 부분이 RF 블록이다.

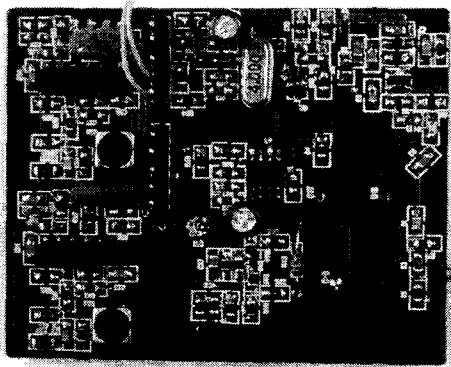


그림 5 제작된 송신용 RF 모듈 사진

제작된 모듈의 기저대역 블록 측정 결과를 그림 4와 5에 보였다. 그림 4는 FM 변조된 음성과 영상의 혼합 신호가 VGA에서 약 1.5배 증폭된 후의 파형이다. VGA의 이득이 증가하게 되면 영상신호의 크기가 증가하게 되고 따라서 출력 영상의 밝기가 증가하게 된다. 그러나 영상신호의 크기가 너무 증가하게 되면, FM 변조된 신호의 주파수 대역폭이 증가되고, 인접 채널에 영향을 주게 된다. 따라서 신호의 quality와 대역폭의 효율성 사이에는 trade-off 관계가 존재하기 때문에 VGA의 이득을 적절히 조절할 필요가 있다. 본 설계에서는 VGA의 이득을 대략 1.5정도로 조절하였다. 그림 5는 그림 4의 VGA 출력 신호의 FFT 파형으로 3.58MHz 근처의 크로미닌스 영상신호 성분과 6MHz와 6.5MHz 근방에서의 FM 변조된 음성신호를 확인할 수 있다.

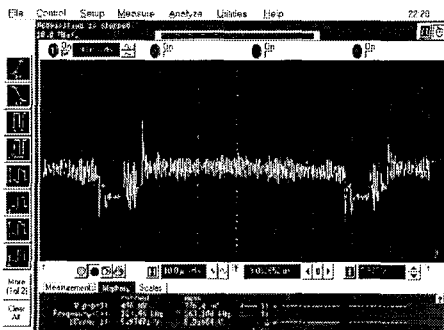


그림 4 VGA 출력 파형

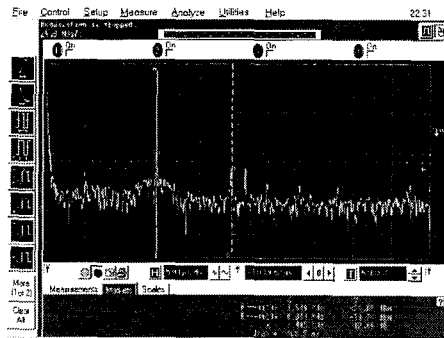


그림 5 VGA 출력신호의 FFT 파형

제작된 VCO의 측정 결과를 그림 6, 7, 8에 보였다. 그림 6은 Control 전압 V_C 의 증가에 따른 발진주파수 증가 특성을 보여준다. VCO의 이득은 약 49.7MHz/V이다. 그림 7과 8은 채널이 1번으로 선택되었을 때의 VCO의 출력 스펙트럼과 harmonic 특성을 나타낸다. 채널의 carrier 주파수가 PLL에 의해 정확하게 조절되고 있음을 확인할 수 있으며, carrier 신호의 전력은 대략 13dBm이다. 3차 harmonic 성분이 가장 크며, fundamental 성분보다 25dB 정도 작게 나타난다.

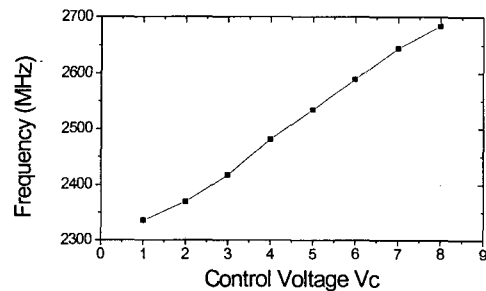


그림 8 Control 전압에 따른 VCO의 발진주파수 특성

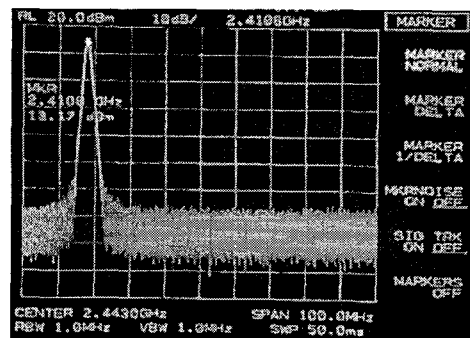


그림 7 VCO의 출력 스펙트럼 (CH1)

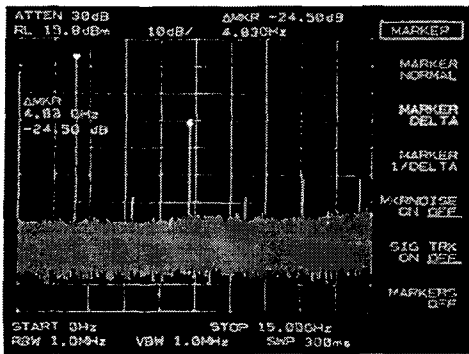


그림 8 VCO의 harmonic 성분 (CH1)

RF Filter 블록을 통과하여 안테나에 전달되는 최종 출력 신호의 측정 결과를 그림 9와 10에 보였다. 그림 9는 채널 1번의 최종 출력 스펙트럼으로, FM 변조된 신호 특성을 확인할 수 있다. 최대 출력 신호 레벨은 -3dBm 정도로, 의도했던 0dBm 보다 감쇄기에 의해 조금 더 많이 감쇄된 것을 알 수 있다. FM 변조된 신호의 대역폭을 관찰해 보면, 10MHz의 offset 주파수(채널 간격: 20MHz)에서의 신호 전력이 최대 신호 전력보다 40dB 이상 작은 것을 알 수 있다. 그림 10은 최종 출력신호의 harmonic 특성을 측정한 것으로서, 그림 8의 VCO 출력의 harmonic 성분과 비교해 보면, RF Filter 블록을 통과하면서 고차 harmonic 성분들이 감쇄된 것을 확인할 수 있다. 모든 채널에서 harmonic 성분들은 fundamental 성분 보다 45dB 이상 작은 것을 확인하였다. 제작된 모듈의 성능을 표 1에 요약하였다.

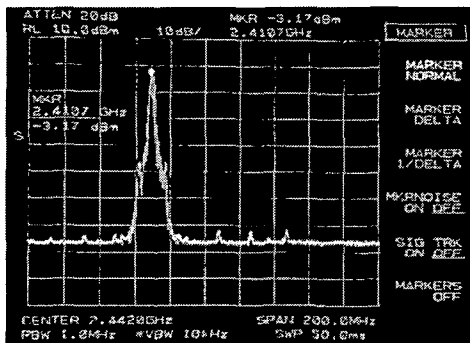


그림 9 FM 변조된 출력신호 (CH1)

IV. 결론

본 논문에서는 무선 감시 시스템에 사용되는 음성/영상 송신용 RF 모듈을 0.8mm의 두께와 2.5의 유연율 특성을 갖는 테플론 기판을 사용하여 구현하였다. 제작된 모듈의 성능을 측정된 결과, 최대 출력 신호 레

벨은 -3dBm 정도이며, 모든 채널에서 harmonic 성분들은 fundamental 성분 보다 45dB 이상 작은 것을 확인하였다. 제작된 모듈은 8V의 전원에서 약 130mA의 전류를 소모한다. 개발된 송신 모듈은 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.

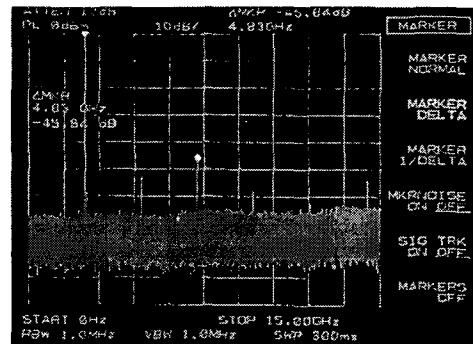


그림 10 최종 출력 스펙트럼

표 1 제작된 RF 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
RF output power	0dBm
Spurious	<-40dBc
Output impedance	50Ω
Subcarrier frequency	6MHz, 6.5MHz

참고문헌

- [1] LA7058R, www.sanyo.com
- [2] SFE, www.murata.co.jp
- [3] NE592D, www.semiconductors.philips.com
- [4] BFG540/X, www.semiconductors.philips.com
- [5] BB833, www.infineon.com
- [6] SP5055S, www.zarlink.com
- [7] PIC16C84, www.microchip.com
- [8] PCB Board, www.parknelco.com