

UHF 대역의 Hi-fi 무선마이크 시스템 설계

정인화^{*} · 남옥우^{*} · 김재형^{*}

^{*}창원대학교 제어계측공학과

Design of the Hi-fi Wireless Microphone System in UHF band

In-Hwa Jung^{*} · Ock-Woo Nam^{*} · Jae-Hyung Kim^{*}

^{*}Changwon National University

E-mail : inhwaj@cosmos.changwon.ac.kr

요 약

본 논문에서는 무선마이크용 특정소출력무선기기의 송수신단을 설계하고 제작하여 특성을 측정하였다. 무선마이크용 특정소출력무선기기의 주파수 대역 740.000~752.000MHz를 사용하였고, 점유주파수대폭의 허용치 200kHz, 최대주파수편이 ± 75 kHz를 만족하도록 설계하였다. PLL Synthesized, 주파수 변조, Dual Conversion 방식을 사용하였으며 Componder Type은 2:1이다. 설계된 무선마이크 시스템의 출력은 10mW이하이고, 50-20,000Hz의 주파수 응답을 가지며 Hi-fi Audio를 전송할 수 있다. 송수신단의 Total Harmonic Distortion 은 1.5% 이하이다.

1. 서 론

무선마이크용 특정소출력무선기기의 기술적 조건은 공중선전력 10mW이하이고, 72.610~73.910MHz로부터 950.000~952.000MHz 사이에 9개의 대역으로 할당되어 있다.

본 논문에서는 746.000~752MHz 대역을 사용하였으며 점유주파수대폭의 허용치인 200kHz와 최대주파수편이 ± 75 kHz를 만족시키는 무선마이크 송수신 시스템을 설계하였다. 무선마이크용 특정소출력무선기기 대역은 무선마이크만 사용하도록 되어있으므로 다른 무선기기의 간섭을 고려할 필요가 없고, 무선마이크 사이에 채널만 다르게 선택해 주면 된다. 따라서 간섭에는 약하지만 주파수 응답, 왜곡과 같은 오디오대역의 성능을 높일 수 있는 아날로그 변조인 주파수 변조 방식을 선택하였다. 또한 Preemphasis/Deemphasis 회로를 사용하여 High Frequency SNR을 높였으며 Compressor/Expander 회로를 사용하여 주파수편이를 줄였다. 송신기의 경우 3.6V~5.0V, 수신기의 경우 9.0V~12V의 전원을 사용하도록 설계하였다.

II. 무선마이크 송, 수신단의 구성

무선마이크 송, 수신단의 구성은 그림1, 그림2와 같다.

송수신단은 Preemphasis와 Compressor를 포함한 오디오회로와 Phase-Locked Loop 주파수 합성기와 버퍼 앰프, Front-end 필터를 사용한 RF회로로 구성하였다.

송수신기에서 Preemphasis 회로와 Compressor를 통과한 50-20,000Hz 기저대역신호는 VCO의 루프 전압에 직접 FM을 걸어준다.

주파수 합성기는 PLL과 루프 필터, 전압조정발진기로 구성되어있다. PLL을 구동하기 위해 Micro-Controller를 사용하였으며 기준주파수는 20MHz 크리스탈을 사용하였다. PLL칩은 Prescaler(64/128), Programmable count와 Swallow count를 프로그램 함으로써 원하는 주파수를 얻을 수 있다.

루프 필터는 50-20,000kHz 기저대역신호에 따른 주파수 변조를 허용하도록 2Hz의 차단 주파수를 가지는 3차 패시브 필터로 구성했다.[1]

수신단은 두 번의 Mixer를 거치는 Dual Conversion 방식을 사용하였으며, RF, IF 대역에서 각각 746MHz 유전체 필터, 71MHz SAW 필터, 10.7MHz 세라믹 필터가 사용되었다.

무선 마이크의 수신기는 안테나로부터 740~752MHz의 신호를 받은 뒤 저잡음 증폭기와

Mixer를 통해 71MHz의 IF 주파수로 변환시킨다. IF단에는 Image 주파수를 제거하기 위한 SAW 필터와 증폭기가 있고 81.7MHz의 이차 국부발진(LO:Local Oscillator) 신호와 혼합되어 10.7MHz 대로 변환된다. 10.7MHz의 이차 IF 신호는 FM 복조를 위해 증폭기와 리미터를 통과하고 그 사이에 채널 간섭을 제거하기 위한 세라믹 필터를 통과하게 된다. 복조단은 위상비교기와 Quadrature tank로 구성되어있다.

일차 국부발진기는 송신기와 비슷한 구조의 PLL 주파수 합성기가 사용되었고 이차 국부발진기는 81.7MHz 크리스탈을 이용한 Overtone Colpitts 회로가 사용되었다.

복조된 기저대역 신호는 송신기 Compressor의 역이 되는 Expander를 거치게 된다. 또한 저역통과 필터를 통해 20kHz이상의 주파수 성분이 제거된다. 이 저역통과 필터는 Deemphasis 곡선을 포함하도록 설계하였다.[1]

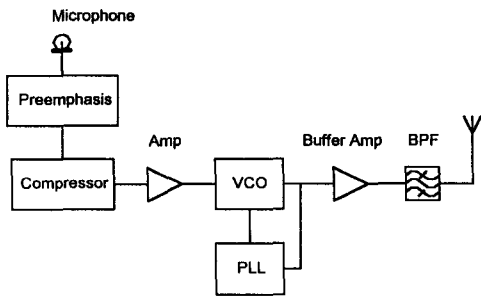


그림 1. 무선마이크 송신단의 구성도

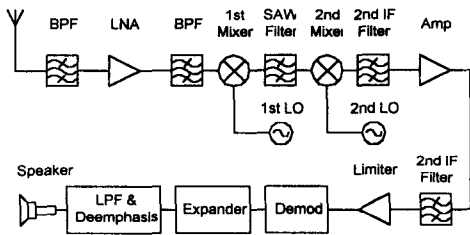


그림 2. 무선마이크 수신단의 구성도

III. 무선마이크 송, 수신기 설계

1. 송신부 설계

송신기의 주파수 합성기는 National Semiconductor사의 PLL칩을 사용하였다. PLL 주파수 합성기의 구조는 그림3과 같다.

그리스탈 발진기로부터 만들어진 기준주파수는 Programmable reference counter(R)로 분주되어 비교주파수(f_r)가 만들어진다. VCO의 출력이 Feedback되어 Prescaler(P)와 Programmable

counter(B), Swallow counter(A)에 의해 식(1)과 같이 분주된다.

$$f_p = \{(P \times B) + A\} \times f_{IN} \quad (1)$$

위상검출기는 Programmable reference count의 출력(f_r)과 Programmable count의 출력(f_p)의 위상을 검출하여 Charge-pump를 통하여 위상차와 비례하는 전압을 발생시킨다. 출력전압 V_o 는 $V_o = K \cdot \Delta\phi$ 이고, 여기서 K 는 위상검출 변환 이득, $\Delta\phi$ 는 위상차이다.

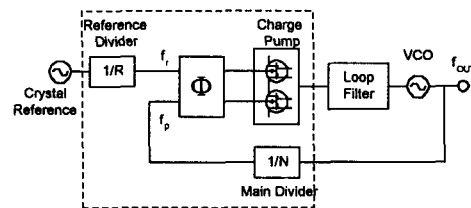


그림 3. 주파수 합성기의 구조

주파수 변조를 사용하는 송신기의 루프 필터는 반송파의 주파수가 변조입력인 기저대역신호에 따라 변하는 것을 허용하도록 설계되어야 한다. 즉, 기저대역신호의 최소 주파수 50Hz 보다 아래의 차단 주파수를 가지게 설계되어야 한다. 그림4는 2Hz로 설계된 루프 필터의 주파수 특성을 보여준다.

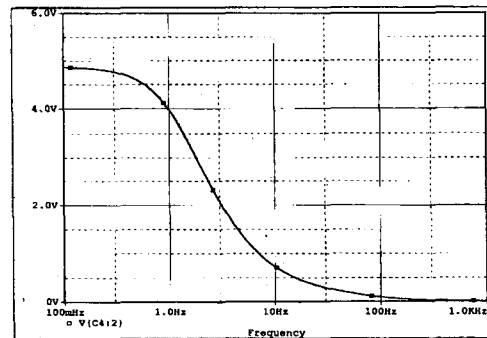


그림 4. 설계된 루프 필터의 주파수 특성

루프 필터는 기저대역 주파수 응답, 송신기 출력의 주파수 정밀도, 스푸리어스 방사강도와 같은 성능에 결정적인 영향을 미치므로 설계시 주의가 요구된다.

PLL로 귀환되는 주파수가 RF 출력단으로부터 영향을 받지 않도록 버퍼앰프를 사용하였다. 사용한 버퍼앰프는 12dB의 이득을 가진다. 무선마이크는 10mW 이하의 출력을 가지도록 설계해야

하므로 파워앰프 없이 Front-end 필터를 통하여 안테나로 바로 연결하였다. 그림5는 Front-end 필터로 사용된 746MHz 유전체 필터의 주파수 특성을 나타낸다. 이 필터는 2dB의 삽입손실을 가진다.

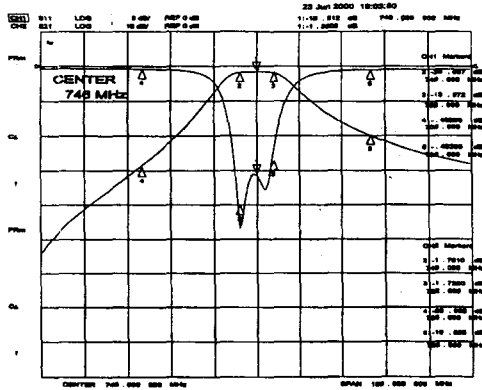


그림 5. 746MHz 필터의 주파수 특성

2. 수신부 설계

그림6은 수신부 각 모듈의 주파수 및 이득을 나타내었다.

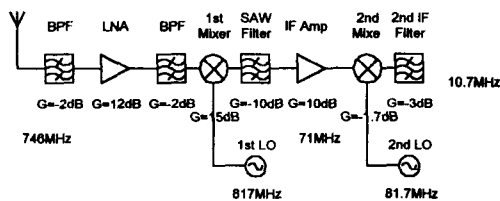


그림 6. 수신부의 주파수 및 이득

안테나로 수신된 신호는 가장 먼저 저잡음 증폭기를 거치게 된다. 사용한 저잡음 증폭기는 잡음지수(Noise Figure) 1.4dB, 이득 12dB, 역방향 분리도(Reverse Isolation) 23dB를 가진다. 저잡음 증폭기의 앞, 뒤에는 송신기와 마찬가지로 746MHz 유전체 필터를 사용하였다.

일차 Mixer를 위한 주파수 합성기는 815MHz 대의 주파수를 가지며 송신기에 사용된 PLL방식 주파수 합성기와 같은 구조이다. 수신기의 VCO는 변조입력이 없으며 루프 필터는 송신기와 다르게 5kHz의 2차 패시브 필터로 설계하였다.

Mixer는 Balanced output을 가지며 출력단은 71MHz에 매칭시켰다.[2] 71MHz IF 블록에서 통과 대역폭 10MHz, 삽입손실 10dB를 가지는 Saw 필터를 사용하였다. Saw 필터의 주파수 특성을 그림7에 나타내었다.

Saw 필터의 삽입손실을 보상하고 수신기의 감도를 높이기 위해서 증폭기가 사용되었다. 이 증폭기의 전력증폭 정도가 수신시스템의 감도에 직

접적인 영향을 미친다.

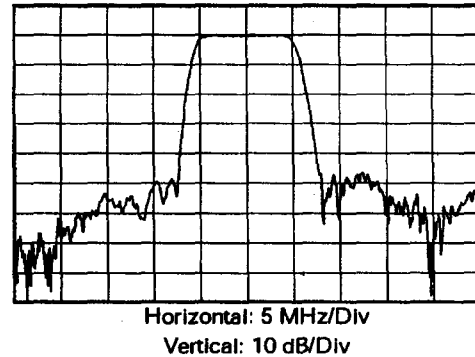


그림 7. Saw filter의 주파수 특성

81.7MHz의 이차 국부발진기와 71MHz의 IF 신호를 혼합하여 10.7MHz의 IF 신호를 만든다. 10.7MHz의 IF 블록은 세라믹 필터 두개와 앰프, 리미터로 구성된다. 이차 IF 블록의 역할은 FM복조를 위해 IF 주파수로부터 잡음과 AM을 제거하는 것이다. 리미터가 IF신호의 진폭을 일정하게 유지시켜줌으로서 RF레벨에 따라 FM 수신기의 오디오 출력레벨이 변하는 것을 막아준다.

위상비교기와 Quadrature tank로 구성된 복조 회로는 10.7MHz IF 주파수로부터 기저대역신호를 분리한다. 복조단에서는 Quadrature tank가 기저대역신호의 품질을 결정하게 된다. 즉, Quadrature tank의 'Q'가 크면, 오디오 레벨이 크지만 왜곡(Distortion) 또한 크게된다. 'Q'가 작으면 왜곡이 작지만 오디오 레벨이 작게되므로 왜곡과 오디오 레벨사이에 trade-off가 있다.[3]

3. 오디오 회로 설계

무선 마이크 송, 수신기에서 Dynamic range를 크게하기 위해서 2:1 Type Componder (Compressor/Expander)를 사용하였다. 그림8은 제한된 Dynamic range 채널에서 SNR 개선을 위한 2:1 Type Componder의 역할을 보여준다.

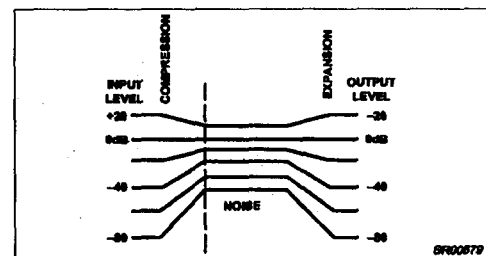


그림 8. Dynamic Range가 제한된 채널에서의 Componder

입력 레벨이 +20dB에서 -80dB일 때, 100dB의

Dynamic range를 가지는 신호가 Compressor에 의해서 50dB range 신호로 변환되어 채널을 통해 전송된다. 수신기에서 Expander를 통해 원래의 신호 레벨로 복원하면 Comander를 사용하지 않은 시스템보다 채널잡음이 현저히 줄어들 수 있다.

오디오 대역 고주파신호의 왜곡을 줄이기 위해서 송신기에서 Preemphasis와 수신기에서 Deemphasis를 사용하였다. Deemphasis는 설계한 액티브 저역통과 필터에 포함되어있다.

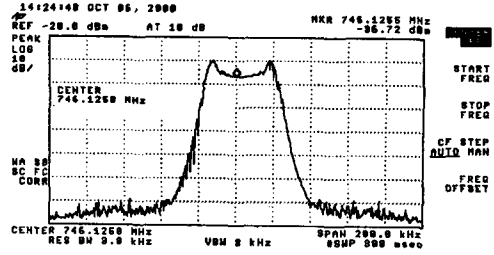


그림 11. 송신기 스펙트럼(1kHz 사인파 변조)

IV. 성능 측정 및 분석

송, 수신보드는 두께 0.8T의 FR4 기판에 제작하였으며 송신기는 Bodypack 타입으로 제작하였다. 그림9, 그림10은 제작된 송, 수신기의 사진이다.

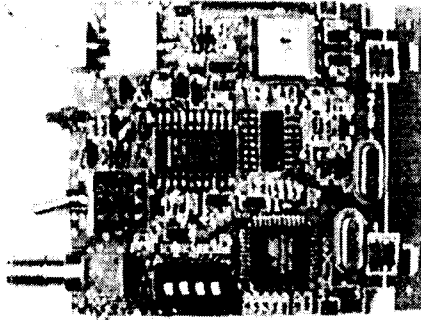


그림 9. 송신기 사진

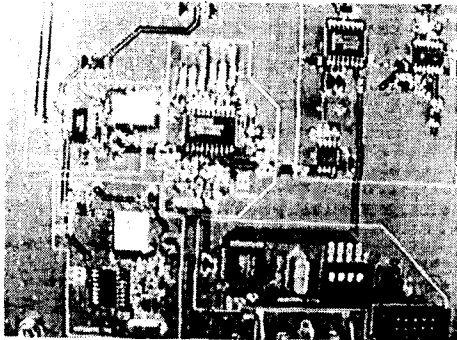


그림 10. 수신기 사진

송신기에서는 안테나를 통해 방사되는 신호의 스펙트럼을 제시한다. 그림11은 1kHz 사인파(Sinewave) 변조시 스펙트럼이다.

1kHz 사인파 변조시 수신기의 Audio 출력에서 측정된 THD(Total Harmonic Distortion)은 1.5% 이하이다. 송, 수신기의 주파수 응답은 50-20,000Hz이다. 그림12에 송, 수신기의 주파수 영역 진폭 응답 특성을 보여준다.

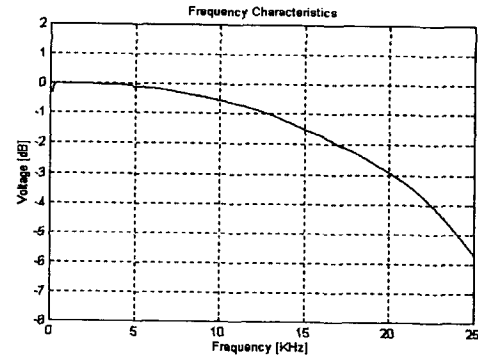


그림 12. 송, 수신기의 주파수 응답 특성

V. 결론

무선마이크용 특정소출력무선기기의 수파수 대역 740.000~752.000MHz를 사용한 FM 방식의 무선마이크 시스템을 설계, 제작 하였다. 제작된 송, 수신기는 주파수 응답 50-20,000Hz로 Hi-fi 오디오를 전송할 수 있고 왜곡이 1.5%이하인 고성능 무선마이크 시스템이다. 송신 스펙트럼과 수신 품질에 만족할 결과를 얻었으며 앞으로 마이크의 이동과 전파 장애물을 고려하여 항상 양호한 품질을 얻을 수 있는 True Diversity Reception 방식으로 수신기를 개선할 예정이다.

참고문헌

- [1] Arthur B. Williams, "Electronic Filter Design Handbook", McGraw-Hill, 1981
- [2] Ludwig, Bretchko, "RF Circuit Design", Prentice Hall, 2000
- [3] 박선호, "무선전송제어시스템", 국제테크노정보연구소, 1999
- [4] W. H. Hayward, "Introduction to Radio Frequency Design", Prentice Hall, 1982
- [5] A. Bruce Carlson, "Communications Systems", McGraw-Hill, 1975