

# ISM 밴드 RF 모듈의 수신감도 향상에 관한 연구

이혁진, 양오

청주대학교 전자공학과

전화 : 043-229-8440 / 핸드폰 : 019-412-8026

## The Research about improvement of receive sensitivity for RF module in ISM band

Hyuck Jin Lee, Oh Yang  
Dept. of Electronics, ChongJu University  
E-mail : ohyang@chongju.ac.kr

### Abstract

This paper has been studied an improvement of receive sensitivity for RF module of Industrial Scientific Medical(ISM) Band. In the paper, Also this paper handles receive sensitivity progress of RF module in ISM band.

how to improve receive sensitivity adds to Surface Acoustic Wave(SAW) filter, Low Noise Filter(LNA), etc and insulates receiver and transmitter. And then the circuit is inspected by the effective range test of receiver and transmitter. And this paper was designed that micro-controler controls the part of RF by software.

본 논문에서는 고도로 발달되고 위험해진 산업현장에서의 인적자원의 절약과 비용감소면의 특징적인 무선통신시스템을 속속 채용하게 됨에 따라 무선통신시스템에서 절대적인 신뢰가 필요한 무선통신모듈에 대한 관심이 증대하여 Open Sight (사람이 볼 수 있는 시야범위) 에서 100m 안팎의 단거리와 최대 1km까지 원거리에 대해 최대 10dBm의 송신출력(10mW)을 갖는 무선모듈의 수신감도향상에 대한 RF단의 회로를 설계하고 각각의 경우에 대한 성능을 비교, 검토하여 우수한 성능의 RF회로 및 설계방법을 제시하고자 한다.

### I. 서론

무선통신시스템은 유선으로 이루어진 환경에서 케이블과 중계기등의 설비에 대한 비용과 이를 설치하기 위해 소요되는 인력을 줄이기 위한 대안으로서 제시되고 있다. 이러한 추세는 PC 의 보급과 인터넷사용의 대중화로 인한 무선 인터넷환경이 크게 대두되고 있지만 이의 영향은 산업현장에도 널리 미쳐 그 분위기가 급속도로 확산되고 있다.

본 연구는 과학기술부·한국과학재단 지정 청주대학교 정보통신연구센터의 지원에 의한 것입니다.

### II. 본론

#### 1. RF module 의 기본 구성

보통의 무선모듈은 독립적인 함체에 담겨 있으며 이 함체의 내부에는 베이스밴드의 시그널을 상대 장치와 송수신하기 위한 PLL, VCO, PD 그리고 LNA등과 같은 아날로그 회로로 구성된다.

본 논문에서 목적하는 무선모듈은 종래에 사용되는 무선모듈의 형식에서 탈피하여 RF에 사용되는 주요 회로의 기능을 소프트웨어적으로 컨트롤할 수 있는 Chipcon 사의 CC400 이라는 칩셋을 사용하고 이에 수신감도와 송신출력을 위한 회로를 추가로 설계하며

CC400에 컨트롤신호를 주고 받을 마이크로컨트롤러를 탑재하는 구조이다. 그림 1은 이에 대한 블록 다이어그램이다.

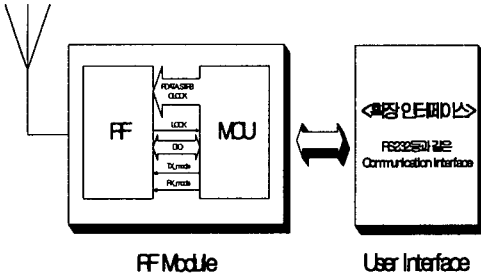


그림 1. 전체 RF 모듈의 블록 다이어그램

### 2. 기본제공회로에 대한 실험

그림 2는 Chipcon 사가 제공하는 CC400의 기본 회로로서 임피던스 매칭단과 VCO 회로, 내부로직의 기준클럭이 되는 크리스탈등이 붙게 된다. 첫 번째로 제작된 보드는 Chipcon사에서 판매하는 Development Kit에 따라 SAW Filter를 사용한 예와 LC Filter를 사용한 예도 함께 제작하였으며 그림 3, 4와 같다.

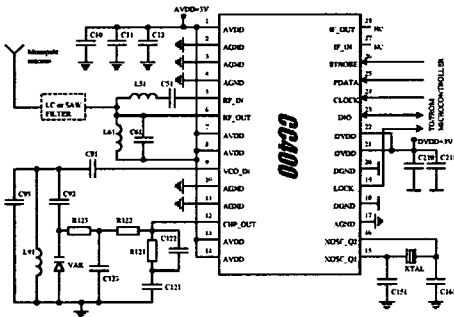


그림 2. Chipcon사의 CC400 기본 회로도

처음으로 제작된 보드로 테스트한 결과 여러 가지 문제점이 발생되었다.

그 첫째로 디지털 회로의 PCB 제작과 같은 형식으로 VCC와 GND를 각 층에 Copper로 넓게 분포시켜 간 것이 VCO단과 안테나에 물린 임피던스매칭단에 상당한 Noise를 제공하는 형태가 되었다. 400Mhz 대의 RF 주파수 밴드를 사용하기 때문에 패턴이나 Copper등이 회로에 별다른 영향을 주지 않을 것이라는 판단 때문에 발생한 문제였다.

둘째로 LC 필터를 사용하여 수신실험한 결과 안테나와 VCO단과의 간격이 너무 적어 VCO에서 생성된 주파수가 안테나측에서 수신하거나 송신할 때 계속되는 센터주파수에 겹쳐 나타나는 증세였다. 거기에 첫째로 지적된 문제 때문에 내부 VCO로 입력하기 위한 회로의 기능이 동작하지 않아 특정 junction에 적합한 전압레벨이 뜨지 않았다.

### 3. 기본회로에 대한 PCB 패턴의 개선실험

처음 제작된 보드에서 발생한 문제점에 대해서 몇가지 대책을 세워 PCB를 제작하게 되었다. 회로는 같으며 Development Kit와 같이 3가지 필터실험을 위해 3개의 안테나를 설치하였고 패턴의 연결로 선택하게 했다.

첫째로 접지면적을 넓게 깔아주는 것, 둘째로 VCO 회로에 대해 타 회로와의 영향을 피하기 위한 실드가 필요한 점, 이 두가지가 두 번째 PCB에서 개선된 사항이다. 접지면적을 최대한 깔아주기 위해 CC400과 각 회로에 인가되는 DC 전원은 패턴으로 가능한 회로에 간섭이 가지 않게 멀리 돌면서 인가하게 하였고 접지면이 깔린 곳과는 거리를 두었다. 부품이 위치하지 않은 부분에 대해서는 PCB의 Top layer와 Bottom layer 전면에 넓게 Copper를 깔아 Via와 별도의 Hold로서 각층의 접지면적이 널리 순환되게 하였다.

VCO회로단에 대해서는 별도의 Copper로 주변을 둘러주었으며 회로측의 면적에 대해서는 Hatch를 시켰다.

송신시에는 LC필터를 사용한 방법, 수신시에는 SAW 필터를 사용한 방법을 사용하였으며 그 회로는 그림 3과 4와 같다.

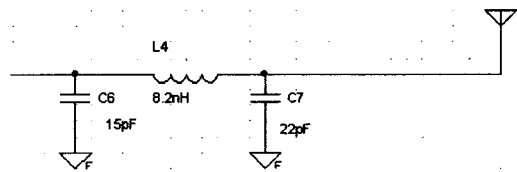


그림 3. 송신측 회로

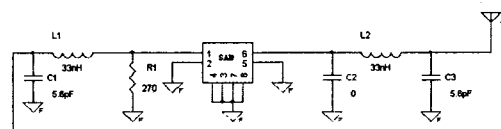


그림 4. 수신측 회로

PCB에 대한 실험방법으로 유효거리 테스트를 수행하였는데 원하는 펄스개수를 전송하여 이 펄스들을 제대로 수신하고 있는가를 측정했다. 마이크로컨트롤러로 히타찌사의 H8/3672를 사용하였고 Open sight에서 직선거리 테스트를 수행했다.

맑은 날 쾌청하며 바람이 없는 조건에서 수행된 실험결과로 최대 100m 이내에서 1200개의 펄스를 1.2kbps로 송신하여 수신하는 테스트에서 다음 표에 나타난 결과를 얻을 수 있었다. 표 1은 Development Kit를 Reference 수신부로 하여 측정된 송신거리유효 테스트결과를, 표 2는 v2 로 송수신단을 구성하여 테스트한 결과를 나타낸다.

표 1. 유효거리테스트 결과

거리	속도	펄스개수	상태
10m	1.2kbps	1200	양호
25m	1.2kbps	1200	양호
30m	1.2kbps	1200	양호
50m	1.2kbps	1200	양호
75m	1.2kbps	1200	양호
100m이상	1.2kbps	1200	다소나쁨

실험후 PCB와 부품들에 대한 검토후에 L의 Q 값이 상당히 떨어지는 것으로 나타났다. Chipcon사의 Presentation 자료에 따르면 VCO 회로의 L에 높은 수준의 Q값을 갖는 L을 요구하였으며 임피던스매칭단에도 역시 높은 Q 값을 요구했다. 이에 대해 Murata의 High Q 계열의 인덕터로 회로를 재구성하기로 했고 Phase Noise에 대한 대책으로 NF 1.2dB, 9dB의 Gain을 갖는 고주파용 바이폴라 NPN 트랜지스터를 사용하는 LNA를 사용하기로 하였다. 거기에 송신단과 수신단을 서로 분리하기 위하여 3V 양전압 혹은 음전압으로 2입력을 1출력으로 스위치가능한 RF switch를 사용한다. 아울러 VCO를 제외한 RF단의 모든 회로에 대해서도 Hatch를 시키고 VCO와 마찬가지로 접지 실드를 씌워주는 대책도 함께 마련했다.

### 3. 기존회로에 회로를 보강, 개선된 PCB의 실험

두 번째 PCB에서 겪은 문제와 데이터를 통해 개선된 회로를 그림 5과 6에 도시하였다.

Off준위를 0V±2%, On준위를 3V±2%의 양전압으로 스위치하는 RF Switch로 MACOM사의 SW395를 사용하였다. 여기서 1번핀에 송신단을 3번핀에 수신단을 인터페이스하였고 각 단을 연결시에는 DC 성분을 제거하기 위한 캐피시터를 연결해주어야 한다.

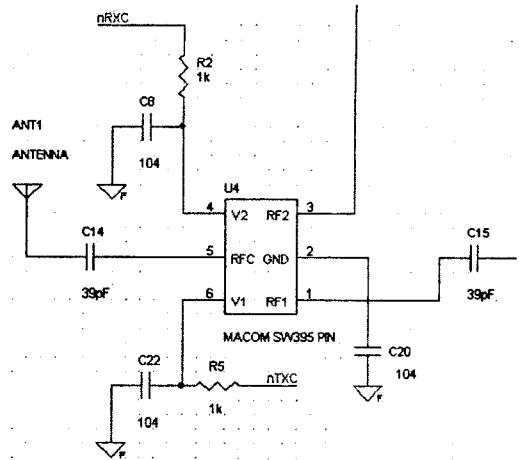


그림 5. 송수신단을 절연하는 RF 스위치 회로

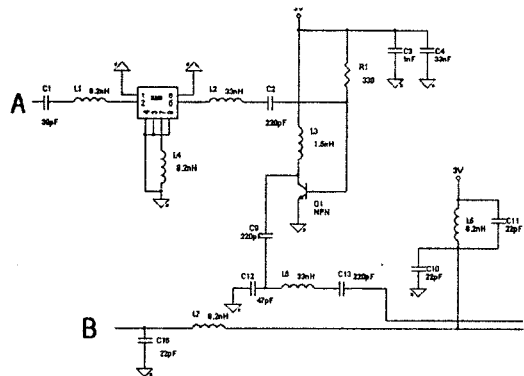


그림 6. LNA를 추가한 수신단 회로

그림 6의 A로 들어가는 부분이 수신단이고 B로 나오는 부분이 송신단이다. 바이어스를 위한 저항과 RFC, 그리고 LNA 양단의 임피던스 매칭회로와 DC Blocking C, RF signal bypass용 C로 구성된 LNA를 볼 수 있다.

높은 Q값을 갖는 인덕터의 사용과 OSC 대신 경제성을 위해 정밀 크리스탈(10ppm)의 사용, 송수신단의 절연 그리고 SAW Filter와 LNA의 조합에 의한 수신으로 보다 향상된 수신감도를 얻을 수 있었다. 표 2를 통해 두 번째 보드와 그 성능을 비교할 수 있다.

표 2. LNA 추가버전의 유효거리테스트

거리	속도	펄스개수	상태
100m	1.2kbps	1200	양호
110m	1.2kbps	1200	양호
130m	1.2kbps	1200	양호
170m	1.2kbps	1200	양호
200m	1.2kbps	1200	양호
220m이상	1.2kbps	1200	다소나쁨

### III. 결론

본 논문에서 구현하여 실험한 세가지 module은 시행착오를 겪으며 최종목표에 도달할 수 있는 과정을 담고 있다.

첫 번째에서 RF module에서의 PCB 패턴의 중요성이 대두되었고 이를 개선한 두 번째에서는 전체 회로와 부품에 대한 Q값과 안정도, 정밀함이 문제시되었으며 이를 종합한 대책에 의해 세 번째 module이 처음 두 단계에 걸쳐 드러난 회로와 패턴에 대한 결점을 보완함에 따라 두 번째에 비해 2배이상의 수신 유효거리를 보여 주었다.

향후 수신단의 회로를 보다 보완하여 1km 이상의 원거리에서도 송신된 시그널을 수신할 수 있는 능력을 만들어내는 점이 과제로 남는다.

### 참고문헌

- [1] Chipcon사 CC400 Datasheet, 2001.
- [2] Chipcon사 Application Note AN012 VCO fine-tuning for CC400 and CC900, 2001.
- [3] 이론과 실제, RF 회로설계, 도서출판 우신, 2002.7.
- [4] MICROWAVE CIRCUITS. Analysis and Computer-aided Design. Prentice-Hall International
- [5] Hitachi, H8/3672 Datasheet, 2001.