

2.4 GHz ISM band용 bluetooth 모듈의 설계기술 연구

원 광 호, 김 재 호, 송 병 철, 조 위 덕, 손 병 일
전자부품연구원
전화 : 034-780-7072 / 핸드폰 : 019-268-7710

Design and Implementation of Bluetooth Module using 2.4 GHz ISM band

Kwang-Ho Won, Jae-Ho Kim, Byoung-Chul Song, We-Duke Cho, Byong-II Son
Korea Electronics Technology Institute
E-mail : khwon@nuri.keti.re.kr

Abstract

In this paper, we designed bluetooth module using 2.4 GHz ISM band. Bluetooth is wireless networking solution that connects PDA, cellular phone, printer, PC, etc. each other. We integrated digital and RF part in one module. As a result, we can make low power consumption module that enables long battery life. In addition, we enlarged maximum available range of our module from 10m to 100m. This module satisfies bluetooth specification 1.0.

I. 서론

블루투스(Bluetooth)는 가정이나 사무실 내에 있는 컴퓨터, 프린터, 휴대폰, PDA 등 정보통신 기기는 물론 각종 디지털 가전제품을 물리적인 케이블접속 없이 무선으로 연결해 주는 근거리 무선네트워킹 기술규격이다. 블루투스는 에릭슨, IBM, 인텔, 노키아, 도시바 등 5개사가 1998년에 결성한 블루투스SIG(Special Interest Group)에 의해 처음 제안되었으며, 현재 약 2000개 기업이

회원사로 가입되어 있다. 2.4 GHz의 ISM (Industrial Scientific Medical) 대역의 RF 주파수를 사용함으로써 장애물이 있을 경우에도 무선데이터 통신이 가능하며 가능한 최대 전송속도는 1Mbps이다.

본 논문에서는 블루투스 표준을 만족하는 RF 모듈을 개발하여 기존의 10m 인 동작 영역을 100m 급으로 확장하여 응용의 폭을 넓혔다. 이 과정에서 GaAs power amp와 LNA를 설계, 제작하였으며 Tx와 Rx의 구분은 MMIC RF 스위치를 이용하였다.

II. Bluetooth 모듈의 구조

Bluetooth 모듈은 크게 baseband와 RF로 나눌 수 있다. 본 논문에서는 영국 CSR(cambridge silicon radio)사의 baseband IC를 사용하였으며 RF 부분은 직접 설계 제작하였다.

Baseband IC에서 180°의 위상차를 가지고 push-pull 방식으로 출력된 송신 신호는 stripline을 사용한 balun을 통과하며 하나의 신호로 합성된다. 합성된 신호는 전력증폭기를 거쳐 증폭된 후 송·수신 신호를 분리하기 위한 RF 스위치로 인가된다. 스위치를 통과한 신호는 안테나 필터

를 거쳐 최종적으로 안테나를 통해 방사된다.

안테나를 통하여 수신된 수신 신호는 안테나 필터와 RF 스위치를 거쳐 저잡음 증폭기(LNA)에 인가된다. LNA에서 잡음 특성이 억제된 수신신호는 다시 baseband IC로 인가되어 복조된다. Bluetooth 모듈의 블록도는 그림 1과 같다.

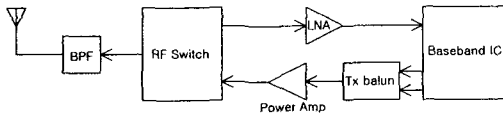


그림 1. 블루투스 RF 모듈 block diagram

III. Bluetooth 모듈의 설계

본 논문에서 설계, 제작한 bluetooth 모듈의 설계 규격은 다음과 같다.

표 1 Bluetooth 모듈의 설계규격

항 목	규 격
Frequency range	2.4 ~ 2.4835 GHz
Channel spacing	1MHz
Maximum power	20 dBm
Modulation method	GFSK
Spurious emission	-20 dBc @550 kHz
Receiver sensitivity	-70 dBm
Maximum BER	0.1 %

설계에 사용된 CSR 社의 baseband IC는 radio 부와 digital 부가 하나의 칩에 집적되어 모듈을 소형화 할 수 있으며 생산단가도 상대적으로 매우 낮은 장점이 있다. 전력 소모를 줄이기 위하여 2.7V ~ 3.3V의 낮은 전압으로 구동되며 81볼 BGA 패키지로 구성되어 있다. 외부 인터페이스로는 4M baud의 동기 직렬 인터페이스, 1.5M programmable baud rate UART, USB, 13-bit PCM의 동기 양방향 직렬 오디오등이 있다.

Baseband IC에서 출력된 push-pull 신호는 180°의 위상차를 가지고 있기 때문에 특별히 설계된 balun을 통하여 합성하여야 한다. 소형화

를 위하여 모든 RF 회로는 6층 PCB 기판 내에 스트립 선로 형식으로 꾸며져 있다. 사용된 simulation 툴로는 Agilent 社의 ADS 1.3을 사용하였으며 balun의 simulation schematic과 simulation 결과는 그림 2와 그림3과 같다.

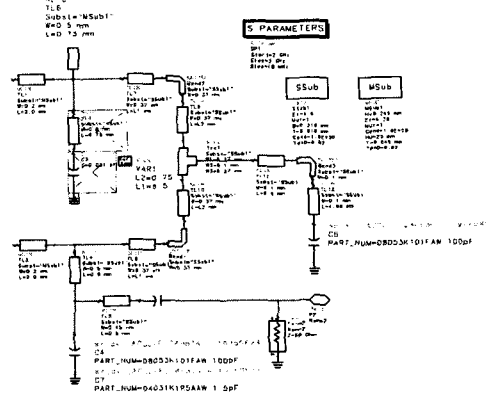


그림 2 TX balun simulation schematic

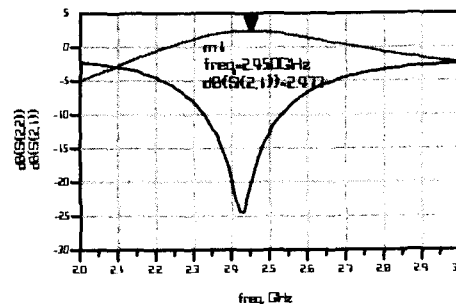


그림 3 TX balun simulation result

TX balun을 통과한 신호는 GaAs TEK 社의 ITT2305AK RF power amplifier에 인가된다. 이 전력 증폭기는 bluetooth 용으로 설계된 100mW급 전력 증폭기로서 20dB의 이득을 나타내며 6 pin SOT 패키지로 매우 소형화되어 있다. 전력증폭기를 통과한 송신 신호는 송, 수신 신호를 분리하기 위한 RF 스위치로 인가된다. 이 RF 스위치는 NEC社의 UPG152TA로서 baseband IC에 의해 송, 수신 신호를 스위칭 한다. RF 스위치를 통과한 신호는 송, 수신시에

발생한 불요파를 차단하기 위한 안테나 필터에 인가된다. 대역통과특성을 가지고 있는 이 필터는 balun과 마찬가지로 스트립라인으로 설계하여 PCB에 내장하였다. 역시 ADS를 사용하여 simulation 하였으며 schematic과 결과는 그림 4와 그림 5와 같다.

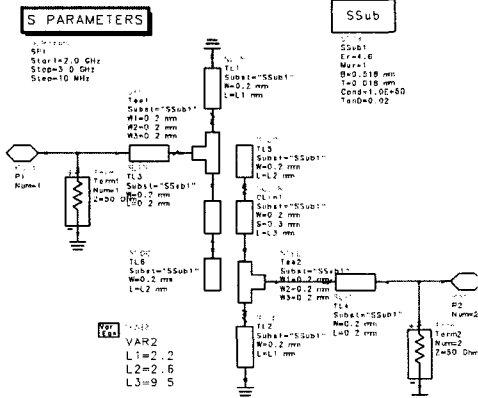


그림 4 안테나 필터의 schematic

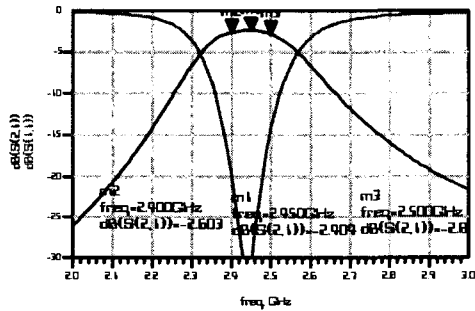


그림 5 안테나 필터 simulation 결과

수신 신호는 송신 신호와 반대로 안테나 필터와 RF 스위치를 거쳐 LNA에 입력된다. 이 LNA는 MAXIM社의 MAX2641을 사용하였다. 이 LNA는 2.4 GHz 대역에서 13.5 dB의 이득과 1.5 dB의 잡음특성을 나타낸다. 수신부는 RF 스위치까지를 전체적으로 simulation 하였다. schematic과 결과는 그림 6, 그림 7과 같다.

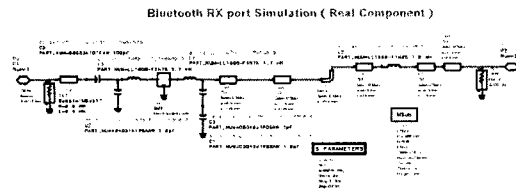


그림 6 수신부 simulation schematic

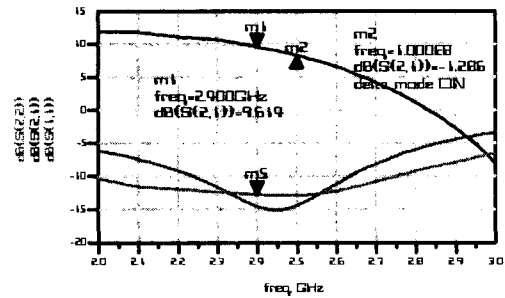


그림 7 수신부 simulation 결과

IV. Bluetooth 모듈의 제작 및 측정

설계된 bluetooth 모듈은 응용 기기에 쉽게 장착하게 하기 위하여 소형화를 중점으로 제작하였다. 따라서 상대적으로 크기가 큰 TX balun 및 안테나 필터는 PCB의 내층에 삽입하였으며 모듈의 표면에는 baseband IC와 전력증폭기 및 LNA 등 RF MMIC와 기준 신호를 생성하기 위한 발진기, 펌웨어 프로그램을 위한 플래시메모리만이 존재하여 최소한의 면적을 차지할 수 있도록 구성하였다. 제작된 PCB는 크게 두 부분으로 나뉘어 디지털 부와 RF 부로 나누어지며 RF부에는 접지면을 넓게 확보하여 시스템의 안정성을 향상시켰다. 특히 안테나 필터와 TX balun 회로는 제작이나 조정이 어렵지만 외부 신호를 효율적으로 차단하고 방사 전력이 적은 스트립 선로를 사용하여 제작하였다. 제작된 bluetooth 모듈은 그림 8과 같다.

V. 결론

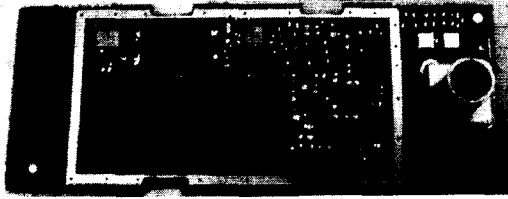


그림 8 제작된 bluetooth 모듈

Bluetooth 모듈은 주파수 도약 방식을 사용하기 때문에 사용 대역에서 균일한 품질의 신호를 나타내는 것이 중요하다. 따라서 사용하는 주파수 대역에서의 전체적인 RF 파형을 측정하여 발생하는 고조파 성분과 잡음 성분을 확인하였다.

측정결과 사용 주파수 대역에서 일정한 RF 출력 신호를 송신하는 것을 확인할 수 있었으며 대역의 잡음이 발생하나 미약한 수준으로 억압되어 있어 성능에 큰 영향을 주지 않는 것으로 확인되었다. Bluetooth 모듈의 출력 파형은 그림 9, 그림 10과 같다.

새로운 근거리 무선 네트워킹 규격인 bluetooth는 현재 각종 응용 제품이 개발중에 있으며 정보 기기부터 가전, 이동통신에 이르기까지 광범위하게 사용될 것으로 추정된다. 본 논문에서 설계, 제작한 bluetooth 모듈은 디지털부터 RF 까지를 단일 모듈화 하여 응용제품과의 인터페이스만 이루어진다면 쉽게 bluetooth를 구현할 수 있게 하였다. 소형화와 저 전력화를 중점적으로 설계하여 휴대용 기기에도 사용이 용이하게 하였으며 측정결과 표준 bluetooth 규격을 만족하는 성능을 보였다. 향후 보완할 점은 현재 별도로 부착하게 되어있는 안테나를 PCB 내부에 내장함으로서 생산 원가를 낮추고 모듈의 크기를 줄여야 할 것이다.

참고문헌

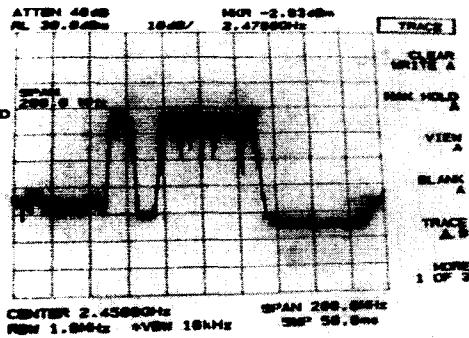


그림 9 Bluetooth 모듈 TX 출력파형

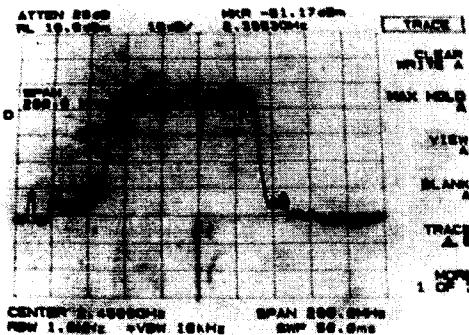


그림 10 Bluetooth 모듈 RX 출력파형

- [1] Rajesh Mongia, Inder Bahl, Prakash Bhartia, RF and Microwave Coupled-Line Circuits, Artech House, 1999
- [2] Rainhold Ludwig, Pavel Bretchko, RF Circuit Design, Prentice Hall, 2000
- [3] Cambridge Silicon Radio, CSR BlueCore01 Documents, Cambridge Silicon Radio, 2000
- [4] Rodrigo Neves Martins, Humberto Abdalla Jr., "Techniques Yield Tiny Hairpin-Line Resonator Filters", Microwaves & RF, Nov 1999
- [5] David M. Pozar, Microwave Engineering, John Wiley & Sons, 1998