

ZigBee RF 송수신기의 시스템 레벨 설계

황용석*, 유형준*

* 한국정보통신대학교, 시스템집적기술연구소
hys1025@icu.ac.kr, hjyoo@icu.ac.kr

The system level design of ZigBee RF transceiver

Yong-Seok Hwang*, Hyung-Joun Yoo*

* System Integration Technology Institute, Information and Communications University

Abstract

802.15.4(ZigBee)는 WPAN 의 하나로 home-networking 과 industrial automation 을 위해서 2003 년에 발표된 표준이다. ZigBee 의 특징은 저전력, 낮은 데이터 전송속도, 낮은 구현 비용을 가져야한다는 것이다. 현재까지 구현된 ZigBee 송수신기를 살펴보면, 저전력과 저비용의 특징에도 불구하고 DC-offset 문제를 피하기 위해 대부분 direct conversion 방식이 아닌 low-IF 방식을 이용하여 구현하고 있다. 본 논문에서는 low-IF 방식보다 시스템 구조가 단순하여 ZigBee 와 같은 저전력, 저비용의 특징에 유리한 direct conversion 방식의 ZigBee 송수신기를 시스템 레벨과 블록 레벨까지 설계하였다. 그리고 ADS 시뮬레이션을 통해 설계된 ZigBee 송수신기를 검증하였다.

I. Introduction

현재 많은 연구가 이루어지고 있는 무선 통신 표준으로는 WPAN 이 있다. WPAN 은 10m 이내의 짧은 거리에 존재하는 컴퓨터와 주변기기, 휴대폰, 가전제품 등을 무선으로 연결하여 이들 기기간의 통신을 지원하는 표준이다. WPAN (Wireless Personal Area Network) 종류에는 802.15.1 (Bluetooth) 와 802.15.3a (UWB), 그리고 802.15.4 (ZigBee)가 있다. 그 중에서 802.15.4 (ZigBee)는 주로 대용량 고속 전송 보다는 home-network, industrial automation 등 낮은 데이터 전송 속도가 필요한 곳에 사용하는 저전력, 저비용의 시스템을 구현하기 위한 표준이다.

이전에 구현된 ZigBee 시스템은 주로 low-IF 방식을 사용하여 구현하고 있다[1]. 특히 모듈이나 chipcon 사의 경우에는 상용화된 ZigBee chipset 을 개발하였고, 이 상용화된 chipset 역시 low-IF 방식으로 RF 송수신기를 구성하고 있다. Low-IF 방식은 거의 direct-conversion 방식과 유사한 집적도로 chip 을 구현할 수 있으며, DC-offset 문제가 없다는 장점이 있다. 하지만 direct conversion 수신기에 비해 추가적으로 demodulator와 image 제거를 위한 블록이 필요하며 [1, 2], 따라서 direct conversion 수신기에 비해 시스템이 더 복잡하게 구현된다.

이런 low-IF 구조의 단점에 비해 direct-conversion 방식은 시스템 구조가 단순하고 image 문제가 없다는 장점이 있다. 그러므로 저전력, 저비용으로 시스템을 구현할 수 있다. 하지만 direct-conversion 방식의 경우 low-IF 방식에서는 발생하지 않는 DC-offset 문제가 발생하게 된다. 그러나 QPSK 신호의 경우 DC-offset 을 측정하여 DC-offset 을 상쇄시킬 수 있다. 이것은 ZigBee RF system 에도 적용이 가능하다. ZigBee 의 경우에는 OQPSK 신호를 사용하며, OQPSK 신호는 충분한 긴 시간 동안 측정할 평균값은 0 이 된다. 그러므로 충분한 시간에서 측정할 평균값이 0 이 나오지 않는다면 이 값이 DC-offset 값이 된다. 따라서, base-band 에서 DC-offset 값을 측정하여 이 값을 상쇄해 주면 DC-offset 을 줄일 수 있다[3]. 그러므로 DC-offset 은 큰 문제가 되지 않는다.

ZigBee 는 868/915MHz 대역과 2.4 GHz 대역의 2 가지 대

역에서 사용이 되지만, 본 논문에서는 2.4GHz 대역에서 사용될 ZigBee RF transceiver 를 설계하였다. 우선 ZigBee 표준을 분석하고, 이에 적합한 RF 시스템 specification 을 구한 후에 이를 블록 레벨로 설계하였다.

II. 수신기 설계

ZigBee 표준에 따른 수신기 특징은 아래의 표 1 에 나와 있다[5].

표 1. ZigBee 수신기 특징

operating 주파수	2.4~2.4835 GHz	
채널의 개수	16 개	
채널간 거리	5 MHz	
채널 bandwidth	2 MHz	
SNR requirement	5~6 dB	
Sensitivity	-85 dBm	
최대 입력 파워	-20 dBm	
Receiver jamming resistance	Adjacent 채널	0 dB
	Alternate 채널	30 dB
PER	1% 이하	

표 1 에 나와있는 ZigBee 시스템의 특징을 이용하여 수신기의 중요한 시스템 specification 인 NF, Selectivity 를 계산하면 아래와 같다.

A. NF

수신기의 NF 를 구하기 위해서 식(1)을 사용하여 계산하였다[5].

$$MDS = -174 \text{ dBm/Hz} + 10 \log BW + NF + SNR_{req} \quad (1)$$

MDS : minimum detectable signal

여기서 $BW=2 \text{ MHz}$, $SNR_{req}=6 \text{ dB}$, $MDS=-85 \text{ dBm}$ 이므로,