무선 LAN RF 송수신 시스템 분석 및 설계에 관한 연구

A Study on the Analysis and Design of Wireless LAN RF Transceiver System

윤 여 송, 김 학 선

Yeo Song Yun and Hak Sun Kim

요 약

본 논문에서는 IEEE Std 802.11b와 IEEE Std 802.11a의 규격집으로부터 RF 송수신 시스템의 설계를 위한 최소성능 요구 조건의 파라메터들을 제시하였으며, 이 파라메터들로부터 RF 송수신 시스템의 설계 과정에서 요구되어지는 최소성능 요구조건을 산출하였다. 그 산출된 값으로부터 RF 송수신 시스템을 구성하기 위한 최적의 조건을 갖는 부품을 선정하여 Agilent ADS로 시뮬레이션을 했다. 이러한 분석결과와 시뮬레이션 결과는 실제 무선 LAN 설계시 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

ABSTRACT

This paper suggests the parameters of the requirement conditions of minimum performance for a RF transceiver system design from the specifications of IEEE Std 802.11b and IEEE Std 802.11a. It has yielded the requirement conditions of minimum performance in the design process due to these parameters. A RF transceiver system is simulated by using Agilent ADS(Advanced Design System) after selecting the components of optimal conditions to fabricate the RF transceiver system. The results of both the analysis and the simulation will be used for a real wireless LAN design.

Key words : RF transceiver system, wirelss LAN, IEEE 802.11b

I. 서 론

최근 멀티미디어 시대의 개막으로 통신망의 대역폭에 대한 수요가 급격하게 증가하고 휴대용 컴퓨터의 보급이 확산됨에 따라 이들을 장소에 상관없이 컴퓨터 망에 연결시키는 수단으로 무선 LAN의 필요성이 증대되고 있다. 무선 LAN은 무선전송기술을 사용하여 기존의 유선 LAN의 미비점을 보완하고, 유선 LAN의 설치가 어려운 환경까지 무선채널을 통해 LAN을 확장시킬 수 있는 이동성, 휴대성 및 간편성 등의 이점으로 응용분야가 확산되고 있다. 본 논문에서 II장은 IEEE Std 802.11b 규격집(Specifications)에 나온 송수신기 최소성능 요구조건들을 살펴보고, III장은 IEEE Std 802.11b 규격집에 나온 표준으로부터 송수신기 최소성능 요구조건을 산출하는 과정을 살펴볼 것이다. IV장은 IEEE Std 802.11a의 규격집에 나온 송수신기 최소성능 요구조건들을 살펴보고, V장은 IEEE Std 802.11a의 규격집에 나온 표준으로부터 송수신기 최소성능 요구조건을 산출하는 과정을 살펴 볼 것이다. VI장은 앞장에서 분석한 무선 LAN RF 송수신 시스템을 만들기 위해 필요한 파라메터들을 바탕으로 부품을 선정하고, 그 부품 값을 이용해 Agilent ADS로 시

한밭대학교 정보통신전문대학원(Dept. of Information & Communication Eng., Hanbat National University)
·제 1 저자 : 윤여송
·접수일자 : 2002년 11월 16일

뮬레이션한 결과를 보여주고, Ⅶ장에서는 결론과 향후 연구 목표를 제시하였다.

Ⅱ. IEEE Std 802.11b 송수신기 최소성능 요구 조건[1],[2]

2-1 수신단 최소성능 요구 조건

규격집(Specifications)에서 제시한 최소 입력레벨 수신감도(Sensitivity) 조건을 살펴보면 11 Mbit/s CCK 변조방식에서는 1024 octets의 PSDU(PLCP Service Data Units) 길이에서 프레임 에러율(FER : Frame Error Rate)는 8×10^{-2}보다 적어야 하며, 입력레벨은 −76 dBm보다 작거나 같아야 한다. 2 Mbit/s DQPSK 변조방식에서는 1024 octets의 PSDU 길이에서 프레임 에러율(FER)는 8×10^{-2}보다 적어야 하며, 입력레벨은 −80 dBm보다 작거나 같아야 한다.

규격집에서 제시한 최대 입력레벨 수신감도(Sensitivity) 조건을 살펴보면 11 Mbit/s CCK 변조 방식에서는 1024 octets의 PSDU 길이에서 프레임 에러율(FER)는 8×10^{-2}보다 적어야 하며, 최대 입력레벨은 −10 dBm이다. 2 Mbit/s DQPSK 변조방식에서는 1024 octets의 PSDU 길이에서 프레임 에러율(FER)는 8×10^{-2}보다 적어야 하며, 최대 입력 레벨은 −4 dBm이다.

2-2 송신단 최소성능 요구 조건

규격집(Specifications)에서 제시한 송신단 요구

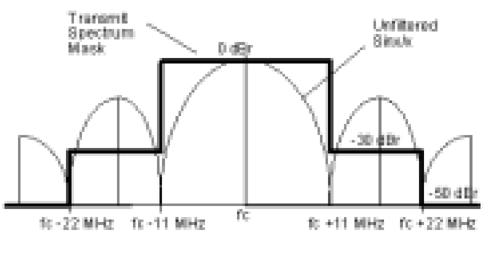


그림 1. 송신 스펙트럼 마스크
Fig. 1. Transmit spectrum mask.

조건을 살펴보면 전송되는 신호를 스펙트럼 아날라이저로 측정시 분해능 대역폭(Resolution Bandwidth)와 영상 대역폭(Video Bandwidth)를 100 kHz로 놓고 측정시 그림 1의 송신 스펙트럼 마스크를 만족해야 한다.

Ⅲ. IEEE Std 802.11b 송수신기 최소성능 요구 조건 분석

3-1 수신단 최소성능 요구 조건 분석

규격집에서 제시한 데이터 속도와 변조방식에 따른 수신감도(Sensitivity)와 프레임 에러율(FER) 조건으로부터 RF 수신단 시스템을 구현하는데 필요한 파라미터인 최대 잡음지수(NF_{max})를 구할 수 있다. 여기서 최대 잡음지수(NF_{max})는 RF 수신단의 최소 수신 전력(MDS:Minimum Detectable Signal)에 대하여 RF 수신단 시스템의 잡음지수가 최대 얼마일 때까지, 규격집에 제시된 프레임 에러율(FER)조건이 훼손되지 않는지를 의미한다.

최대 잡음지수(NF_{max})를 구하는 과정은 다음과 같다. RF 수신단에 최소 수신전력(MDS)이 수신되었을 때 RF 수신단 시스템의 입력 신호 대 잡음비(SNR_{in})을 구하고, 배이스밴드(Baseband)에서 요구하는 프레임 에러율(FER)조건으로부터 비트 에러율(BER:Bit Error Rate)을 구하고 비트에러율(BER)과 E_b/N_o 관계의 그래프에서 변조방식에 따른 E_b/N_o를 구하고, 확산이득(PG : Processing Gain)을 구해서, RF 수신단 시스템의 출력 신호 대 잡음비(SNR_{out})를 구한다. 이렇게 구한 입력 신호 대 잡음비(SNR_{in})와 출력 신호 대 잡음비(SNR_{out})로 무선 LAN RF 수신단 시스템을 설계할 때 필요로 하는 최대 잡음지수(NF_{max})를 구할 수 있다.

입력 신호전력(Input Signal)은 11 Mbit/s의 CCK 변조에서는 −76 dBm이고, 2 Mbit/s의 DQPSK 변조에서는 −80 dBm이 된다. 입력 잡음전력(Input Noise)은 자기 채널에 들어오는 잡음의 양이라 할 수 있으며, 식 (1)과 같이 표현된다.

$$N = kTB \text{ [dBm]} \tag{1}$$

$= 10\ \log(kT) + 10\ \log(B)$
$= -174 + 67 = -107$ dBm

여기서,
k = 볼츠만 상수 : 1.38×10^{-23} J/k
T = 절대온도 : 290K
B = 채널 대역폭 [Hz]

RF 수신단 시스템의 입력 신호 대 잡음비(SNR_{in})는 식 (2)와 같이 표현된다.

$$SNR_{in}[dB] = \text{Input Signal}[dBm] - \text{Input Noise}[dBm] \quad (2)$$

데이터 속도와 변조방식에 따른 입력 신호전력과 입력 잡음전력으로 RF 수신단 시스템의 입력 신호 대 잡음비의 관계를 정리하면 표 1과 같이 된다.

PSDU 길이가 1024 octets에서 프레임 에러율(FER)는 8×10^{-2}보다 적어야 한다는 조건 아래 비트 에러율(BER)은 $1/8912\times0.08 = 1\times10^{-5}$임을 구했다. 인터실 베이스밴드 칩 HFA3861B을 사용시 비트 에러율(BER)과 E_b/N_o의 관계 그림 2를 보고 CCK 변조 11 Mbit/s에서는 E_b/N_o값이 12 dB임을 구했고, 5.5 Mbit/s에서는 11.25 dB임을 구했다. 그림 3를 보고 2 Mbit/s의 DQPSK 변조에서는 E_b/N_o 값이 12 dB, 1Mbit/s의 DBPSK 변조에서는 E_b/N_o 값이 11.5 dB임을 구했다. 그리고 인터실 베이스밴드 칩을 사용하지 않고 이론상 구하면 11 Mbit/s에서는 8 dB, 5.5 Mbit/s에서는 7.75 dB, 2 Mbit/s에서는 10.25 dB임을 구했다[4].

확산이득(PG)은 원신호를 주파수 대역에서 얼마나 넓게 확산시키느냐 하는 정도를 나타내고, 그 확산된 신호를 수신측에서 다시 원신호를 역 확산하는 정도를 나타내는 것을 의미한다. IEEE Std 802.11b

표 1. CCK와 DQPSK 변조의 입력 신호 대 잡음비
Table 1. SNR_{in} of the CCK and DQPSK modulation.

Modulation	Input Signal [dBm]	Input Noise [dBm]	SNR_{in} [dB]
CCK	−76	−107	31
DQPSK	−80	−107	27

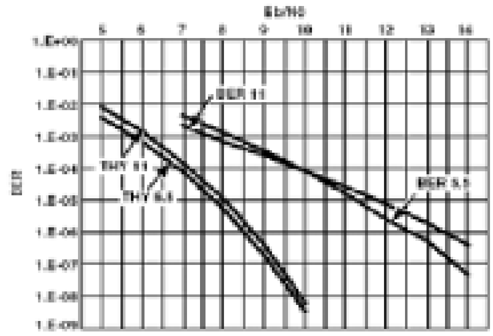


그림 2. CCK 변조에서의 비트 에러율 대 E_b/N_o
Fig. 2. BER vs. E_b/N_o performance for CCK modulation.

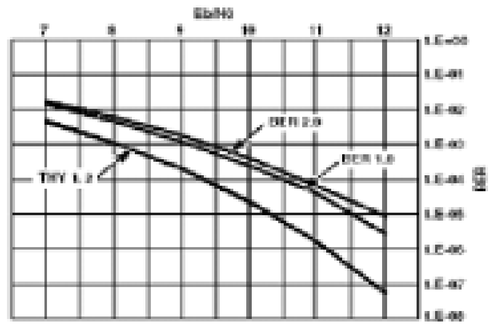


그림 3. PSK 변조에서의 비트 에러율 대 E_b/N_o
Fig. 3. BER vs. E_b/N_o performance for PSK modulation.

는 직접확산방식(DSSS:Direct Sequence Spread Spectrum)을 채용하고 있다. 이 방식은 우수한 잡음 방지 성능을 가지고 있으며, 데이터를 중간에서 가로채기가 어려워 보안성이 우수하다는 등의 장점이 있다. 본 논문에서 확산이득은 다음 식 (3)과 같이 표현된다.

$$PG = 10\ \log(\text{Chip Rate}/\text{Data Rate})\ [dB] \quad (3)$$

IEEE Std 802.11b는 11 칩 바커 코드(11-chip Barker code)를 사용하므로 칩 속도(Chip Rate)는 11 Mcps이다. 식 (3)를 이용하여 확산이득을 계산해 보면, 11 Mbps의 CCK 변조방식에서는 확산 이득(PG)이 0 dB이고, 5.5 Mbps의 CCK 변조방식에서는 3 dB, 2 Mbps의 DQPSK 변조방식에서는 7.4

dB 임을 구했다. 이렇게 구한 E_b/N_o와 확산이득(PG)으로 무선 LAN RF 수신단 시스템을 설계할 때 필요로하는 최대 잡음지수(NF_{max})를 구하기 위하여 마지막으로 필요한 RF 수신단 시스템의 출력 신호 대 잡음비(SNR_{out})를 구할 수 있다. RF 수신단 시스템의 출력 신호 대 잡음비(SNR_{out})은 식 (4)와 같이 표현된다.

$$SNR_{out}[dB] = E_b/N_o[dB] - PG[dB] \tag{4}$$

각 데이터 속도(Date Rate)에 따른 출력 신호 대 잡음비(SNR_{out})을 식 (4)를 이용하여 계산해 보면 표 2와 같이 정리할 수 있다.

표 2. 데이터 속도에 대한 출력 신호 대 잡음비
Table 2. SNR_{out} about the data rate.

Mbit/s	E_b/N_o[dB]	PG[dB]	SNR_{out}[dB]
11	12	0	12
5.5	11.25	3	8.25
2	12	7.4	4.6

표 2는 인터실 배이스밴드 칩 HFA3861B를 사용하였을 때 출력 신호 대 잡음비(SNR_{out})를 나타내고 있다. 만약에 인터실 배이스밴드 칩 HFA3861B를 사용하지 않았을 때 출력 신호 대 잡음비(SNR_{out})는 11 Mbit/s에서는 8 dB, 5.5 Mbit/s에서는 4.75 dB, 2 Mbit/s에서는 2.85 dB임을 구했다.

위에서 구한 값들을 이용하여 무선 LAN RF 수신단 시스템을 설계할 때 필요로 하는 최대 잡음지수(NF_{max})를 구하기 위한 식은 다음과 같이 표현된다.

$$NF_{max}[dB] = SNR_{in}[dB] - SNR_{out}[dB] \tag{5}$$

표 3. 데이터 속도에 관한 최대 잡음지수
Table 3. NF_{max} about the data rate.

Mbit/s	SNR_{in}[dB]	SNR_{out}[dB]	NF_{max}[dB]
11	31	12	19
5.5	31	8.25	22.75
2	27	4.6	22.4

최대 잡음지수(NF_{max})를 데이터 속도에 따라 계산을 해보면 표 3과 같은 결과를 얻을 수 있다.

그러므로 인터실 배이스밴드 칩 HFA3861B을 사용시 IEEE 802.11b RF 수신단 시스템을 설계할 때 최대 잡음지수(NF_{max})는 19 dB 이하로 설계해야 하고, 이론상 구한 최대 잡음지수(NF_{max})는 23 dB이다.

3-2 송신단 최소성능 요구 조건 분석

전송 스펙트럼 마스크를 통하여 송신기의 선형성을 보장할 수 있으며, 송신기의 출력단에 제 3 고조파 차단점을 계산하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} IP_3 &= -5\log\left[\frac{P_{IM3}(f_1, f_2)B^3}{P_O{}^3\left[\left(3B-|f_1-f_O|^3\right)-\left(3B-|f_2-f_O|^3\right)\right]}\right]-4.52[dBW] \\ &= -5\log\left[\frac{(10\times10^{-\frac{30}{10}})\times1.56\times10^{19}}{10^3\left[\left(3\times\frac{5MHz}{2}-|11MHz|^3\right)-\left(3\times\frac{5MHz}{2}-|11.03MHz|^3\right)\right]}\right]-4.52[dBW] \\ &= 19dBW = 49dBm \end{aligned} \tag{6}$$

IV. IEEE Std 802.11a 송수신기 최소성능 요구 조건 [3]

4-1 수신단 최소성능 요구 조건

1000 bytes의 PSDU 길이에서 패킷 에러율(PER:

표 4. 데이터 속도 대 수신감도
Table 4. Data rate vs. Sensitivity.

Modulation	Data Rate (Mbit/s)	Minimum Sensitivity[dBm]
BPSK	6	−82
	9	−81
QPSK	12	−79
	18	−77
16-QAM	24	−74
	36	−70
64-QAM	48	−66
	54	−65

Packet Error Rate)는 10% 보다 적어야 한다. 최대 잡음지수(NF_{max})는 10 dB이고, 제작시 추가분 5 dB 임을 가정한다. 데이터 속도(Data Rate)에 대한 수신감도는 표 4와 같이 요구된다.

4-2 송신단 최소성능 요구 조건

송신하는 신호를 스펙트럼 아날라이져로 측정시 분해능 대역폭(RBW)은 100 kHz, 영상 대역폭(VBW)는 30 kHz로 놓고 측정시 그림 4의 송신 스펙트럼 마스크를 만족해야 한다.

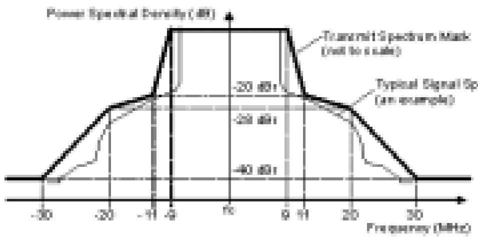


그림 4. 송신 스펙트럼 마스크

Fig. 4. Transmit spectrum mask.

Ⅴ. IEEE Std 802.11a 송수신기 최소성능 요구 분석

5-1 수신단 최소성능 요구 조건 분석

규격집에서 제시한 데이터 속도에 따른 수신감도와 패킷 에러율(PER) 조건으로부터 위에서 분석했던 방법으로 RF 수신단 시스템을 구현하는데 필요한 파라미터인 최대 잡음지수(NF_{max})를 구할 수 있다. 입력 신호전력은 수신감도(Sensitivity)로 규격집에 주어졌고, 입력 잡음전력은 식 (7)과 같이 표현된다.

$$N = kTB \text{ [dBm]} = 10\log(kT) + 10\log(B) = -174 + 73 = -101 \text{ dBm} \quad (7)$$

여기서,

k = 볼츠만 상수 : 1.38×10^{-23} J/k

T = 절대온도 : 290K

B = 채널 대역폭 [Hz]

RF 수신단 시스템의 입력 신호 대 잡음비(SNR_{in})는 식 (8)과 같이 표현된다.

$$SNR_{in}\text{[dB]} = \text{Input Signal[dBm]} - \text{Input Noise [dBm]} \quad (8)$$

데이터 속도와 변조방식에 따른 입력 신호전력(Input Signal)과 입력 잡음전력(Input Noise) 성분으로 RF 수신단 시스템의 입력 신호 대 잡음비(SNR_{in})의 관계를 정리하면 표 5와 같이 된다.

표 5. 변조방식에 대한 입력 신호 대 잡음비

Table 5. SNR_{in} about the modulation.

Modulation	Data Rate (Mbit/s)	Input Signal [dBm]	Input Noise [dBm]	SNRin [dB]
BPSK	6	-82	-101	19
	9	-81	-101	20
QPSK	12	-79	-101	22
	18	-77	-101	24
16-QAM	24	-74	-101	27
	36	-70	-101	31
64-QAM	48	-66	-101	35
	54	-65	-101	36

1000 bytes에 PSDU 길이에서 패킷 에러율(PER)는 10%보다 적어야 한다는 조건 아래 비트 에러율(BER)은 $1/(8\times1000)\times0.1=1\times10^{-5}$ 임을 구했다. [6] 그림 5을 보고 변조방식에 따라 E_b/N_o를 구하면 BPSK/QPSK 변조방식을 사용시는 9.5 dB, 16-QAM 변조방식을 사용시는 13.5 dB, 64-QAM 변조방식을 사용시는 18 dB임을 구했다.

IEEE Std 802.11a는 IEEE Std 802.11b처럼 직접 확산방식(DSSS)을 사용하여 신호를 보낼 때 확산시켜서 보내지 않고, 직교 주파수분할 다중화방식(OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing)을 사용하기 때문에 확산이득을 고려해 줄 필요가 없다. 그러므로, E_b/N_o와 출력 신호 대 잡음비

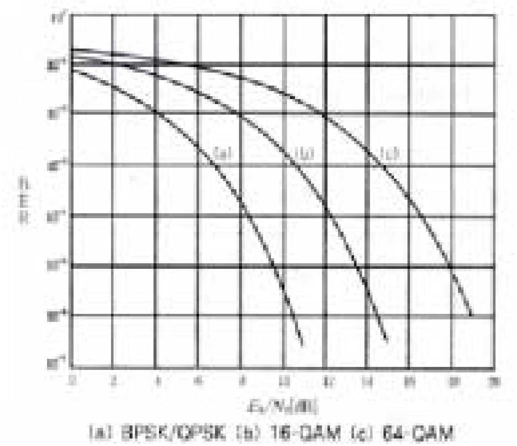


그림 5. 비트 에러율 대 E_b/N_o
Fig. 5. BER vs. E_b/N_o.

표 6. 변조 방식에 관한 최대 잡음지수
Table 6. NF_{max} about the modulation.

Modulation	Data Rate [Mbit/s]	SNR_{in} [dB]	SNR_{out} [dB]	NF_{max} [dB]
BPSK	6	19	9.5	9.5
	9	20	9.5	10.5
QPSK	12	22	9.5	12.5
	18	24	9.5	14.5
16-QAM	24	27	13.5	13.5
	36	31	13.5	17.5
64-QAM	48	35	18	17
	54	36	18	18

(SNR_{out})는 같다.

위에서 구한 값들을 이용하여 무선 LAN RF 수신단 시스템을 설계할 때 필요로 하는 최대 잡음지수(NF_{max})를 구하기 위하여 식 (5)을 이용하여 구하면 표 6과 같은 결과를 얻을 수 있다. 그러므로, IEEE Std 802.11a 수신단 시스템을 설계시는 최대 잡음지수(NF_{max})는 9.5 dB 이하로 설계해야 한다.

5-2 송신단 최소성능 요구 조건 분석

송신 스펙트럼 마스크를 통하여 송신기의 선형성을 보장할 수 있으며, 송신기의 출력단에 제 3 고조파 차단점을 계산하면 다음과 같다.

$$IP_3 = -5\log\left[\frac{P_{IM3}(f_1, f_2)B^3}{P_O^{\,3}\left[\left(3B - |f_1 - f_O|^3\right) - \left(3B - |f_2 - f_O|^3\right)\right]}\right] - 4.52[dBW]$$

$$= -5\log\left[\frac{(10\times 10^{-\frac{20}{10}})\times 1\times 10^{21}}{10^3\left[\left(3\times\frac{20MHz}{2} - |11MHz|^3\right) - \left(3\times\frac{20MHz}{2} - |11.03MHz|^3\right)\right]}\right] - 4.52[dBW] \quad (9)$$

$$= 8\text{dBW} = 38\text{dBm}$$

VI. 시뮬레이션

6-1 IEEE Std 802.11b 수신단

RF 수신기 설계는 헤테로다인 수신기(Heterodyne Receiver)방식과 호모다인 수신기(Homodyne Receiver)방식의 두 구조로 구현이 가능하고, 각 구조에 따라서 부품을 다양하게 선정하여 설계될 수 있다. 부품의 선정에 앞서 수신단의 구조를 결정하는 작업이 선행되어야 한다. 본 논문에서는 이미 검증된 전형적인 헤테로다인 수신기 구조인 그림 6과 같은 구조로 설계를 진행하였다.

IEEE Std 802.11b의 규격에 정의된 시간분할 양방향 통신방식(TDD)에 맞추어 듀플렉서 다음 단에 RF 스위치를 연결하고, 이미지 대역의 잡음성분과 Half-IF 문제[8]를 회피하기 위하여 중간주파수를 280 MHz로 정하여 설계를 했다. 중간주파수가 너무 커지게 되면 채널 선택 필터가 높은 Q의 값을 요구하게 되어, 높은 차수의 필터 제작으로 인한 손실이 많이 발생하게 된다. 반대로 중간주파수가 너무 낮아지게 되면 국부발진주파수(LO)가 RF 주파수와 가까워지게 되어서, 이미지 제거 필터의 성능이 높게 요구되므로 중간주파수를 너무 낮추는 것도 바람직하지 않다. 그리고, 무선 LAN은 2 GHz 이상의 높은 주파수 영역을 쓰고 있다. 이러한 경우 국부발진주파수에 입력되는 주파수가 높아지면, 전압 제어

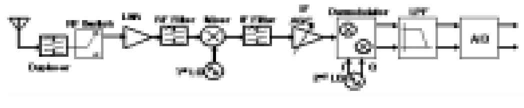


그림 6. 헤테로다인 수신기 구조
Fig. 6. Heterodyne receiver architecture.

발진기(VCO)의 LC 값이 커져야 하므로 손실이 많이 생기게 된다. 따라서 Low-Side Injection 방식이 High-Side Injection 방식보다 유리할 수 있다.

아래 표 7은 IEEE Std 802.11b의 수신단 최소성능 요구 조건을 분석한 자료를 근간으로 부품을 선정해 보았으며 그 부품의 규격을 나타낸다. 선정한 부품들을 이용하여 IEEE Std 802.11b의 수신단 설계시 최대 잡음지수(NF_{max})가 19 dB 이하로 설계될 수 있는지 ADS 시뮬레이션 툴을 이용하여 시뮬레이션을 해 보았다.

그림 7은 표 7에 주어진 소자들을 이용하여 ADS 시뮬레이션 툴로 IEEE Std 802.11b의 수신단 시스템 부분을 헤테로다인 구조로 시뮬레이션했을 때 각 단의 잡음지수를 나타내는 결과 값이다. 수신단 최소성능 요구 조건을 분석한 자료에 의하면, 최대 잡음지수(NF_{max})가 19 dB 이하로 설계하면 규격집에 만족하는 RF 수신단 시스템을 설계할 수 있는데, 그림 7의 결과를 보면 최대 잡음지수(NF_{max})가 5.862 dB임을 알 수 있다. 그러므로 표 7에 선정한 부품들로 RF 수신단 시스템을 설계시 규격집에 만족하게 설계할 수 있다는 것을 알 수 있다. 그리고, 그림 8은 RF 수신단 시스템의 각 단의 이득 시뮬레이션 결과이다. RF 수신단 시스템 부분에 잡음보다 미약한 신호가 들어오면 즉, −80 dBm의 신호가 들어올 때 배이스밴드에 충분한 Quality를 제공하기 위하여 RF 수신단 시스템 부분은 충분히 이득을 가지고 선형적인 증폭을 해줘야 한다. 그림 8의 시뮬레이션의 결과를 통하여 표 7의 소자들로 RF 수신단 시스템을 설계시 79.549 dB의 이득을 가지고 선형적인 증폭을 할 수 있다는 결과를 알 수 있다.

표 7. 헤테로다인 수신기 소자 규격

Table 7. Heterodyne receiver component specifications.

소 자	Part No.	Gain [dB]	NF [dB]
Duplexer	TDF2A-2450T-10	-2	2
RF Switch	RF2436	-1	1
LNA	MGA-71543	15.9	1.1
RF Filter	LFL21G45TC1A007	-0.5	0.5
Mixer	MAX2680	7	11.7
IF Filter	TQS-444-7R	-10	10
IF AGC	RF2607	48	5
Demodulator	RF2713	24	24
LPF	SCLF-10.7	-1	1

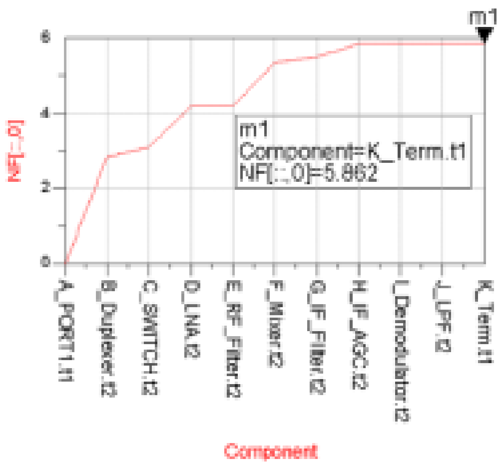
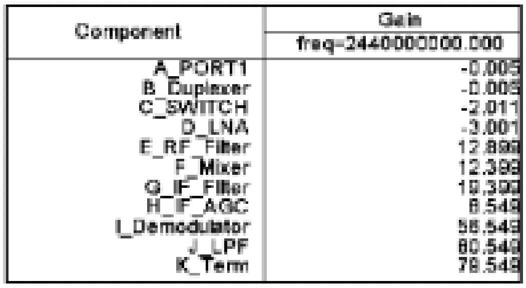


그림 7. 수신기 각 단에서의 잡음지수

Fig. 7. Receiver NF_{max} of each stage.



Component	Gain freq=2440000000.000
A_PORT1	-0.005
B_Duplexer	-0.005
C_SWITCH	-2.011
D_LNA	-3.001
E_RF_Filter	12.898
F_Mixer	12.399
G_IF_Filter	19.399
H_IF_AGC	8.549
I_Demodulator	56.549
J_LPF	80.549
K_Term	79.549

그림 8. 수신기 각 단에서의 이득

Fig. 8. Receiver Gain of each stage.

6-2 IEEE Std 802.11b 송신단

본 논문에서는 그림 9와 같이 송신단도 수신단과

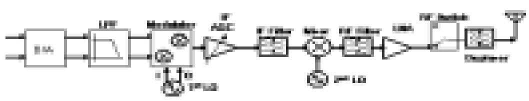


그림 9. 헤테로다인 송신기 구조

Fig. 9. Heterodyne transmitter architecture.

같은 헤테로다인 구조로 설계를 했다.

송신단은 수신단과는 달리 간섭신호나 잡음 등의 까다로운 조건들이 없기 때문에 전력 증폭기(PA)의 최대출력, 최소출력, 선형성, 그리고 송신 스펙트럼 마스크 등이 중요한 요소가 된다. 또한 시스템의 성능이 전력 증폭기에 크게 의존한다. 최대 출력전력과 최소 출력전력은 저잡음 증폭기(LNA), 자동이득조절기(AGC), 전력 증폭기 등에서 이득 제어를 통하여 가능하며, 본 논문에서 중점적으로 고려한 송신기 성능지수는 송신 스펙트럼 마스크이다.

아래 표 8는 IEEE Std 802.11b의 송신단 최소성능 요구 조건을 분석한 자료를 근간으로 부품을 선정해 보았으며 그 부품의 규격을 나타낸다. 선정한 부품을 이용하여 시뮬레이션 하였을 때 송신 스펙트럼 마스크가 규격집에 만족하는지를 시뮬레이션 해보았다. 그림 1의 송신 스펙트럼 마스크를 보면 중심주파수에서 ±11 MHz 옵셋(offset)만큼 떨어진 지점에서 중심주파수에서의 전력과 30 dB 이상 차이가 발생해야 한다고 규정되어 있다. 그림 10의 송신 스펙트럼 마스크 시뮬레이션 결과를 보면 중심주파수에서 −11 MHz 옵셋만큼 떨어진 지점에서 중심주파수에서의 전력과 차이가 43.008 dB 발생하고, 중심주파수에서 +11 MHz 옵셋만큼 떨어진 지점에서는 중심주파수에서의 전력과 차이가 45.27 dB 발생하는 결과를 얻었다. 그림 10의 결과로 표 8의 송신기 부품을 사용하였을 때 규격집에서 제시한 송신 스펙트럼 마스크를 만족하는 것을 알 수 있다.

표 8. 헤테로다인 송신기 소자 규격

Table 8. Heterodyne transmitter component specifications.

소 자	Part No.	Gain [dB]	OIP3 [dBm]
LPF	SCLF-10.7	-1	
Modulator	RF2658	10	
IF AGC	RF2607	48	
IF Filter	TQS-444F-7R	-10	
Mixer	RF2641	4	4
Driver Amp	RF2367	21.5	24
RF Filter	TDF2A-2450T-10	-2	
Power Amp	MAX2242	28.5	26.5
RF Switch	RF2436	-1	
Duplexer	TDF2A-2450T-10	-2	

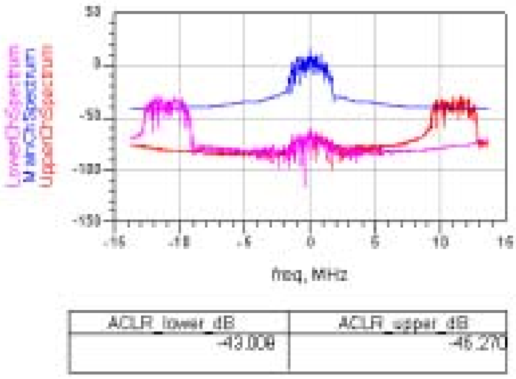


그림 10. 송신 스펙트럼 마스크

Fig. 10. Transmit spectrum mask.

6-3 IEEE Std 802.11a 수신단

위에서 언급한 바와 같이 무선 LAN 수신기는 헤테로다인과 호모다인 두 구조에 대하여 구현이 가능하다. 그리고, 헤테로다인 구조는 DC offset 문제, I/Q mismatch 문제, 2차 왜곡 문제 등에서 호모다인 구조보다 유리하나 소자수가 많아지는 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는 일반적으로 검증된 구조인 헤테로다인 구조로 설계를 했다.

표 9은 헤테로다인 수신기 소자 규격이며, 이 규

표 9. 헤테로다인 수신기 소자 규격

Table 9. Heterodyne receiver component specifications.

소 자	Part No.	Gain [dB]	NF [dB]
Duplexer	UF5775L286	−0.96	0.96
RF Switch	MASWSS0039	−0.8	0.8
LNA	MGA-71543	15.9	1.1
RF Filter	UF57775L282	−2.04	2.04
Mixer	IAM-91563	9	8.5
IF Filter	TQS-444F-7R	−10	10
IF AGC	RF2607	48	5
Demodulator	RF2713	24	24
LPF	SCLF-10.7	−1	1

격으로 헤테로다인 수신기의 최대 잡음지수(NF_{max})를 ADS로 시뮬레이션 하여 아래 그림 11과 같은 결과를 얻었다. 위에서 분석한 수신단 시스템의 최대 잡음지수(NF_{max})는 9.5 dB 이하로 설계되어야 한다는 분석에 맞게 표 9에 있는 수신기 소자들로 시뮬레이션을 했을 때, 최대 잡음지수(NF_{max})가 4.178 dB이므로 규격집에 만족함을 알 수 있다. 수신단 시스템을 설계시 최대 잡음지수(NF_{max})는 아래 수식 (10)에서와 같이 앞단 소자의 잡음지수와 이득에 크게 의존하므로, 앞단에는 잡음지수가 작고 이득이 큰 소자를 사용하여야 한다.

$$NF_{max} = NF_1 + \frac{NF_2 - 1}{G_1} + \frac{NF_3 - 1}{G_1 G_2} + \frac{NF_4 - 1}{G_1 G_2 G_3} + ... \quad (10)$$

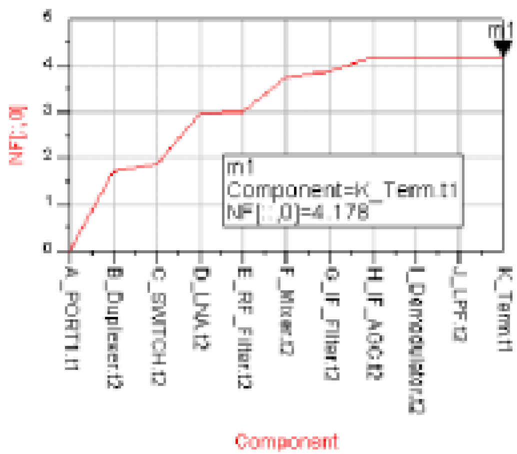


그림 11. 수신기 각 단에서의 잡음지수

Fig. 11. Receiver NF_{max} of each stage.

Component	Gain freq=5775000000.000
A_PORT1	-0.004
B_Duplexer	-0.004
C_SWITCH	-0.967
D_LNA	-1.760
E_RF_Filter	14.140
F_Mixer	12.100
G_IF_Filter	21.100
H_IF_AGC	10.982
I_Demodulator	58.982
J_LPF	82.982
K_Term	81.982

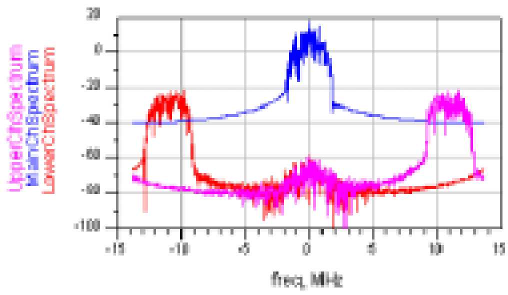
그림 12. 수신기 각 단에서의 이득

Fig. 12. Receiver Gain of each stage.

표 10. 헤테로다인 송신기 소자규격

Table 10. Heterodyne transmitter component specifications.

소 자	Part No.	Gain [dB]	OIP3 [dBm]
LPF	SCLF-10.7	−1	
Modulator	RF2658	20	
IF AGC	RF2607	48	
IF Filter	TQS-444F-7R	−10	
Mixer	HMC218MS8	−6.5	16
Driver Amp	ATF-54143	10	33
RF Filter	UF57775L282	−2.04	
Power Amp	MAAPSM0008	20.5	40
RF Switch	MASWSS0039	−0.8	
Duplexer	UF5775L286	−0.96	



ACLR_lower_dB	ACLR_upper_dB
-38.068	-42.429

그림 13. 송신 스펙트럼 마스크

Fig. 13. Transmit spectrum mask.

그림 12를 보면 RF 수신단 시스템에 미약한 신호가 들어오면 베이스밴드에 충분한 Quality를 제공하기 위하여 81.982 dB 만큼의 최대 증폭율로 증폭을 할 수 있는 것을 볼 수 있다.

6-4 IEEE Std 802.11a 송신단

헤테로다인 송신기 구조로 표 10에 소자규격에 맞게 시뮬레이션을 한 결과 그림 13의 송신 스펙트럼 마스크 시뮬레이션 결과를 얻었다. 그림 13을 보

면 중심주파수에서 −11 MHz 옵셋만큼 떨어진 지점에서 중심주파수에서의 전력과 차이가 38.068 dB 발생하고, 중심 주파수에서 +11 MHz 옵셋만큼 떨어진 지점에서는 중심 주파수에서의 전력과 차이가 42.425 dB 발생하는 결과를 얻었다. 그림 13의 결과로 표 10의 송신기 부품을 사용하였을 때 규격집에서 제시한 그림 4의 송신 스펙트럼 마스크를 만족하는 것을 알 수 있다.

Ⅶ. 결 론

본 논문에서는 IEEE Std 802.11b와 IEEE Std 802.11a 규격집에 기술되어진 RF 송수신기 최소성능 요구 조건들을 살펴보고, 그 기술기준에 따라 RF 송수신 시스템을 설계할 때 필요로하는 최소성능 요구 조건을 만족하는 파라메터들을 분석해 보았다. 이런 이론적 분석 자료를 바탕으로 규격집에서 제시한 최소성능 요구 조건을 만족하는 RF 송수신 시스템을 제작하기 위해서 시뮬레이션이 선행되어야 바람직하다. 시뮬레이션을 하기 위해서 이론적 분석 자료에 만족하는 최적의 부품을 선정하여 IEEE Std 802.11b와 IEEE Std 802.11a의 RF 송수신 시스템을 Agilent ADS으로 시뮬레이션해 보았다. 본 논문에서 제시한 무선 LAN RF 송수신 시스템을 설계할 때 필요한 파라메터들과 시뮬레이션 자료가 무선 LAN 제작에 유용하게 사용될 수 있을 것이며, 본 논문에서 제시한 무선 LAN RF 송수신 시스템을 분석하는 이론적인 계산 방법은 다른 RF 송수신 시스템을 분석하는데 응용효과가 클 것으로 기대한다. 그리고, 이러한 시뮬레이션 데이터를 바탕으로 실제 무선 LAN을 제작하고자 한다.

참 고 문 헌

[1] IEEE, Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications, Standard IEEE 802.11, June 1997.

[2] IEEE, Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications, Standard IEEE 802.11b, September 1999.

[3] IEEE, Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications, Standard IEEE 802.11a, September 1997.

[4] Intersil Inc., http://www.intersil.com

[5] Q. Wu, M. Testa, and R. Lakin, "On Design of Linear RF Power Amplifier for CDMA Signals", *1996 International Microwave Symposium Digest*, San Francisco, CA, June 1996, pp.851-855.

[6] 조용수, "무선 멀티미디어 통신을 위한 OFDM 기초", 대영사, 2000.

[7] W. Y. Ali-Ahmad, "RF System Issues Related to CDMA Receiver Specifications", *RF Design*, September 1999, pp. 22-32.

[8] Behzad Razavi, *RF Microelectronics*, Prentice Hall, 1998.

윤 여 송(尹汝松)

2001년 2월 : 한밭대학교 전자공학학과 (B.S)
2002년 3월 현재 : 한밭대학교 정보통신전문대학원 석사과정 (M.S)
관심분야 : 무선 LAN RF 시스템, 이동통신 RF 시스템

김 학 선(金學善)

1986년 2월 : 한국항공대학교 전자공학과(B.S)
1990년 2월 : 한국항공대학교 대학원 전자공학과 석사(M.S)
1993년 8월 : 한국항공대학교 대학원 전자공학과 박사(Ph.D)
1993년 3월~현재 : 한밭대학교 정보통신컴퓨터공학부 부교수
관심분야 : RF 시스템 설계 및 제작, UWB 시스템, MMIC 설계, 이동통신 단말기 RF Block 설계/제작/측정, 이동통신 시스템 시뮬레이션 및 부품 설계/제작