

W-CDMA 수신기 RF System 설계 및 부품 성능 분석

지 만 구, 이 규 현, 김 학 선
대전산업대학교 정보통신공학과
전화 : 042-821-1212 / 핸드폰 : 011-9812-5179

Design And Component Performance Analysis of RF System for W-CDMA Rceiver

Man Gu Ji, Gyu Heon Lee, Hak Sun Kim
Dept. of Information & Communication Engineering, Taejon Nat'l Univ. of Technology
E-mail : jmg10009@hanmail.net

Abstract

In this paper, The RF system of W-CDMA receiver is designed and the performance is analyzed. The linearity characteristic and the noise characteristic are presented in the performance. The linearity characteristic is analyzed by PN and IIP3. The noise characteristic is analyzed by NF.

In addition, sweeping of the nonlinear components parameter affecting the linear performance is tested and the most maximal possible parameter to maintain the linear performance is introduced. The transceiver RF system of W-CDMA and cdma2000 is designed and presented adapting the nonlinear parameter introduced.

I. 서 론

최근의 이동 통신 시스템은 1세대인 아날로그 이동 통신 방식에서 시작된 이래 2세대인 디지털 이동 통신을 거쳐 3세대인 IMT-2000에 이르고 있다. IMT-2000은 음성, 데이터, 영상 등 멀티미디어 통신 서비스와 글로벌 로밍 서비스를 제공한다.

IMT-2000의 표준안으로 유럽을 중심으로 한 3GPP

와 북미를 중심으로 한 3GPP2에서 RTT를 ITU에 제출하였으며 비동기식인 W-CDMA와 동기식인 cdma2000 통신 방식으로 표준을 제정하고 있다^[1].

본 논문에서는 IMT-2000 통신 방식 중 가장 활발히 연구 개발되고 있는 W-CDMA 방식의 수신기 RF 시스템을 현재 상용화되고 있는 부품을 사용하여 설계하고 성능을 분석하였다. 3GPP에서 권고한 3G TS 34.121(V3.0.1)의 Reference Sensitivity Level, Maximum Input Power, Adjacent Channel Selectivity, Blocking Characteristics, Intermodulation Characteristics 테스트 조건을 기초로하여 수신기 성능 파라미터인 NF, PN, IIP3를 분석하였다.

또한 수신기 RF 시스템의 성능에 영향을 미치는 비선형 부품의 파라미터를 고려해 보고 최대의 파라미터 값을 유추함으로써 가능한 실현 가능한 W-CDMA 수신기 RF system을 제시하였다.

II. RF 시스템 설계 및 성능 분석

수신기 RF System의 설계는 현재 상용화되고 있는 부품을 사용하여 구성하였으며 수신기 구조는 충분히 검증 과정을 거친 헤테로다인 구조로 설계하였다.

W-CDMA의 일반적인 특성으로 송신 주파수 대역이 1920~1980MHz이고 수신 주파수 대역이 2110~

2170MHz이다. 또한 Channel spacing은 5MHz이며 Chip rate는 3.84Mcps이다^[2].

그림 1은 W-CDMA 수신기 RF 시스템 블록도이다.

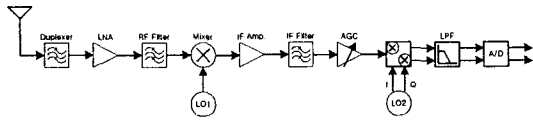


그림 1. W-CDMA 수신기 RF 시스템 블록도

수신기 RF 시스템의 성능 분석은 표준안의 Reference Sensitivity Level, Maximum Input Power, Adjacent Channel Selectivity, Blocking Characteristics, Intermodulation Characteristics 테스트 조건으로부터 잡음 성능과 선형 성능으로 분석하였다.

Bit rate가 12.2kbps이고 BER이 0.001인 조건일 때 처리 이득은 25dB이고 E_b/N_0 는 7dB이다.

수신기 RF 시스템의 잡음 특성을 나타내는 지수인 NF의 식은 다음과 같다.

$$F_{total} = 1 + (F_1 - 1) + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 G_2} + \frac{F_4 - 1}{G_1 G_2 G_3} + \dots \quad (1)$$

시스템 전체 NF는 표준안의 Reference Sensitivity Level, Maximum Input Level 테스트 조건으로부터 구할 수 있다. 표 1과 2는 테스트 조건을 나타내었다.

표 1. Reference Sensitivity Level

Parameter	Level/Status	Unit
I_{or}	-106.7	dBm/3.84MHz
DPCH_Ec	-117	dBm/3.84MHz

표 2. Maximum Input Level

Parameter	Level/Status	Unit
I_{or}	-25	dBm/3.84MHz
DPCH_Ec/ I_{or}	-19	dB

위의 요구 조건으로부터 시스템 전체 NF_{max} 는 8dB 이하가 되어야 하고 최대 입력 레벨의 신호가 입력될 경우 시스템 전체 NF_{max} 는 89dB 이하가 되어야 함을 알았다.

위의 요구 조건을 기초로 본 논문에서 설계한 RF 시스템을 시뮬레이션 한 결과 NF_{max} 는 6.4dB를 얻었다.

이와 같은 결과는 표준안의 요구 조건을 충분히 만족함을 알았다.

그림 2는 각 단별 NF를 나타낸 것이다.

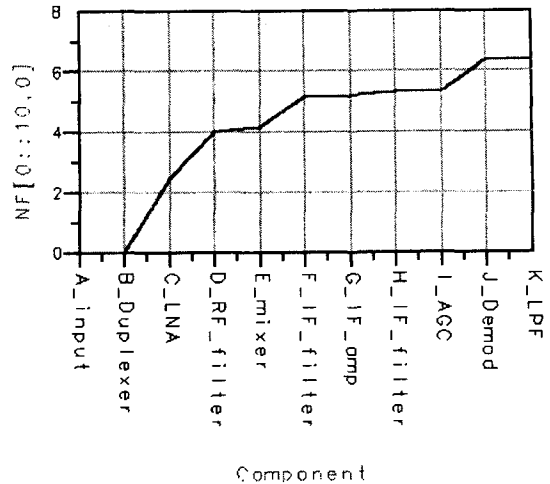


그림 2. 각 단별 NF

수신기 RF 시스템의 선형 특성을 나타내는 지수로써 PN과 IIP3가 있으며 구하는 식은 다음과 같다.

$$\text{Phase Noise(dBc/Hz)} = \text{Noise power(dBm)} - \text{Carrier power(dBm)} - 10\log(\text{BW}) \quad (3)$$

$$\frac{1}{IIP3_{total}} = \frac{1}{IIP3_1} + \frac{G_1}{IIP3_2} + \frac{G_1 G_2}{IIP3_3} + \frac{G_1 G_2 G_3}{IIP3_4} + \dots \quad (2)$$

위 식에서 필터의 Selectivity를 고려한다면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{1}{IIP3_{total}} = \frac{1}{IIP3_1} + \frac{G_1}{IIP3_2} + \frac{G_1 G_2}{IIP3_3 S_1^{\frac{3}{2}}} + \frac{G_1 G_2 G_3}{IIP3_4 S_2^{\frac{3}{2}}} + \dots \quad (4)$$

G : 각 단의 증폭도

S : 필터의 Selectivity

수신기 RF 시스템의 PN은 '표준안의 Adjacent Channel Selectivity, Blocking Characteristics 테스트 조건으로부터 구할 수 있다. 표 3은 테스트 조건을 나타낸 것이다.

표 3. ACS, Blocking Characteristic

DPCH _{E_c} (dBm)	I _{or} (dBm)	I _{oac} (modulated) (dBm)	F _{uw} (offset)
-103	-92.7	-52	±5MHz
-114	-103.7	-56	±10MHz
-114	-103.7	-44	±15MHz

위의 조건으로부터 PN은 -110dBc/Hz@10MHz offset 이하가 되어야 한다.

또한 PN는 -129dBc/Hz@3.84MHz이다^[3].

위의 조건을 기초로 하여 설계한 RF 시스템을 시뮬레이션 한 결과 3.84MHz offset에서 PN은 -145.2dBc/Hz@3.52MHz offset을 얻었다. 그림 3은 시스템의 PN 특성을 나타내었다.

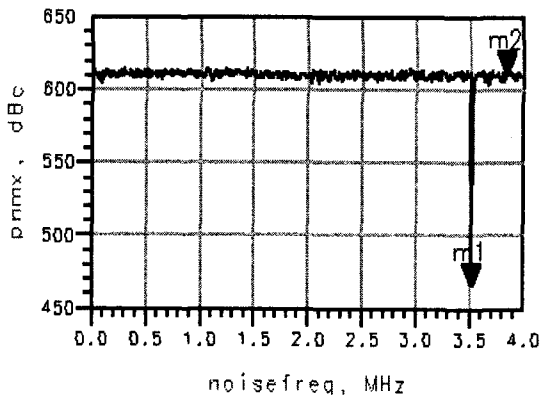


그림 3. 시스템의 PN 특성

수신기 RF 시스템의 또 다른 선형 특성 지수로서 IIP3가 있다. IIP3는 표준안의 Intermodulation Characteristic 테스트 조건으로부터 구할 수 있다. 표 4는 테스트 조건을 나타내었다.

표 4. Intermodulation Characteristic

Parameter	Level	Unit
DPCH _{E_c}	-114	dBm/3.84MHz
I _{or}	-103.7	dBm/3.84MHz
I _{ouw1} (CW)	-46	dBm
I _{ouw2} (modulated)	-46	dBm/3.84MHz
F _{uw1} (offset)	10	MHz
F _{uw2} (offset)	20	MHz

위의 테스트 조건으로부터 표준안에서 만족하는 IIP3는

-19dBm 이상이 되어야 한다. 설계한 RF 시스템을 시뮬레이션 한 결과 -0.4dBm을 얻었다.

그림 4는 two-tone 테스트시 주파수 응답 특성을 나타내었다^[4].

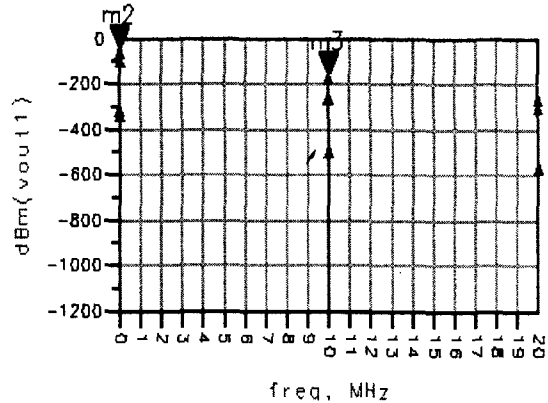


그림 4. two-tone 테스트시 주파수 응답 특성

III. RF 시스템 성능에 영향을 미치는 부품 특성

수신기 RF 시스템은 송신기 RF 시스템과 달리 여러 부품의 여러 특성에 의해 성능이 좌우된다. 표 5는 성능 파라미터에 영향을 미치는 부품을 정리하였다^[5].

표 5. 각 성능에 영향을 미치는 부품

Performance parameter	Related component
NF	LNA, Mixer
PN	VCO
IIP3	LNA, Mixer

따라서 본 논문에서는 이와 같이 수신기 성능 파라미터인 NF, PN, IIP3에 영향을 미치는 LNA, Mixer, VCO의 비선형 파라미터 값을 sweep해 보고 선형성을 유지할 수 있는 최대 파라미터 값을 유추하였으며 실현 가능한 수신기 RF 시스템을 설계하고 제시하였다.

잡음 특성을 나타내는 지수인 NF에 영향을 미치는 LNA와 Mixer의 NF를 동시에 sweep해 본 결과 LNA의 NF는 3.4dB, Mixer의 NF는 7.5dB 이하가 되어야 표준안에서 요구하는 조건을 만족함을 알았다.

선형 특성 지수 중 하나인 PN에 영향을 미치는 VCO의 PN는 3.84MHz offset에서 -129dBc/Hz 이하가 되어야 표준안의 요구 조건을 만족함을 알았다.

다른 선형 특성 지수로 IIP3에 영향을 미치는 LNA와 Mixer의 IIP3를 동시에 sweep해 본 결과 LNA의 IIP3는 13dBm, Mixer의 IIP3는 7dBm 이하가 되어야 함을 알았다.

그림 5와 6은 위의 결과일 때 각 단별 NF와 two-tone 테스트시 주파수 응답 특성을 나타내었다.

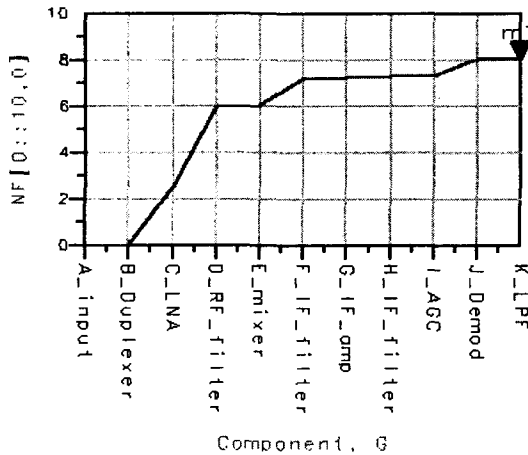


그림 5. Sweep 후 각 단별 NF

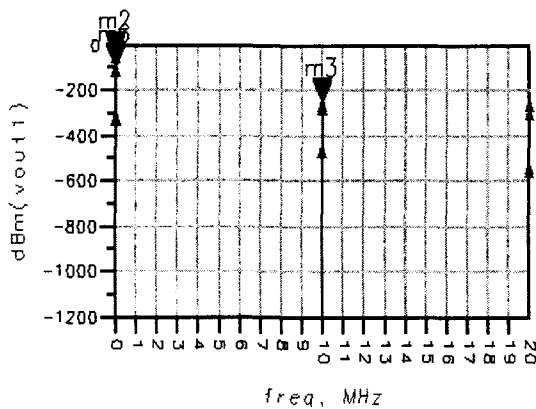


그림 6. Sweep 후 two-tone 테스트시 주파수 응답 특성

IV. 결론

본 논문에서는 IMT-2000 통신 방식 중 하나인 W-CDMA 방식의 표준안으로부터 성능 파라미터인 NF, PN, IIP3를 유도해 보았다.

이와 같은 결과를 기초로하여 수신기 RF 시스템을 설계하고 성능을 분석하였다. 또한 성능에 영향을

미치는 부품들의 파라미터 값을 고려해 보았다.

따라서 성능에 영향을 미치는 부품의 비선형 파라미터의 가능한 최대 값을 유추 할 수 있었다.

본 논문의 연구 결과는 W-CDMA 수신기 RF 시스템을 설계하고 성능을 분석하는데 중요한 참고 문헌으로 사용될 수 있을 것이다.

또한 W-CDMA 수신기 RF 시스템을 구성하는 부품을 설계하고 제작하는데 있어서도 중요한 자료가 될 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] 안재민, IMT-2000에 대하여, IC Design Education Center Newsletter, Vol 42, pp.22~28, July, 2000
- [2] "Third Generation Partnership Project(3GPP); Technical Specification Group Terminal; Terminal Conformance Specification; Radio transmission and reception(FDD)", 3G TS 34.121 version 3.0.1, March 2000
- [3] O. K. Jensen, et al. RF receiver Requirements For 3G W-CDMA Mobile Equipment, Microwave Journal, Feb. 2000
- [4] 신현섭, 김지훈, 박재형, "RF Receiver Specification for Third Generation W-CDMA User Equipment", ICU, <http://ee.icu.ac.kr/~CoDes>, April 2000
- [5] 유형준, "Receiver Test Requirements for Mobile Unit", ICU, <http://ee.icu.ac.kr/~CoDes>, May 2000