

CDMA 셀룰러 RF 시스템에서 교차변조 잡음 레벨 분석 및 최적화

준회원 박 준 호*, 정회원 김 학 선*

Analysis and Optimization of Cross-Modulation Noise in CDMA Cellular RF System

Jun-Ho Kwack* Associate Member, Hak-Sun Kim* Regular Member

요 약

본 논문에서는 CDMA 단말기에서 요구하는 교차변조 잡음의 레벨을 분석하고 최적설계를 위한 기준을 제시하였다. 표준안의 분석으로부터 교차변조 잡음의 레벨은 시스템 잡음지수와 VCO 위상잡음에 의해서 결정되며, 서로 트레이드-오프 관계에 있음을 확인하였다. 또한 시스템 설계 시 앞의 레벨을 만족시키기 위한 LNA의 IIP3와 듀플렉서의 격리도 값을 결정하였다. 따라서 본 논문은 cdma2000 단말기 설계 시 부품선택을 위한 기준이 될 것이다.

ABSTRACT

In this paper, we have analyzed the level of cross-modulation noise required for CDMA mobile station and proposed a guideline for optimum design. From the analysis, the level of cross-modulation noise is determined by the system's noise figure(NF) and VCO's phase noise and there is a trade-off relationships between them. In addition, we have determined the value of LNA's IIP3 and duplexer's isolation to satisfy the above level in designing the system. Therefore, this paper will give a guideline for a selection of components in designing cdma2000 mobile station.

I. 서 론

CDMA 시스템은 다른 디지털 이동통신 시스템보다 선형성을 매우 중요시하는 시스템이다. 수신단 측면에서 보면 시스템에서 요구하는 SNR(Signal to Noise Ratio)을 만족하기 위하여 시스템에서 생성되는 잡음성분을 요구조건 이하가 되도록 설계하는 것이 중요하다. cdma2000 표준안¹⁾에서 제시하는 테스트 조건 중에서 단일톤 둔감도(Single tone desensitization) 테스트를 보면 자기채널 이외에 인접한 강한 방해전파(Jammer) 신호가 수신되었을 때에도 시스템에서 요구하는 SNR을 만족해야한다. 단일톤 방해전파 신호가 유입됨으로서 채널밴드에

두 가지 잡음성분이 첨가된다. 첫 번째는 믹서에서 VCO 위상잡음과 단일톤 방해전파의 상호믹싱(Reciprocal Mixing)에 의한 잡음성분이고, 두 번째는 LNA의 비선형성에 의한 교차변조(Cross-Modulation) 잡음성분이다. 표준안의 단일톤 둔감도 테스트는 단일톤 방해전파의 유입으로 인해 이 두 잡음성분이 첨가되더라도 시스템에서 요구하는 SNR을 만족해야 한다. 따라서 먼저 표준안의 테스트 조건으로부터 시스템에서 요구하는 잡음성분들의 레벨을 명확하게 분석을 해야 한다.

지금까지의 잡음 영향 분석은 대부분 발진기의 위상잡음에 의한 영향으로 보고 교차변조에 대해서는 분석과 측정이 어려워 주로 무시하는 편이어서

* 한밭대학교 정보통신전문대학원 RF회로 및 시스템 연구실 (jhkwack@hanbat.ac.kr, hskim@hanbat.ac.kr)
 논문번호 : 030070-0217, 접수일자 : 2003년 2월 17일

LNA의 출력에서 발생하는 교차변조 잡음의 레벨이 어느 정도면 표준안의 테스트 조건을 만족하는지 그 기준이 마련되어 있지 않다. 따라서 본 논문에서는 cdma2000 표준안으로부터 요구되는 교차변조 잡음의 레벨을 결정하고, 결정된 교차변조 잡음의 레벨을 만족하기 위한 각 부품들의 요구조건들과 각 부품들 사이의 상호관계를 분석하였다.

II. 수신기에서 교차변조 잡음에 의한 영향

1. 수신기의 감도상실

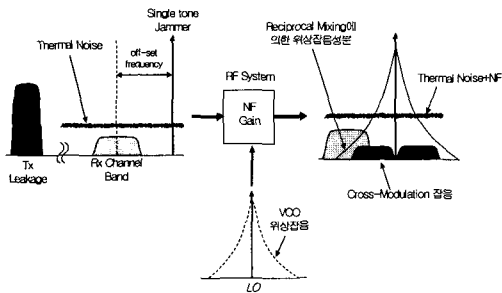


그림1. 단일톤에 의한 수신기 감도상실^[2]

그림1은 단일톤의 유입으로 인해서 수신기의 SNR이 저하되는 것을 보여주고 있다. 시스템출력에는 열잡음(Thermal noise)과 잡음지수(NF)이 외에 상호믹싱에 의한 잡음성분과 교차변조 잡음성분이 채널밴드에 영향을 주고 있다. 시스템 출력에서 요구하는 SNR을 만족하기 위해서는 열잡음을 제외한 시스템 잡음지수, 상호믹싱에 의한 잡음성분 그리고 교차변조 잡음성분을 적절한 레벨 이하로 설계해야 한다. 따라서 시스템 출력에서 전체잡음성분을 분석하고, SNR을 만족하기 위한 각각의 잡음성분들이 차지하는 레벨을 분석해야한다. 시스템 출력에서 전체잡음 전력을 도출하는데 설계하려는 시스템의 전체이득이 변수이므로 시스템 이득의 영향을 받지 않도록 출력에서의 잡음성분들을 입력성분으로 등가화 하는 것이 유리하다.

그림2는 출력에서 나타나는 잡음성분들을 입력등가잡음(Input Referred Noise)으로 등가화해서 표현한 것이다. 그림2.(b)에서 시스템 잡음지수가 0dB이므로 SNR_{IN} 과 SNR_{OUT} 이 같다는 것을 이용하여 출력에서의 잡음성분들을 SNR_{IN} 을 이용하여 입력 신호레벨을 알면 등가적으로 분석할 수 있다.

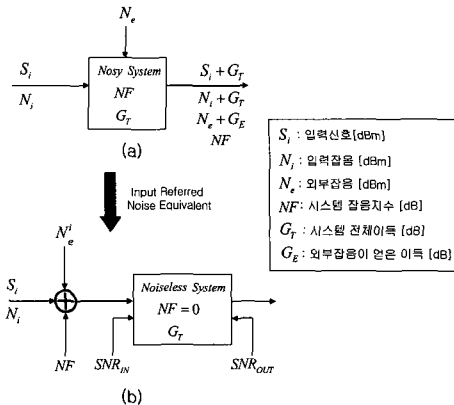


그림2. Input Referred Noise 등가모델

$$NF = SNR_{IN} [dB] - SNR_{OUT} [dB] = 0 [dB]$$

$$\therefore SNR_{OUT} = SNR_{IN} \quad (1)^{[3]}$$

여기서, 외부잡음 N_e 에 대한 입력등가잡음 N_e^i 는 다음과 같다.

$$N_e^i [dBm] = (N_e + G_E) - G_T \quad (2)$$

2. 수신기의 교차변조 잡음

교차변조(Cross-Modulation)란 두개의 신호가 비선형 소자를 통과할 때 한쪽의 변조(Modulation) 정보가 다른 쪽으로 옮겨가는 현상을 말한다. 그림3은 수신기에서 발생하는 교차변조를 나타낸 것이다.

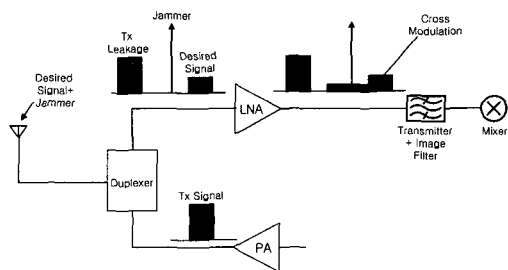


그림3. CDMA 송수신기에서 교차변조^[4]

그림3에서 교차변조 잡음에 영향을 주는 주요 인자는 송신측 누설신호와 단일톤 방해전파로서, 이 두 신호가 비선형소자인 LNA를 거치면서 교차변조되어 채널밴드에 영향을 주고 있다. 즉, 교차변조 잡음은 수신기의 감도를 저하시키는 주요 원인이 되고 있기 때문에 LNA 출력에서 잡음의 양이 시스템

에서 요구하는 레벨이 높아 되도록 설계를 해야 한다.

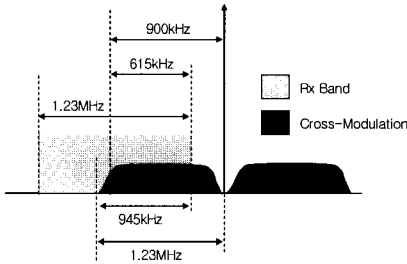


그림4. 교차변조 잡음의 모델링

그림4는 교차변조 잡음을 모델링한 것이다. 표준안으로부터 요구하는 레벨을 분석하기 위해서 채널 밴드에 들어온 레벨과 전체 레벨과의 비율을 모델링해야 한다.

$$\begin{aligned}
 CM_{SSB} &= (CM_{945kHz} + \delta) [dBm] \\
 \delta &= 10 \log \left(\frac{1.23MHz}{945kHz} \right) \cong 1.14 [dB] \\
 CM_{DSB} &= 2 \times CM_{SSB} = (CM_{SSB} + 3dB) [dBm] \\
 &= (CM_{945kHz} + 4.14dB) [dBm]
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

그림4에서 LNA 출력에서 발생하는 교차변조 잡음은 SSB(Single side band) 1.23MHz에 대해서 비교적 평탄하게 나타나고 있다. 하지만 채널 밴드에 들어오는 교차변조 잡음 레벨은 SSB 1.23MHz중 945kHz에 해당하는 전력이다. 따라서 DSB(Double Side Band) 전체 교차변조 잡음 레벨은 채널밴드에 들어오는 교차변조 잡음 레벨에 근사적으로 4.14dB를 보상해주어야 한다.

III. cdma2000 RF 시스템의 교차변조 잡음 레벨 설계

시스템에서 요구하는 교차변조 잡음의 레벨은 cdma2000 표준안의 단일톤 둔감도 테스트 조건으로부터 결정할 수 있다. 표1은 표준안에서 제시하는 단일톤 둔감도 테스트 조건이다.

표1. Test parameters for single tone desensitization^[1]

- *The FER in each test shall not exceed 0.01 with 95% confidence.
- *Traffic Ec/Ior : 전체 전력중 트래픽 채널이

Parameter	Units	Test1	Test2
Tone offset from carrier	kHz	900	-900
Tone power	dBm	-30	
\hat{I}_{or}	dBm/1.25MHz	-101	
Traffic Ec/Ior	dB	-15.6	
E_b/N_t	dB	4.3	

갖는 신호의 비율.

표1의 테스트 조건에 의하면 데이터 전송속도가 9600bps일 때 E_b/N_t 가 4.3dB이고, 수신된 신호의 전체 전력은 -101dBm이다. 그리고 900kHz 오프셋에서 -30dBm의 단일톤이 있다. 여기서 실제 데이터가 실려 있는 트래픽 채널의 전력은 수신 전력에서 Traffic Ec/Ior을 더한 -116.6dBm이 된다.

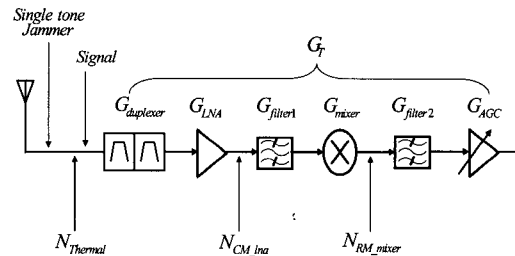


그림5. 단일톤 유입으로 인한 신호와 잡음성분

그림5는 원하는 신호 이외에 900kHz 오프셋에서 단일톤이 유입되었을 때 시스템에 첨가되는 잡음 성분을 나타내고 있다. 그림5를 살펴보면 RF 시스템 출력에서 나타나는 신호와 잡음성분은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 &(Signal + G_T) [dBm] \\
 &(N_{Thermal} + G_T) [dBm] \\
 &NF [dB] \\
 N_{CM_out} &= (N_{CM_Ina} + G_{filter1} + G_{mixer} + G_{filter2} + G_{AGC}) [dBm] \\
 N_{RM_out} &= (N_{RM_mixer} + G_{filter2} + G_{AGC}) [dBm]
 \end{aligned}$$

- 여기서, Signal : 수신된 신호의 전력 [dBm]
- $N_{Thermal}$: 기본 열잡음(KTB) [dBm]
- NF : 시스템 잡음지수 [dB]
- N_{CM_Ina} : LNA출력에서 나타나는 Cross-Modulation 잡음성분 [dBm]
- N_{RM_mixer} : Reciprocal mixing에 의한 Mixer 출력에서 잡음성분 [dBm]
- N_{CM_out} : RF 시스템 출력에서 Cross-Modulation 잡음성분 [dBm]
- N_{RM_out} : Reciprocal mixing에 의한 RF 시스템 출력에서 잡음성분 [dBm]
- $G_{duplexer} \sim G_{AGC}$: 각 부품들의 이득 [dB]
- G_T : RF 시스템 전체이득 [dB]

잡음성분을 살펴보면 기본 열잡음 이외에 교차변조 잡음과 상호믹싱에 의한 잡음 성분이 가해지고 있다. 시스템의 LNA 출력에서 요구하는 교차변조 잡음의 전력을 결정하기 위해서 설계하고자 하는 시스템의 전체이득을 모르기 때문에 입력등가잡음으로 등가화해서 분석을 해야 한다. 그림6은 그림5를 입력등가잡음으로 모델링 한 것이다.

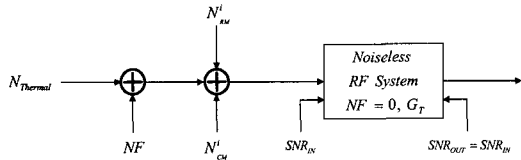


그림6. Input referred noise 등가모델

그림5와 그림6을 보면 출력에서 나타나는 잡음성분을 입력으로 등가화 할 때 $N_{Thermal}$, $N_{CM,Ina}$, $N_{RM,mixer}$ 가 가해지는 위치가 서로 다르다. 즉, 시스템에서 얻는 이득이 서로 다르기 때문에 $N_{Thermal}$ 을 기준으로 하면 이득의 영향을 고려 할 때 N_{CM}^i 과 N_{RM}^i 은 다음 식을 사용해야 한다.

$$\begin{aligned} N_{CM}^i &= N_{CM,out} - G_T \\ &= (N_{CM,Ina} - G_{LNA} - G_{duplexer}) [dBm] \\ N_{RM}^i &= N_{RM,out} - G_T \\ &= (N_{RM,mixer} - G_{mixer} - G_{filter} - G_{LNA} - G_{duplexer}) [dBm] \end{aligned} \quad (4)$$

여기서, N_{CM}^i 과 N_{RM}^i 은 $N_{CM,out}$ 과 $N_{RM,out}$ 각각의 입력등가잡음이다.

먼저 표준안으로부터 자기채널 내에서 요구하는 전체 입력등가 잡음전력을 계산해야 한다.

$$E_b/N_f [dB] = SNR_{out} [dB] + Processing Gain [dB] \quad (5)^{[2]}$$

$$\begin{aligned} Processing Gain &= 10 \log \left(\frac{Chip rate}{Data rate} \right) \\ &= 10 \log \left(\frac{1.2288 Mcps}{9.6 kbps} \right) \\ &= 21 [dB] \end{aligned} \quad (6)$$

단일톤 둔감도 테스트 조건에서 E_b/N_f 가 4.3dB 이고 확산이득이 21dB이므로 식(5)로부터 -16.7 dB의 SNR_{out} 를 구할 수 있다. 그림6의 등가모델을 보면 시스템 내에서 잡음지수가 0dB이므로 SNR_{in} 또한 -16.7dB가 된다. 따라서 입력 신호 전력이 -116.6dBm이므로 전체 입력등가잡음 전력은 -99.9

dBm이 된다.

$$\begin{aligned} NF &= SNR_{in} [dB] - SNR_{out} [dB] = 0 [dB] \\ \therefore SNR_{in} &= SNR_{out} = -16.7 [dB] \\ SNR_{in} [dB] &= Input Signal [dBm] - Input Noise [dBm] \\ Input Noise &= Input Signal [dBm] - SNR_{in} [dB] \\ &= -116.6 dBm - (-16.7 dB) \\ &= -99.9 [dBm] \end{aligned} \quad (7)$$

전체 입력등가잡음 전력 -99.9dBm에는 $N_{Thermal}$ 성분, 잡음지수(NF), N_{CM}^i 성분 그리고 N_{RM}^i 성분이 포함되어 있다.

$$\begin{aligned} N_{Total} &= (N_{Thermal} + NF) + N_{CM}^i + N_{RM}^i \\ 10^{\frac{N_{Total}}{10}} &= 10^{\frac{(N_{Thermal} + NF)}{10}} + 10^{\frac{N_{CM}^i}{10}} + 10^{\frac{N_{RM}^i}{10}} \end{aligned} \quad (8)$$

따라서, 전체 입력등가잡음 전력 중에서 교차변조 잡음이 차지하는 전력레벨은 다음과 같이 결정된다.

$$\begin{aligned} 10^{\frac{N_{CM}^i}{10}} &= 10^{\frac{N_{Total}}{10}} - 10^{\frac{(N_{Thermal} + NF)}{10}} - 10^{\frac{N_{RM}^i}{10}} \\ N_{CM}^i &= 10 \log \left[10^{\frac{N_{Total}}{10}} - 10^{\frac{(N_{Thermal} + NF)}{10}} - 10^{\frac{N_{RM}^i}{10}} \right] [dBm] \end{aligned} \quad (9)$$

여기서, $N_{Thermal}$ 은 열잡음으로서 -113 dBm이 된다. K는 볼츠만 상수, T는 절대온도, B는 대역폭의 의미 한다.

$$\begin{aligned} N_{Thermal} &= KTB = 10 \log \left(\frac{1.38 \times e^{-23} \times 290}{1 \times e^{-3}} \right) \\ &\quad + 10 \log(1.23 MHz) \\ &= -113 [dBm] \end{aligned} \quad (10)$$

그리고 채널밴드에서 N_{RM}^i 성분이 평탄하다면, N_{RM}^i 은 다음의 위상잡음을 유도하는 수식^[5]을 이용해서 구할 수 있다. PN_{VCO} 는 VCO 위상잡음의 크기(dBc/Hz)를 나타낸다.

$$\begin{aligned} PN_{VCO} [dBc/Hz] &= Noise Power [dBm] - Carrier Power [dBm] \\ &\quad - 10 \log BW [Hz] \\ &= N_{RM}^i - Single tone power - 10 \log BW \\ \therefore N_{RM}^i &= PN_{VCO} + Single tone power + 10 \log BW \\ &= PN_{VCO} + (-30 dBm) + 10 \log(1.23 MHz) \\ &= (PN_{VCO} + 30.9) [dBm] \end{aligned} \quad (11)$$

따라서 식(9),(10),(11)을 이용하여 식(12)와 같이 정리할 수 있다.

$$N_{CM}^i = 10 \log \left[10^{\frac{-99.9}{10}} - 10^{\frac{(-113+NF)}{10}} - 10^{\frac{(PN_{VCO}+30.9)}{10}} \right] [dBm] \quad (12)$$

식(12)의 N_{CM}^i 은 RF 시스템에서 요구하는 교차변조 잡음의 입력등가잡음 레벨이다. 따라서 LNA 출력에서 요구하는 교차변조 잡음의 전력은 식(4)를 이용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$N_{CM_lna} = N_{CM}^i + G_{LNA} + G_{duplexer} [dBm] \quad (13)$$

식(13)에서 유도한 N_{CM_lna} 은 자기 채널에 들어온 교차변조 잡음 전력이므로 전체 교차변조 잡음 전력은 4.14dB를 보상에 주어야 한다.

$$\begin{aligned} N_{CM_lna} &= N_{CM}^i + G_{LNA} + G_{duplexer} + 4.14dB [dBm] \\ &= 10 \log \left[10^{\frac{-99.9}{10}} - 10^{\frac{(-113+NF)}{10}} - 10^{\frac{(PN_{VCO}+30.9)}{10}} \right] \\ &\quad + G_{LNA} + G_{duplexer} + 4.14dB [dBm] \end{aligned} \quad (14)$$

식(14)는 최종적으로 표준안의 단일톤 테스트 조건으로부터 LNA 출력에서 요구하는 교차변조 잡음 전력을 결정하는 결과 식이다. 따라서 설계하고자 하는 시스템의 변수들을 알면 LNA 출력에서 요구하는 교차변조 잡음 전력을 결정할 수가 있다. 식(14)를 살펴보면 시스템 잡음지수(NF)와 VCO의 위상잡음(PN_{VCO})이 교차변조 잡음전력을 결정하는데 직접 영향을 주는 것을 알 수 있다.

그림7은 식(14)를 이용하여 설계하고자 하는 시스템에서 LNA의 이득과 듀플렉서의 손실이 각각 15dB, -3dB일 때 각각의 잡음지수와 VCO 위상잡음에 대한 교차변조 잡음 전력을 결정한 예를 보인 것이다. 설계하는 시스템의 잡음지수가 8dB이고, 설계에 사용된 VCO의 위상잡음이 900kHz 오프셋에서 -140dBc/Hz일 때 LNA 출력에서 요구하는 교차변조 잡음 전력레벨은 -86.2dBm이 된다. 즉, LNA 출력에서 나타나는 교차변조 잡음 레벨이 -86.2dBm이하이면 표준안의 테스트 조건을 만족하는 것이다.

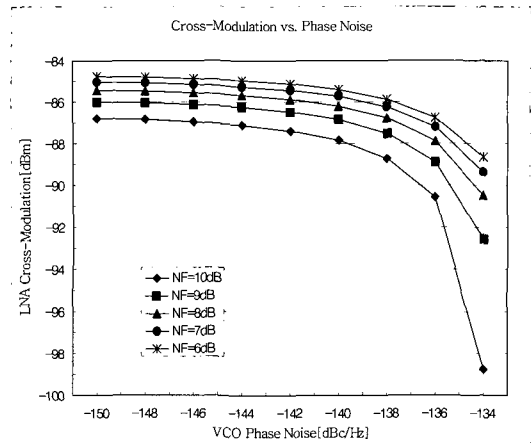


그림7. 잡음지수와 VCO 위상잡음에 대한 LNA에서 요구하는 교차변조 잡음 전력레벨

그림7을 살펴보면 시스템에서 요구하는 교차변조 잡음 레벨을 위해서 시스템 잡음지수와 VCO 위상잡음이 서로 'Trade-off' 관계에 있음을 알 수가 있다. 즉, 시스템 설계에 사용된 VCO의 위상잡음 특성이 동일하다면 잡음지수가 작을수록 LNA에서 다소 큰 레벨의 교차변조 잡음을 수용할 수 있다. 결론적으로 전체잡음 측면에서 보면 VCO 위상잡음과 시스템 잡음지수를 작게 설계할수록 LNA 출력에서 보다 큰 레벨의 교차변조 잡음을 수용할 수 있다. 또한 그림7을 분석해 보면 위상잡음 특성이 나쁠수록 즉, 위상잡음이 클수록 각 잡음지수에 대한 교차변조 잡음레벨의 편차가 커지는 것을 알 수 있다. 따라서 비교적 편차가 고른 -138dBc/Hz 이하의 VCO를 사용해야 함을 확인할 수 있다.

IV. cdma2000 RF 시스템 설계를 위한 최적화

이전 장에서 표준안의 테스트 조건으로부터 요구하는 교차변조 잡음 레벨을 결정하였다. 본 장에서는 시스템 설계 시 요구하는 교차변조 잡음 레벨을 만족하기 위한 시스템 부품들의 요구조건을 결정하고, 부품들의 상관관계를 알아본다.

식(15)는 LNA의 비선형성에 의해 출력에서 나타나는 교차변조 잡음 전력을 유도하는 식^[6]이다.

$$\begin{aligned} P_{CM_lna} &= -2 \times IIP3_{LNA} + 2 \times (P_{TX} + Isolation_{duplexer}) \\ &\quad + (P_{Single} + G_{duplexer}) + G_{LNA} + 6dB [dBm] \end{aligned} \quad (15)$$

- 여기서, P_{TX} : Output Power of Transmitter Power Amp. (27dBm)
- P_{Single} : Single Tone Jammer Power (-30dBm)
- $IIP3_{LNA}$: IIP3 of LNA [dBm]
- $Isolation_{duplexer}$: Isolation of Duplexer [dB]
- $G_{duplexer}$: Gain(loss) of Duplexer [dB]
- G_{LNA} : Gain of LNA [dB]

cdma2000 표준안을 보면 'Mobile Station ClassIII'인 경우에 안테나에서 최대 유효방사전력(ERP)을 23dBm~30dBm으로 규정하고 있다. 현재 출시되고 있는 대부분의 단말기들이 일반적으로 최대 유효방사전력을 24dBm으로 하고 있다. 따라서 듀플렉서의 손실 3dB를 고려하면 전력증폭기(PA;Power Amplifier)의 실제 최대 출력 전력은 27dBm정도가 된다.

식(15)를 살펴보면 교차변조 잡음은 부품들 중에서 듀플렉서의 격리도(Isolation)와 LNA의 IIP3가 직접적인 관련이 있음을 알 수가 있다. 시스템에서 요구하는 교차변조 잡음 레벨을 만족하기 위한 LNA의 IIP3와 듀플렉서의 격리도 값은 식(14)와 식(15)를 이용해서 결정할 수 있다. 즉, 식(15)가 표준안으로부터 분석한 식(14)을 만족하도록 LNA와 듀플렉서를 결정해야한다.

$$\begin{aligned}
 N_{CM,Ina} &= P_{CM,Ina} \\
 10 \log \left[10^{\frac{-99.9}{10} - 10} \cdot 10^{\frac{(-113+NF)}{10} - 10} \cdot 10^{\frac{(PM_{VCO}+30.9)}{10}} \right] &+ 4.14dB \\
 &= -2 \cdot IIP3_{LNA} + 2 \cdot (27dBm + Isolation_{duplexer}) + (-30dBm) + 6dB
 \end{aligned}
 \tag{16}$$

식(16)을 이용해서 표준안의 테스트 조건에서 요구하는 교차변조 잡음 레벨을 만족하기 위한 RF시스템 설계를 할 수 있다. 식(16)을 보면 요구하는 교차변조 잡음 레벨은 시스템 전체 잡음지수와 설계 시 사용된 VCO의 위상잡음 크기에 의해서 결정이 되고, 결정된 레벨을 만족하기 위해서는 LNA의 IIP3와 듀플렉서의 격리도를 적절히 선택해야한다.

그림8은 식(16)을 이용해서 시스템 설계 시 요구되는 교차변조 잡음레벨을 만족하기 위한 부품들의 변수 사양을 분석 및 결정한 것이다. 그림8에서 교차변조 잡음은 설계하는 시스템의 LNA IIP3와 듀플렉서 격리도가 서로 'Trade-off' 관계에 있음을 알 수 있다. 즉, 듀플렉서의 격리도가 크면 LNA의 IIP3는 다소 작은 값을 요구하고, 반대로 듀플렉서의 격리도가 작으면 LNA의 IIP3는 다소 큰 값을 요구한다. 따라서 듀플렉서의 격리도를 무한히 높이는 것

도 한계가 있고, LNA의 IIP3를 높이면 시스템의 전력소모가 커지므로 시스템 설계 시 서로 상관관계를 잘 따져서 듀플렉서와 LNA를 선정해야 한다.

V. 결 론

본 논문에서는 cdma2000 표준안의 단일톤 둔감도 테스트조건을 만족하기 위한 교차변조 잡음레벨을 표준안으로부터 분석하였고, cdma2000 RF시스템 설계 시 테스트 조건을 만족하기 위한 부품들의 사양을 결정하였다. 표준안의 분석으로부터 교차변조 잡음은 시스템 잡음지수와 VCO 위상잡음에 의해서 요구레벨이 결정되며, 이 두 변수 사이에는 서로 'Trade-off' 관계에 있음을 확인하였다. 또한 설계 시 요구레벨을 만족시키기 위한 교차변조 잡음은 LNA의 IIP3와 듀플렉서의 격리도에 의해서 결정이 됨을 확인하였다. 따라서 시스템 설계 시 표준안에서 요구하는 교차변조 잡음을 만족하기 위해서는 먼저 설계하려고 하는 시스템의 전체 잡음지수를 결정하고, VCO와 LNA 그리고 듀플렉서의 상호상관관계를 따져서 선정해야한다. 현재 상용화되어 있는 부품들의 사양을 고려해서 시스템 설계 시 요구되는 교차변조 잡음을 만족하기 위한 최적의 부품 사양을 표2에 나타내었다.

본 논문이 cdma2000 단말기 설계 시 단일톤 둔감도 테스트조건을 만족시키기 위한 부품 선정의 기준이 될 수 있을 것이다. 또한 부품 설계 시에도 각 사양을 조화(調和)하여 부품 성능을 최적화하는 기준자료가 될 것이다.

표2. 요구조건을 만족하기 위한 최적의 부품사양

	Total NF (Max.)	VCO Phase Noise (Offset: 900kHz)	LNA IIP3	Duplexer Isolation
1	8dB	-138dBc/Hz	4.5dBm	60dB
			5.5dBm	59dB
			6.5dBm	58dB
			7.5dBm	57dB
2	8dB	-144dBc/Hz	8.5dBm	56dB
			4dBm	60dB
			5dBm	59dB
			6dBm	58dB
			7dBm	57dB
			8dBm	56dB

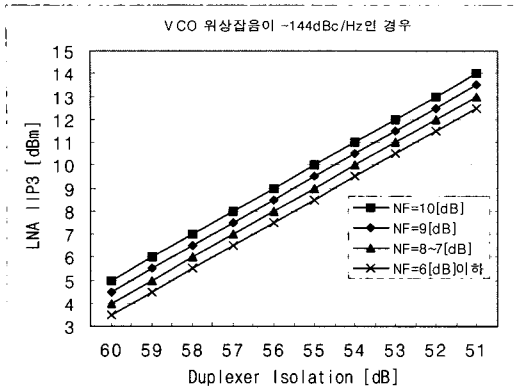


그림8a. VCO의 위상잡음이 -144dBc/Hz인 경우 각 잡음지수에 대한 LNA IIP3와 듀플렉서 격리도

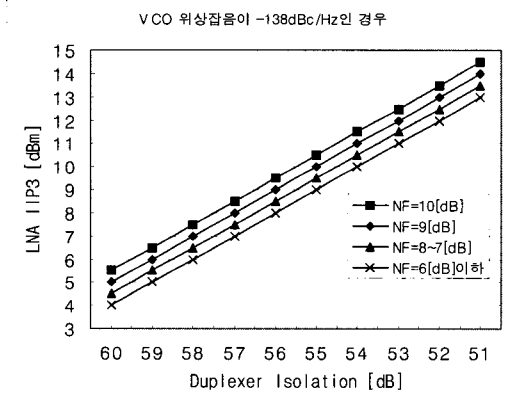


그림8b. VCO의 위상잡음이 -138dBc/Hz인 경우 각 잡음지수에 대한 LNA IIP3와 듀플렉서 격리도

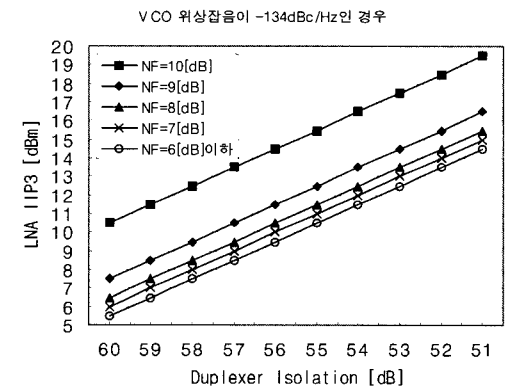


그림8c. VCO의 위상잡음이 -134dBc/Hz인 경우 각 잡음지수에 대한 LNA IIP3와 듀플렉서 격리도

참 고 문 헌

- [1] 3GPP TSG-C4.1, "Recommended Minimum Performance Standards for cdma2000 Spread Spectrum Mobile Station", TIA/EIA-98-D. Jul. 2000.
- [2] W.Y.Ali-Ahmad, "RF System Issues Related to CDMA Receivers Specifications", RF Design, September 1999, pp.22-32.
- [3] B. Razavi, RF Microelectronics, Prentice Hall, 1998, pp.39-43.
- [4] Vladimir Aparin, Brian Butler, Paul Draxler, "Cross Modulation Distortion in CDMA Receivers", Microwave Symposium Digest., 2000 IEEE MTT-S International, 2000, pp.1953-1956.
- [5] Kevin McClaning and Tom Vito, Radio Receiver Design, Noble, pp.356-360
- [6] R. Mohindra, "Cross-Modulation and Linearization in CDMA Mobile Phone Transceivers", Seventh Annual Wireless Symposium, San Jose, CA, February 1999, pp.22-26.

곽 준 호(Jun-Ho Kwack)

준회원



2001년 2월 : 한밭대학교 전자
공학과 졸업, 공학사

2002년 3월~현재 : 한밭대학교
정보통신전문대학원 석사 과정

<주관심분야> 이동통신 단말기 RF 시스템 분석/설
계/제작, 이동통신 RF 시스템 시뮬레이션

김 학 선(Hak-Sun Kim)

정회원



1986년 2월 : 한국항공대학교
항공전자공학과, 공학사

1990년 2월 : 한국항공대학교
항공전자공학과, 공학석사

1993년 8월 : 한국항공대학교
항공전자공학과, 공학박사

1993년 8월~현재 : 한밭대학교
정보통신·컴퓨터 공학부 부교수

<주관심분야> UWB 시스템 분석/설계, RF 시스템
분석/설계, 이동통신 단말기 RF Block 설계/제작/측
정, MMIC 설계