

IMT-2000 단말기용 RF 수신모듈 설계 및 제작

°황치전, 이규복, 박인식, 박규호, 박종철

전자부품연구원

Tel : +82-333-6104-130 / Fax : +82-333-6104-263

Design and Fabrication of RF Receiver Module for IMT-2000 Handset

°C. J. Hwang, K. B. Lee, I. S. Park, K. H. Park, J. C. Park

Korea Electronics Technology Institute

hwangcj@nuri.keti.re.kr

Abstract

In this paper, we describes RF receiver module for IMT-2000 handset with 5MHz channel bandwidth. The fabricated RF receiver module consists of Low Noise Amplifier, RF SAW filter, Down-converter, IF SAW filter, AGC and PLL Synthesizer. The NF and IIP3 of LNA is 0.8dB, 3dBm at 2.14GHz, conversion gain of downconverter is 10dB, dynamic range of AGC is 80dB, and phase noise of PLL is -100 dBc at 100kHz. The receiver sensitivity is -110dBm, adjacent channel selectivity is -48dBm.

I. 서론

IMT-2000은 기존의 음성 및 문자 송/수신뿐만 아니라 영상전송까지 가능하고 전 세계를 하나의 단말기로 통화권을 형성하는 제3세대 이동 통신이다. 현재 시스템 방식은 크게 일본, 유럽이 채택하고 있는 W-CDMA, 미국 등이 채택하고 있는 CDMA2000 두 방식으로 분할되어 추진되고 있는 상황이다. 현재 예상으로는 2002년 서비스가 시작될 것으로 보고 있으며, 이를 위해 일본, 유럽 및 미국등 선진국에서 활발

히 개발중이거나, 시험테스트 중에 있으며 국내에서도 단말기 업체를 중심으로 개발중이고 일부는 시험테스트 중으로 활발한 연구가 진행 중이다.

본 논문에서는 W-CDMA 방식의 5MHz 채널 대역폭을 갖는 IMT-2000 단말기의 시스템 블록을 설정하고 기존의 CDMA방식을 채택하고 있는 PCS규격을 참고하여 RF 수신모듈을 구성하고 있는 구성소자의 규격을 설정하여 설계 및 제작하고 이를 이용하여 IMT-2000 단말기용 RF 수신모듈을 제작하고 특성을 측정, 분석하고자 한다. [1][2][3]

II. RF 시스템 블록 및 규격설정

본 논문에서 다루고 있는 IMT-2000 단말기의 RF 세부 규격은 현재 각국의 전문가들에 의해 구성된 협의 기구를 통해 진행되고 있으며, 현재 정확한 규격설정이 이루어지지 않은 상태이다. 그래서 본 논문에서는 일부 정규화된 송/수신주파수 및 채널 대역폭 등의 규격과 CDMA 방식의 PCS 규격을 활용하여 임의의 규격을 설정하였으며, 이에 준해 RF 시스템의 블록 및 규격을 설정하였다. 설정된 RF 수신모듈의 주요규격은 표 1에 나타내었고, RF 시스템의 블록도를 그림 1에 나타내었다. [4]

본 논문에서 구현한 회로는 그림 1.의 점선으로 표시된 부분에 한해서 설계, 제작하였다. 수신 단의 IF 주파수 및 LO 주파수는 송신주파수를 고려하여 IF 주파수는 송신 단의 IF 주파수의 1/2인 190MHz, LO 주파수는 2300 ~ 2360MHz로 설정하였으며 이 구간에 의해 설계, 제작하였다.

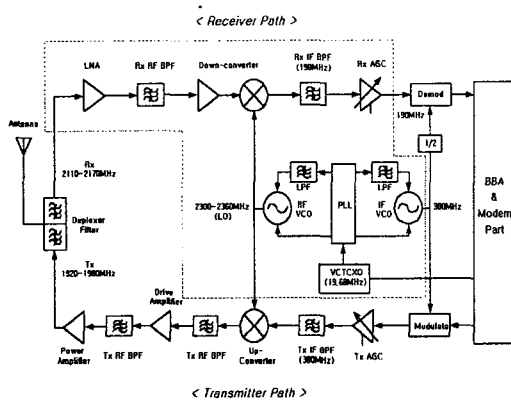


그림 1. IMT-2000 단말기용 RF 시스템 블록도.

표 1. IMT-2000 단말기 RF 수신모듈 규격

	항목	규격
LNA	Gain NF IIP3	>15dB <1.5dB >2dBm
RF SAW Filter	삽입손실 Attenuation	<-2dB <-30dB @ 1950MHz
Downconverter	CG Harmonic	>10dB <-20dBc
IF SAW Filter	삽입손실 Attenuation	>-10dB <-40dB @ 8MHz대역
AGC	동작범위 IIP3	-40 ~ +40dB >-7dBm @ Vctl=0.5V
PLL	위상잡음 Lock Time	<-100dBc (IF) <-100dBc (RF) @ 100kHz <1ms (RF)

III. 구성요소 설계 및 제작

본 논문에서는 저잡음 증폭기, 하향 주파수 변환기의 IF 증폭기 및 PLL를 Discrete하게 설계, 제작하였으며 PLL IC, RF SAW Filter, IF SAW Filter, Mixer IC, AGC IC는 규격을 만족하는 제품을 이용하여 RF 수신 모듈을 구현하였다. [5]

A. 저잡음 증폭기

이동통신 단말기의 수신기에서 LNA의 잡음지수, IIP3 특성은 중요한 요소로 자리잡고 있다. 잡음지수의 경우 수신기의 입력 단에 있는 LNA의 잡음특성이 수신감도 특성에 직접적인 영향을 미치기 때문에 중요시되고 있다. 그리고 수신기에서 필터에 의해 원치 않는 신호를 억제하지만 필터 자체에 한계가 있기 때문에 이를 보상해 주기 위해서는 수신기의 입력 단에 있는 LNA의 선형특성이 좋아야 하기 때문에 IIP3 특성이 중요한 요소로 작용하고 있다. 그림 2.는 설계 및 제작한 LNA 회로도이다.

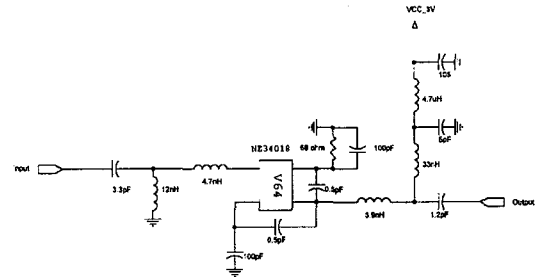


그림 2. 설계 및 제작한 저잡음 증폭기 회로도.

그림 3.은 저잡음 증폭기의 잡음지수 및 이득, IIP3특성을 보여주고 있다.

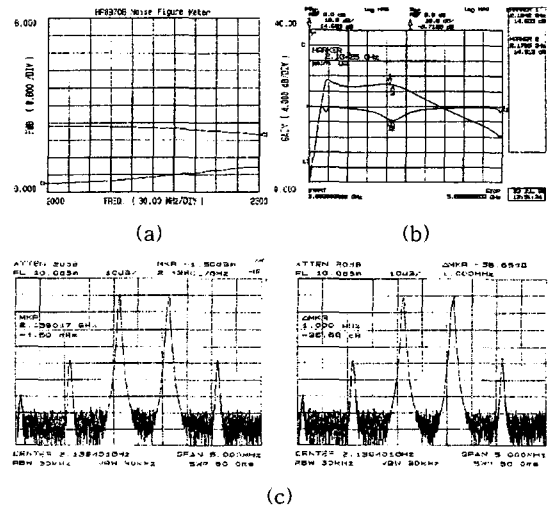


그림 3. (a) 잡음지수, 이득, (b) 주파수 특성, (c) IIP3

B. 하향 주파수 변환기

하향 주파수 변환기는 혼합기에서 변환이득을 -7dB

를 얻어 이를 보상해주기 위해 출력 단에 IF Amp를 달아주었다. 이 두 소자를 Integration하여 하향 주파수 변환기를 설계, 제작하였다. 그림 4는 Spur특성 및 IF 포트 격리도 특성을 보여주고 있다.

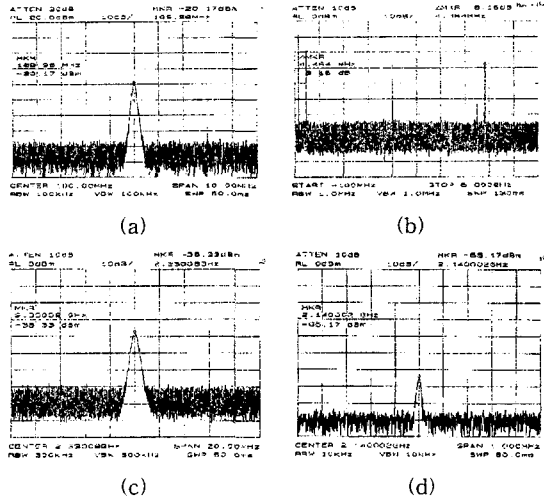


그림 4. (a) Fundamental Signal (b) Spur 특성
(c) LO to IF 포트 (d) RF to IF 포트

C. AGC

AGC는 입력신호의 크기에 따라 Demodulator의 입력 신호 크기를 맞춰주기 위해 자동전압제어를 통해 이득을 변화시켜주는 수신기의 구성소자로 동작범위 및 IIP3특성이 중요시되고 있다. 보통 CDMA방식의 PCS에서는 -40~+40dB의 동작범위를 요구하고 있다.

본 논문에서도 PCS 요구 규격을 만족하는 IC를 선택하여 회로를 구성하였다. 그 특성을 그림 5에 나타내었다.

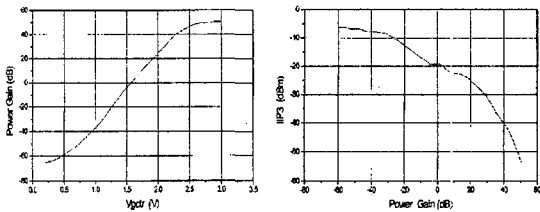


그림 5. AGC의 동작범위 및 IIP3 특성

D. PLL 주파수 합성기

본 논문에서 PLL 주파수 합성기는 RF 주파수 2300~2360MHz와 IF 주파수 380MHz를 함께 제어하는 Dual PLL 방식을 이용하였으며, PLL IC 및 RF VCO는 규격을 만족하는 제품을 사용하였고, IF VCO는 Discrete하게 설계하여 PLL 주파수 합성기를 구현하였다. 그림 6은 측정된 결과를 보여주고 있다.

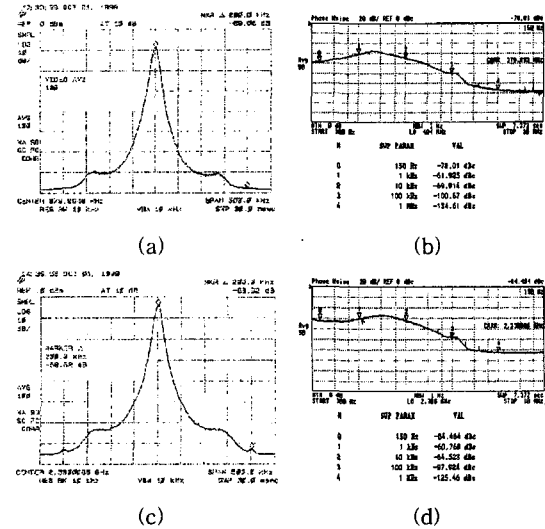


그림 6. (a) Reference Spur특성(IF) (b) 위상잡음특성
(c) Reference Spur특성(RF) (d) 위상잡음특성
(e) Lock Time(RF)

IV. RF 수신모듈 제작 및 측정결과

앞 절에서 보여준 소자 이외에 RF/IF SAW Filter를 추가하여 수신모듈을 제작하였다. IF SAW Filter의 경우 RF와 달리 임피던스가 50Ω이 아니므로 입력 단은 50Ω에 정합을 시켜 하향 주파수 변환기와 연결하고 출력 단은 AGC와 임피던스를 정합하여 연결하여야 한다. 정합시 SAW Filter의 특성과 임피던스 정합사이에서 타협점을 찾아 최적화 하는 것이 중요하다. 그리고 정합시 인덕터는 Q특성이 좋은 인덕터를 사용하면

좋은 특성을 얻을 수 있다. 그림 7은 RF 수신모듈을 구현했을 때 수신감도 및 인접채널선택도(분감도), 송신 신호 억압도, 고조파 특성을 보여주고 있다.

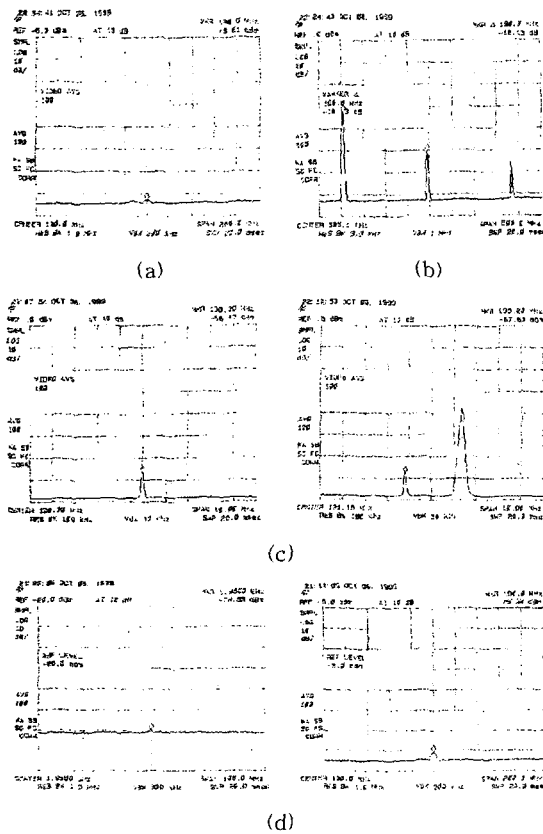


그림 7. (a) 수신감도 특성 (b) 고조파 특성
(c) 인접채널선택도(분감도) @ 2142.5MHz
(d) 송신신호억압도

그림 7(a)는 -110dBm 입력신호 인가시 수신감도이고, (c)는 2140MHz -80dBm이고 2142.5MHz -80dBm에서 -48dBm으로 전력 인가시 원 신호가 1dB 감소를 보일 시의 특성이고 2137.5MHz 일 때에도 동일한 특성을 보였다. 그리고 (d)는 수신신호는 -110dBm, 송신신호는 -10dBm을 인가하여 듀플렉서를 거쳐 수신기로 유입되는 송신신호의 억압도를 측정하였다. 이 때 듀플렉서의 감쇄특성은 -40dB로 가정하였다. 표 2는 측정결과와 설정한 규격과 비교한 것이다.

V. 결론

본 논문에서는 IMT-2000 단말기용 RF 수신모듈을

구현하였으며 그 특성을 측정하였다. 측정결과는 앞서 언급한 규격을 만족은 하였으며, 전체 수신모듈 특성도 구현 가능한 특성을 보여주었다. 현재 정확한 규격이 설정되어 있지 않은 상태이고 구현은 가능하나 Baseband단과의 Integration시 특성악화여부의 불확실성 및 기타 미비한 점들이 산재해 있으므로 지속적인 연구를 통해 보완, 수정이 요구되며, 보완해 나가야 할 것이다.

표 2. 설정한 규격과 측정결과 비교

항목	규격	측정결과
LNA	Gain >15dB NF <1.5dB IIP3 >2dBm	14.5dB <0.8dB 3dBm
RF SAW Filter	삽입손실 <-2dB Attenuation <-30dB @ 1950MHz	-2.15dB 16dB @ 1950MHz
Down converter	CG >10dB spur <-20dBc	10dB -18dBc
IF SAW Filter	삽입손실 >-10dB Attenuation <-40dB @ 8MHz대역	-9dB -40dB @ 8MHz대역
AGC	동작범위 IIP3 >-7dBm @ Vctl=0.5V	-40 ~ -37dB -6.3dBm @ Vctl=0.5V
PLL	위상잡음 <-100dBc(IF) <-100dBc(RF) @ 100kHz Lock Time <1ms(RF)	-98dBc (IF) -100dBc(RF) @ 100kHz 631μs(RF)

참고문헌

- [1] Atsushi Fukasawa and Takuro Sato, "Wideband CDMA System for Personal Radio Communications", IEEE Communications Magazine, pp.116~123, Oct 1996.
- [2] Akio Sasaki, "Current Situation of IMT-2000 Radio Transmission Technology Study in Japan", IEICE Trans. Commun., vol. E81 B, no.7, pp.1299~1304, July 1998.
- [3] Kyu-Jin Wee and Yong-Sup Shin, "Current IMT-2000 R&D Status and Views in Korea", IEEE Communications Magazine, pp.160~164, Sep 1998.
- [4] Richard D. Carsello and Reuven Meidan, "IMT-2000 Standards:Radio Aspects", IEEE Personal Communications, pp.30~40, Aug 1997.
- [5] Kimo Chung and Sangseok Oh, "Multiband CDMA RF Design for IMT-2000", Proceeding of The 4th International Workshop on Mobile Multimedia Communications, pp.344~347, 1997.

* 본 연구는 정보통신부에서 시행한 선도기반기술 개발 사업의 일환으로 이루어졌음.