

IMT-2000단말기용 RF 수신모듈 설계 및 제작에 관한 연구

이규복 · 송희석 · 박종철

전자부품연구원

(E-mail: leekb@nuri.keti.re.kr)

A Study on the Design and Fabrication of RF Receiver Module for IMT-2000 Handset

K. B. Lee, H. S. Song and J. C. Park

Korea Electronics Technology Institute

초 록: 본 논문에서는 5 MHz의 채널 대역폭을 갖는 IMT-2000단말기용 RF 수신모듈을 설계하여 제작하였다. 제작된 RF 수신모듈은 저잡음증폭기, RF SAW 필터, 하향 변환기, IF SAW 필터, AGC, PLL 주파수합성기로 구성되어졌다. 저잡음증폭기의 잡음지수와 IIP3는 2.14 GHz에서 0.8 dB와 3 dBm이고, 하향 변환기의 변환이득은 10 dB, AGC의 활성영역은 80 dB이었고, PLL의 위상잡음은 100 kHz에서 -100 dBc이었다. 수신모듈의 수신감도는 -48 dBm으로 제작되었다.

Abstract: In this paper, we describe RF receiver module for IMT-2000 handset with 5 MHz 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 0.8 dB, 3 dBm at 2.14 GHz, conversion gain of down-converter is 10 dB, dynamic range of AGC is 80 dB, and phase noise of PLL is -100 dBc at 100 kHz. The receiver sensitivity is -110 dBm, adjacent channel selectivity is -48 dBm.

1. 서 론

IMT-2000(international mobile telecommunication)은 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 비동기 방식인 W-CDMA(wideband-code division multiple access), 퀄컴이 주도하여 미국 등이 채택하고 있는 동기식인 CDMA2000 두 방식으로 분할되어 추진되고 있는 상황이다. 현재 예상으로는 2002년 서비스가 시작될 것으로 보고 있으며, 이를 위해 일본, 유럽 및 미국등 선진국에서 활발히 개발중이거나, 시험테스트 중에 있으며 국내에서도 단말기 업체를 중심으로 개발중이고 일부는 시험테스트 중으로 활발한 연구가 진행 중이다.

본 논문에서는 W-CDMA 방식의 5 MHz 채널 대역

폭을 갖는 IMT-2000 단말기의 시스템 블록을 설정하고 기존의 CDMA방식을 채택하고 있는 PCS(personal communication system)규격을 참고하여 RF(radio frequency) 수신모듈을 구성하고 있는 구성소자의 규격을 설정하여 설계 및 제작하고 이를 이용하여 IMT-2000 단말기용 RF 수신모듈을 제작하고 특성을 측정, 분석하고자 한다.¹⁻³⁾

2. RF 시스템 블록 및 규격설정

본 논문에서 다루고 있는 IMT-2000 단말기의 RF 세부 규격은 현재 각국의 전문가들에 의해 구성된 협의기구를 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 설

Table 1. Specification of RF receiver module for IMT-2000 Handset

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

정하였으며, 이에 준해 RF 시스템의 블록 및 규격을 설정하였다. 설정된 RF 수신모듈의 주요규격은 Table 1에 나타내었고, RF 시스템의 블록도를 Fig. 1에 나타내었다.⁴⁾

본 논문에서 구현한 회로는 Fig. 1의 점선으로 표시된 부분에 한해서 설계, 제작하였다. 수신 단의 IF (intermediate frequency) 및 LO(local oscillator) 주파수는 송신주파수를 고려하여 IF 주파수는 송신 단의 IF 주파수의 1/2인 190 MHz, LO 주파수는 2300~2360 MHz로 설정하였으며 이 규격에 의해 설계, 제작하였다.

3. 구성요소 설계 및 제작

본 논문에서는 저잡음 증폭기, 하향 주파수 변환기의 IF 증폭기 및 PLL(phase locked loop) 주파수 합성기를 개별부품으로 discrete하게 설계, 제작하였으며 PLL IC, RF SAW(surface acoustic wave)필터, IF SAW 필터, 하향주파수 변환기 IC, AGC(automatic gain control) IC는 규격을 만족하는 제품을 이용하여 RF 수신모듈을 구현하였다⁵⁾.

A. 저잡음 증폭기(LNA)

이동통신 단말기의 수신기에서 LNA(low noise amplifier)의 잡음지수, IIP3 특성은 중요한 요소로 자리

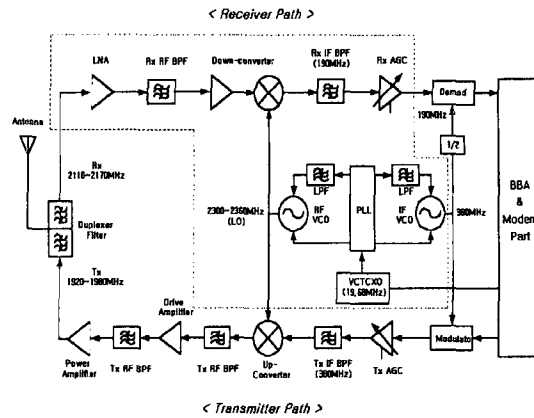


Fig. 1. RF system block diagram for IMT-2000 Handset.

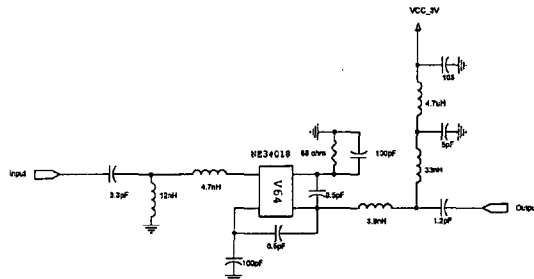


Fig. 2. Designed circuit of low noise amplifier.

잡고 있다. 잡음지수의 경우 수신기의 입력 단에 있는 LNA의 잡음특성이 수신감도 특성에 직접적인 영향을 미치기 때문에 중요시 되고 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. Fig. 2는 설계 및 제작한 LNA 회로도이다.

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

B. 하향 주파수 변환기

하향 주파수 변환기는 혼합기에서 변환이득을 -7 dB를 얻어 이를 보상해 주기 위해 출력 단에 IF 증폭기를 달아주었다. 이 두 소자를 integration하여 하향 주파수 변환기를 설계, 제작하였다. Fig. 4는 스퓨리어스 특성 및 IF포트 격리도 특성을 보여주고 있다.

C. AGC

AGC는 입력신호의 크기에 따라 복조기의 입력신호 크기를 맞춰주기 위해 자동전압제어를 통해 이득을 변

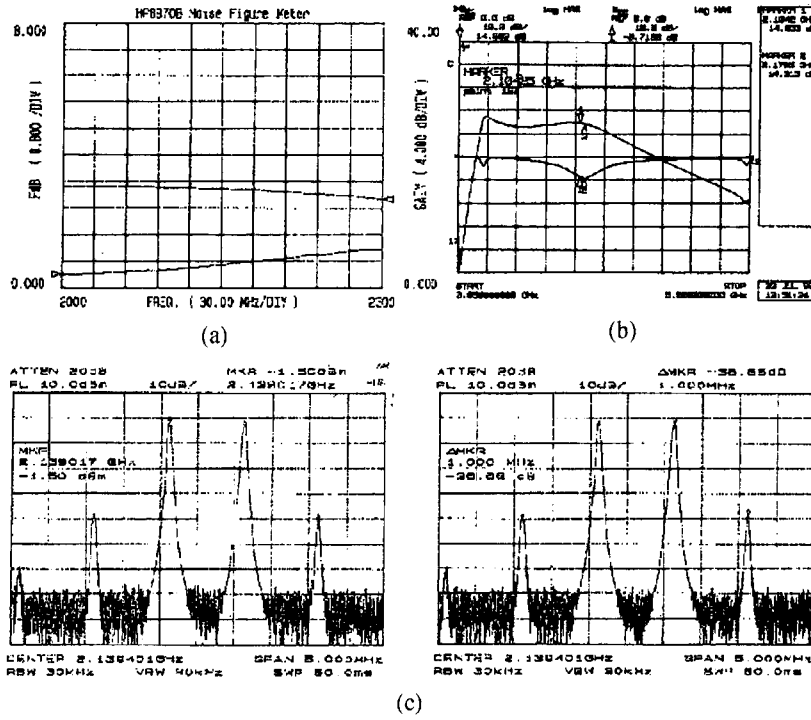


Fig. 3. (a) Noise Figure, Gain, (b) Frequency, (c) IIP3.

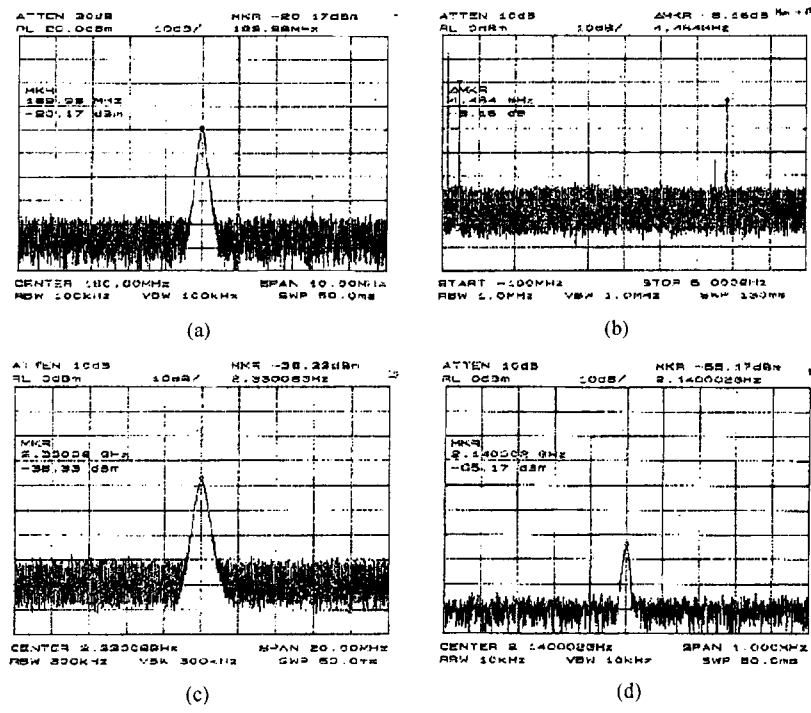


Fig. 4. (a) Fundamental Signal, (b) Spurious, (c) LO to IF port, (d) RF to IF port.

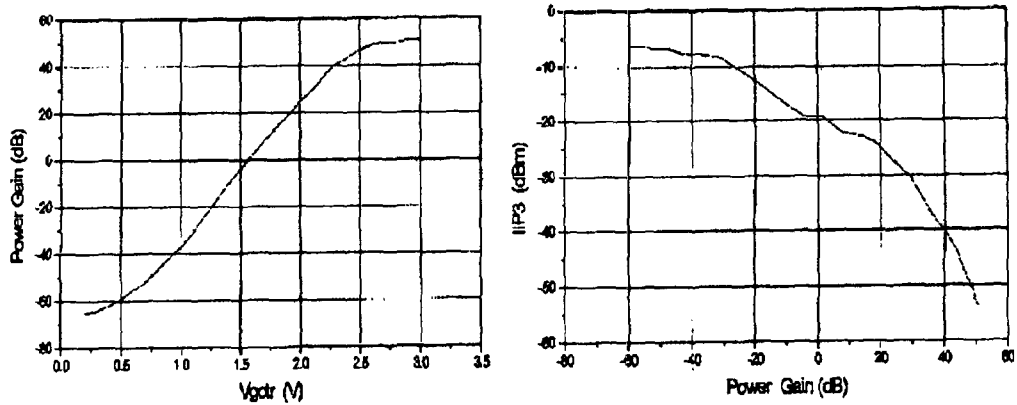


Fig. 5. Operation range and IIP3 of AGC.

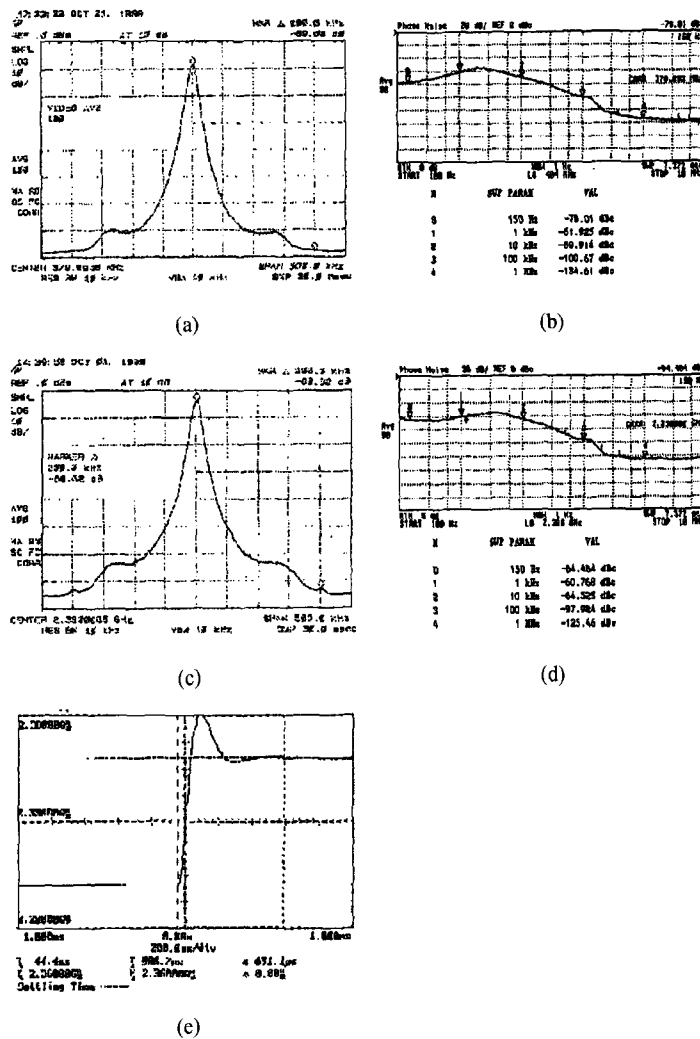


Fig. 6. (a) Reference Spurious (IF), (b) Noise Figure (IF), (c) Reference Spurious (RF), (d) Noise Figure (RF), (e) Lock Time (RF).

화시켜주는 수신기의 구성소자로 동작범위 및 IIP3 특성이 중요시되고 있다. 보통 CDMA방식의 PCS에서는 -40~+40 dB의 동작범위를 요구하고 있다.

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

이중대역 PLL 방식을 이용하였으며, PLL IC 및 RF VCO (voltage controlled oscillator)는 규격을 만족하는 제품을 사용하였고, IF VCO는 discrete하게 설계하여 PLL 주파수 합성기를 구현하였다. Fig. 6은 측정된 결과를 보여주고 있다.

D. PLL 주파수 합성기

본 논문에서 PLL 주파수 합성기는 RF 주파수 2300~2360 MHz와 IF 주파수 380 MHz를 함께 제어하는

4. RF 수신모듈 제작 및 측정결과

앞 절에서 보여준 소자 이외에 RF/IF SAW 필터를

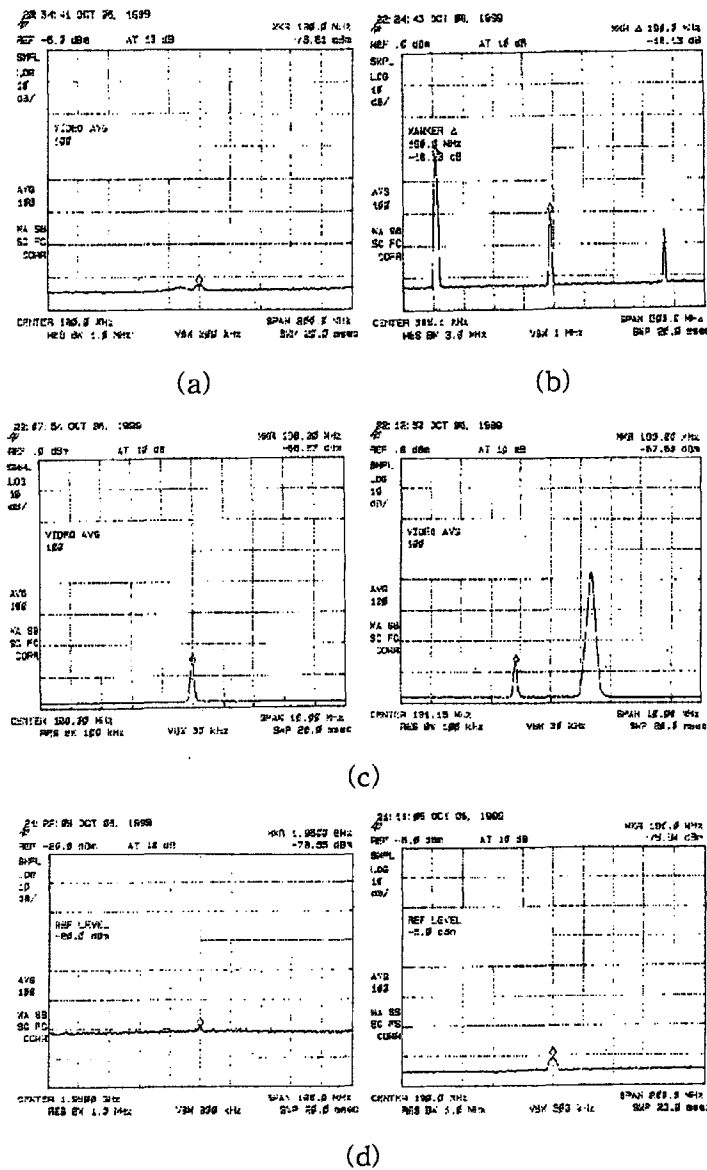


Fig. 7. (a) Receive sensitivity, (b) Harmonics, (c) Adjacent channel sensitivity@2142.5 MHz, (d) Transmit signal Isolation.

추가하여 수신모듈을 제작하였다. IF SAW 필터의 경우 RF와 달리 임피던스가 50Ω 이 아니므로 입력 단은 50Ω 에 정합을 시켜 하향 주파수 변환기와 연결하고 출력 단은 AGC와 임피던스를 정합하여 연결하여야 한다. 정합시 SAW 필터의 특성과 임피던스 정합사이에서 타협점을 찾아 최적화 하는 것이 중요하다. 그리고 정합시 인덕터는 Q(quality)특성이 좋은 인덕터를 사용하면 좋은 특성을 얻을 수 있다. Fig. 7은 RF 수신모듈을 구현했을 때 수신감도 및 인접채널선택도(둔감도), 송신 신호 억압도, 고조파 특성을 보여주고 있다.

Fig. 7(a)는 -110 dBm 입력신호 인가시 수신감도이고, (c)는 $2140 \text{ MHz } -80 \text{ dBm}$ 이고 $2142.5 \text{ MHz } -80 \text{ dBm}$ 에서 -48 dBm 으로 전력 인가시 원 신호가 1 dB 감소를 보일시의 특성이고 2137.5 MHz 일 때에도 동일한 특성을 보였다. 그리고 (d)는 수신신호는 -110 dBm ,

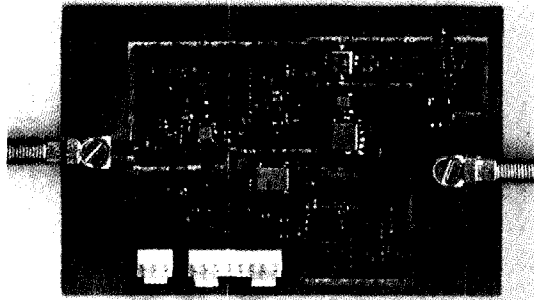


Fig. 8. Developed RF receiver module for IMT-2000 Handset.

송신신호는 -10 dBm 을 인가하여 듀플렉서를 거쳐 수신기로 유입되는 송신신호의 억압도를 측정하였다. 이때 듀플렉서의 감쇄특성은 -40 dB 로 가정하였다. Fig. 8은 제작된 IMT-2000단말기용 RF 수신모듈의 제작결과 사진이다. 기판은 유전율 4.8이고, 두께가 1.2 cm 인 4층 FR4 PCB 기판을 사용하였다. 기판의 내부 층에는 바이어스라인과 신호연결라인을 주로 구성하여 전체적인 RF 수신모듈의 크기를 최소화하였다. Table 2는 측정결과와 설정한 규격과 비교한 것이다.

5. 결 론

본 논문에서는 IMT-2000 단말기용 RF 수신모듈을 각 개별 부품의 설계를 통하여 구현하였으며, 그 특성을 측정하였다. 측정결과는 앞서 언급한 규격을 만족하였으며, 전체 수신모듈 특성도 구현 가능한 특성을 보여주었다. 현재 정확한 규격이 설정되어 있지 않은 상태이고 구현은 가능하나 베이스밴드단과의 integration시 특성악화여부의 불확실성 및 기타 미비한 점들이 산재해 있으므로 지속적인 연구를 통해 보완, 수정이 요구되며, 보완해 나가야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 정보통신부에서 시행한 선도기반기술 개발 사업의 일환으로 이루어졌음.

Table 2. Comparison approved specification with measured result

	항 목	규 격	측정결과
LNA	Gain	$>15 \text{ dB}$	14.5 dB
	NF	$<1.5 \text{ dB}$	$<0.8 \text{ dB}$
	IIP3	$>2 \text{ dBm}$	3 dBm
RF SAW Filter	삽입손실	$<-2 \text{ dB}$	-2.15 dB
	감쇄량	$<-30 \text{ dB}@1950 \text{ MHz}$	$16 \text{ dB}@1950 \text{ MHz}$
Down converter	CG	$>10 \text{ dB}$	10 dB
	spur	$<-20 \text{ dBc}$	-18 dBc
IF SAW Filter	삽입손실	$>-10 \text{ dB}$	-9 dB
	감쇄량	$<-40 \text{ dB}@8 \text{ MHz대역}$	$-40 \text{ dB}@8 \text{ MHz대역}$
AGC	동작범위	$-40 \sim +40 \text{ dB}$	$-40 \sim 37 \text{ dB}$
	IIP3	$>-7 \text{ dBm}@V_{ctl}=0.5 \text{ V}$	$-6.3 \text{ dBm}@V_{ctl}=0.5 \text{ V}$
	위상잡음	$<-100 \text{ dBc(IF)}$	-98 dBc (IF)
PLL		$<-100 \text{ dBc(RF)}@100 \text{ kHz}$	$-100 \text{ dBc(RF)}@100 \text{ kHz}$
	Lock Time	$<1 \text{ ms(RF)}$	$631 \mu\text{s(RF)}$

참고문헌

1. A. Fukasawa and T. Sato, "Wideband CDMA System for Personal Radio Communications", IEEE Communications Magazine, pp. 116-123, Oct 1996.
2. A. 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. R. D. Carsello and R. Meidan, "IMT-2000 Standards: Radio Aspects", IEEE Personal Communications, pp. 30-40, Aug 1997.
5. K. M. Chung and S. S. Oh, "Multiband CDMA RF Design for IMT-2000", Proceeding of The 4th International Workshop on Mobile Multimedia Communications, pp. 344-347, 1997.