광대역 CDMA를 이용한 IMT-2000 회로 설계 및 성능 평가에 관한 연구

이흥기* · 김기문** · 정세모***

A study on Circuit Design and Performance Evaluation of the IMT-2000 for Wideband CDMA

Heung-Ki Lee* · Ki-Moon Kim** · Se-mo Jung***

요 약

본 연구에서는 광대역 CDMA의 특징과 광대역 CDMA 기술을 이용한 IMT-2000용 단말기에 요구되는 기술규격에 대해서 연구하고 제안하여, 제안된 규격을 만족하는 RF회로 및 이론적 모델을 분석하여 설계하였다. 본 연구에서 구현된 단말기의 RF회로는 3개의 부분으로 구성되어 평가되었다. 주파수합성부는 스왈로우 카운터와 고차 델타시그마 변조기를 통해 스퓨리어스를 감소시켰다. 송신부의 출력은 50mW이며, 스퓨리어스특성은 5MHz옵셋에서 -40dB/30kHz이며, 전력제어범위는 -20dB이다. 환경 및 이론적설계에서 고려되어야 할 제안특성들은 가능한 한 간단히 표현되었으나, 본 연구의 결과를 통해 광대역 CDMA 이동통신시스템의 설계에 활용될 수 있을 것이다.

Abstract

In this dissertation, the characteristics of W-CDMA(Wideband CDMA) are

* 한국해양대학교 대학원 박사과정
** 한국해양대학교 전자통신공학과 교수
*** 한국해양대학교 해사수송공학부 교수

studied and required specifications of IMT-2000 transceiver using W-CDMA method are proposed. Also, in order to design the RF circuits satisfied the proposed specifications, theoretical models are expanded and real circuits are made. Then the RF circuits of the mobile stations are implemented in the three parts, transmitter, receiver and frequency synthesizer and are evaluated. The frequency synthesizer is designed using techniques of swallow counter and passive 3rd loop filter. For improving characteristics of the loop, a LPF was added to the 2nd loop filter. So although the locking times are loosed, the spurious are reduced. The output power of transmitter is over 50mW, the spurious output is -40dB/30kHz at 5MHz offset and power control range is -20dB at 2.5V.

The proposed specifications are considered in highly practical environment and the theoretical designs and the experiments are expressed as simply as possible in order to facilitate understanding. It stands to reason that the results of this study can be used to design the wider CDMA(25MHz Bandwidth) mobile communication systems.

제1장. 서 론

오늘날 보편화된 서비스를 추구하는 개인 통신 시스템으로의 발전은 서비스의 다양화를 추진하게 되었으며, 그 데이터 전송량의 놀랄만한 증가와 전송속도 또한 고속화되고 있다. 이러한 추세에 발맞추어 이동 전화 부분과 무선호출부분에서 신규사업자의 선정을 통한 경쟁 도입이 추진되었고, 개인휴대통신(Personal Communication Service ; PCS), 저궤도 위성을 이용한 통신(Global Mobile Personal Communication Service ; GMPCS), 주파수 공용통신(Trunked Radio System ; TRS), 발신전용 휴대전화 서비스(Cordless Telephone-2 ; CT-2), 가입자회선망(Wireless Local Loop ; WLL)등 새로운 무선통신 서비스가 제공되고 있다. PCS나 디지털 셀룰러의 경우 협대역이기 때문에 영상을 포함한 멀티미디어 서비스나 고속 데이터통신 서비스가 불가능하다. 이로 말미암아 현재 구축되고 있는 PCS 시스템과 구분되는 차세대 이동통신 서비스의 개념이 등장하게 되었다[1].

국제 전기통신 연합(International Telecommunication Union ; ITU)을 중심으로 논의

dCollection

총인 차세대 이동통신 서비스인 IMT-2000은 고품질의 음성, 고속의 Data, Image, 동영상의 전송, 전세계적인 통화권의 구현, Internet접속 Multi-media 등의 고급 서비스 수요를 만족시킬 것이다. IMT-2000의 논의 과정 중에 초점이 되고 있는 것 중의 하나는 무선접속 규격이며 앞에서 언급한 고급 서비스를 수용하기 위한 규격으로서 여러 가지 방안이 먼저 제안되고 이를 평가한 후 세계 공통의 규격을 제정할 예정으로 있다[2]. 국내에서는 여러 가지 무선 접속 방식 중 광대역 CDMA(Wideband-CDMA : 광대역 CDMA) 방식이 IMT-2000 시스템의 무선 접속 방식으로 매우 유력시 되고 있는데, 이는 광대역 CDMA방식이 수용용량의 최대화와 고급의 서비스를 동시에 제공할 수 있는 특성을 지니고 있기 때문이다.

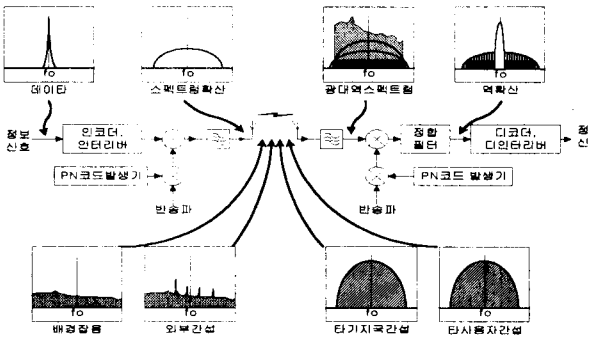
국내의 여러 기업들도 디지털 셀룰러 및 협대역 PCS용 기지국 장치 및 단말기를 생산하거나 개발 중에 있으나, 일부 RF 무선장치 및 핵심부품은 미국과 일본 등지에서 전량 수입하고 있는 실정이다. 더구나 광대역(10.5MHz) CDMA를 이용한 IMT-2000용 기지국/단말기의 무선장치 및 관련부품에 대한 기반기술은 매우 취약한 실정이다. 본 논문에서는 이러한 광대역 CDMA를 이용한 IMT-2000 단말기의 회로 설계 및 성능 평가에 관해 연구하고 제안된 RF 규격에 따른 회로설계와 성능평가 및 비교분석을 하였으며, 연구결과에 대한 기대효과 및 향후 연구방향을 제시하였다.

제2장. 광대역 CDMA의 이론적 고찰

2.1 대역 확산 통신

대역 확산 통신방식은 전송하려는 정보신호의 대역폭을 이보다 훨씬 더 넓은 전송 대역폭으로 확산시켜 통신하는 방식으로서 과거에 군사용 암호통신에서 사용된 기술이었는데, 최근에 민간용 디지털 이동통신에 적용하여 그 효능을 널리 인정받고 있는 통신방식이다. 전송할 신호의 대역을 미리 충분히 넓혀서 전력스펙트럼 밀도를 낮춘 후 전송하며 수신단에서는 거의 백색잡음 레벨 혹은 그 이하의 레벨로 수신되지만 대역을 넓힐 때 사용한 방법을 역으로 사용하여 수신된 신호의 대역폭을 좁힌 후 전력스펙트럼 밀도가 충분히 커지도록 하면 일반적인 통신방식에서와 같이 복조를 행할 수 있으며 원하는 정보를 검출해내는 방식으로 그림 1과 같다.

dCollection



<그림 1> 대역확산 통신 시스템의 구성도

Fig. 1 Block diagram of spread-spectrum system

대역확산 기법 중 가장 많이 쓰이는 방법은 앞에서도 기술한 것과 같이 직접확산 방식과 주파수도약 방식, 시간도약 방식 및 첩 방식 등이 있다. 그 외에도 위의 방법을 혼합하여 사용하는 방법도 있다[3].

2.2 CDMA 및 광대역 CDMA 시스템

앞 절에서 대역확산 통신방식의 기본 원리와 많이 사용되고 있는 두 가지 확산 기법에 대해 알아보았다. 이 절에서는 현재 PCS에 쓰이는 IS-95방식의 CDMA시스템과 IMT-2000에서 사용하게 될 광대역 CDMA시스템에 대해 비교해 보고자 한다.

2.2.1 IS-95 CDMA 시스템

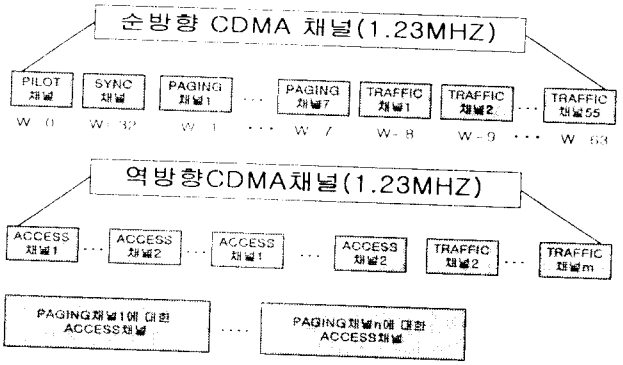
현재 우리 나라에서 사용되고 있는 개인휴대통신(PCS)에 할당된 주파수 대역폭은 역방향 링크가 1,750MHz~1,780MHz이고 순방향 링크가 1,840MHz~1,870MHz로 지정되어 있다.

CDMA시스템에서는 모든 기지국과 단말기와의 동기가 정확하게 이루어져야 한다. 동기가 정확하지 않으면 역확산과정에서 PN코드의 비트열을 정확하게 동기시킬 수 없어서 역확산이 불가능해지기 때문이다. IS-95 방식의 채널구조를 살펴보면 다음과 같다. IS-95 방식에서는 순방향과 역방향에 서로 다른 채널 구조를 가지고 있다. 그림 2에서와 같이 순방향 채널은 파이롯 채널(pilot channel), 동기 채널(sync. channel), 페이징 채널(paging channel), 통화 채널(traffic channel)로 구성되어 있고

dCollection

역방향 링크에는 접속 채널(access channel), 통화 채널로 구성되어 있다.

그림 2에서 보여주는 것과 같이 순방향 채널은 왈시 코드(Walsh code)에 의해서 확산이 되지만 역방향 채널은 긴코드(long code)에 의해서 확산이 된다.



<그림 2> IS-95방식의 채널구조

Fig. 2 The structure of the IS-95 method

2.2.2 광대역 CDMA 시스템

다양한 디지털 이동통신 시스템이 여러 국가에서 표준화되었거나 곧 표준화가 이루어질 예정으로 있으며 이런 시스템들은 제2세대 이동통신 시스템이라고 부른다. 무선호출, 코드리스폰, 셀룰러폰, 무선데이터통신, 위성통신 등이 여기에 속한다. 이동통신 가입자는 향후 폭발적으로 증가하여 제2세대 시스템으로는 서비스를 제대로 제공하지 못할 뿐만 아니라 가입자가 고품질 및 고속의 서비스를 원하는 경우 이를 충족시키지 못한다. 따라서 보다 충실하고 다양한 그리면서도 통합된 서비스를 제공하기 위하여 IMT-2000이 제3세대 이동통신 시스템으로 고려되고 있다. IMT-2000을 위한 표준안과 개발이 진행되고 있고 3세대 시스템에 대한 일반적인 요구사항은 제공할 수 있는 서비스와 시스템의 경제적인 측면에서 2세대 시스템보다 훨씬 우수하다. 3세대 시스템은 요구사항을 만족시킬 수 있는 높은 비트율의 데이터 전송 용량을 가져야 한다.

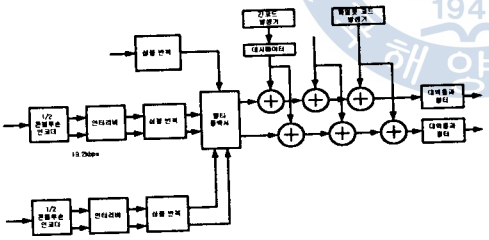
그러나, 간단히 높은 비트율 데이터 서비스를 제공하는 것만으로는 만족스럽지 못하기 때문에 다양한 데이터율을 다루는 것과 패킷형태의 서비스를 다루기 위한 목적으로 충분한 데이터 패킷전송을 구현하는 것이 필요하며 고품질의 음성 서비스, 주파수 사용의 고효율화와 더 많은 경제적 시스템이 요구된다[3].

dCollection

국내에서는 무선가입자망(Wireless Local Loop ; WLL) 및 IMT-2000개발을 위하여 광대역 CDMA 방식이 채택되었다. IMT-2000은 2000년초 서비스를 목표로 ITU-R에서 권고안을 작성하고 있는 제3세대 이동통신 시스템으로써 기존의 다양한 통신망들을 하나로 통합하고 지상과 위성간의 상호 보완적인 망을 구성하여 이를 통해 고품질 및 고속의 서비스가 제공될 것이다. IMT-2000의 목표는 하나의 단말기로 전 세계 어디에서나 통신할 수 있도록 하는 것이다.

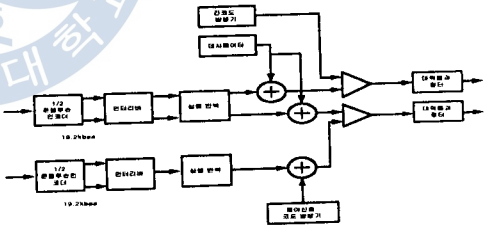
광대역 CDMA를 이용하는 이유는 넓은 대역과 높은 칩율(chip rate)로 IS-95 같이 좁은 대역폭을 갖는 CDMA보다 구현하기는 어렵지만, 실내환경이나 보행자 환경의 경우 페이딩에 강하고 다중경로에 의한 타임 다이버시티(time diversity)를 효과적으로 이용할 수 있는 점 외에 IMT-2000 시스템이 제공해야 할 다양한 서비스(음성, 영상, 데이터 등)를 가능케 하며, 영상 전송의 경우 높은 해상도의 이미지 전송이 가능하다는 점이다. 광대역 CDMA는 5MHz, 10MHz와 15MHz대역을 지원하게되며 80MHz의 듀플렉스 spacing을 가진 주파수 분할 듀플렉스(FDD)가 사용된다.

다음의 그림 3과 그림 4는 광대역 CDMA의 기지국과 단말기에 대한 변조구조를 나타낸 것이다. 파일롯 채널을 사용함으로써 두 채널에 대한 코히어런트 검출(coherent detection)을 이용한 복조가 가능하다[12].



<그림 2.3> 순방향 채널구조

Fig 2.3 Structure of the forward channel



<그림 2.4> 역방향 채널구조

Fig. 2.4 Structure of the Reverse channel

2.3 기존 이동통신 시스템과의 비교

기존 디지털 이동통신 시스템의 다중 접속방식은 크게 TDMA방식과 CDMA방식으로 나눌 수 있으며, 미국, 유럽 그리고 일본 등에서 표준화 과정중이거나 완성되어 실용화 단계에 있다. 미국의 IS - 54A방식은 TDMA 방식으로 현재 아날로그 이동 통신 방식인 AMPS와 공존하여 사용될 수 있도록 1989년도에 제안되었으며,

dCollection

DSI(Digital Speech Interpolation)와 half rate(4 kbps) 음성부호화기를 도입하여 용량 증대를 위한 더욱 진보된 E-TDMA(Extended-TDMA)방식이 Hughes network systems사에 의해 제안되었다.

<표 1> 현재 국내에서 제안된 주요 PCS 무선접속방식의 비교

Table 1 Comparisions of PCSs suggested in domestic

	PCS-1900	Upbanded IS-95	광대역 CDMA*
변조특성			
다원접속방식	TDMA	CDMA	광대역 CDMA
변조방식	GMSK	OQPSK/QPSK	QPSK
채널코딩	1/2 Conv.Coding	Conv.Coding Forward : 1/2 Reverse : 1/3	1/2 Conv.Coding (16kbps 이하)
비트전송률	Voice : 13kbps Data : 9.6,4.8,2.4kbps	Voice : 8.13kbps Var. Data : 14.4,9.6,7.2,4.8, 2.4,1.2kbps	Voice : 8,16,32kbps Data : 8,16,32kbps
변조파라메터			
BbT (1/T : Symbol Rate Bb : 3dB 대역폭)	0.3		
프레임 길이	4.62ms(8times slot)		
PN 칩 Rate		1.2288Mcps	4.608Mcps
Symbol Rate		(Forward/Reverse) 4.8,19.2ksps/28.8ksps	36ksps
		256,64/42,67	128
Processing Gain		128	128
PN Code Period		32768 PN cps	16384 PN cps
Frame Length		20ms	12ms
Walsh 칩 Rate		/307.2ksps	
RF 특성			
Duplexing	FDD/95MHz	FDD/80MHz(1900MHz**)	FDD/80MHz
Rf Channel Spacing	200kHz	1.25MHz	5MHz
단말기 최대송신출력	630 ~ 1,584mW	20W	0.1W***
기지국 최대송신출력	20 ~ 40W	20W	0.1W
기타			
Voice Coding	13kbps RPE-LTP	13kbps Var.CELP	8/16/32kbps ADPCM
Voice Activity Detection	사용	사용	연구중
Handover	MAHO	MAHO	MAHO
동화기 사용	사용	사용 않음	사용 않음

위와 유럽의 GSM방식이나 일본의 JDC방식은 ISDN 서비스를 고려하여 OSI모델로 설계하였기 때문에 현재의 아날로그 방식과는 호환성이 없다.

CDMA 방식은 여러 사용자가 주파수와 시간을 공유하면서 각 사용자에게 PN 코드를 할당하고 각 사용자는 송신 신호를 확산하여 신호를 복원하는 다중 통신 방식으로 그 특성상 주로 군사용 암호통신에 많이 이용되어 왔다. 기존 이동통신 시스

dCollection

템과의 비교는 PCS-1900, Upband IS-95, 광대역 CDMA에서의 무선접속방식과의 비교를 통해 알아보기로 한다.

제3장. IMT-2000 시스템의 RF 규격

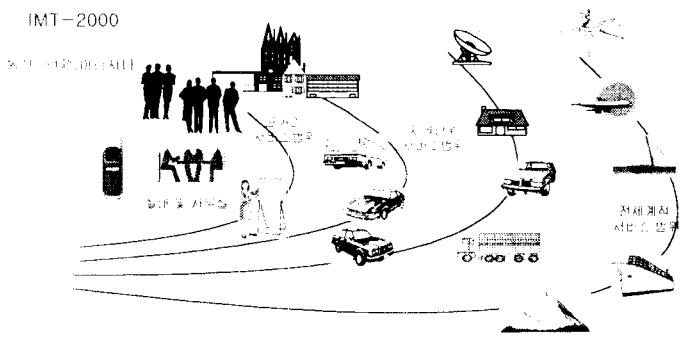
3.1 IMT-2000의 개념과 기술 기준

IMT-2000은 다양한 종류의 무선시스템이 통합되어 이용자에게는 마치 하나의 시스템으로 인식되는 가상적 단일 이동통신 시스템이다. 이 시스템은 하나 이상의 무선링크를 이용하여 이동하거나 고정용 통신 단말기를 대상으로 넓은 지역에 걸쳐 다양한 통신서비스를 제공하게 되며 언제, 어디서나 서비스를 받을 수 있는 세계적인 로밍 기능을 갖게 될 것이다[25]~[36].

차세대 이동통신 시스템의 표준으로 자리잡게 될 IMT-2000의 출현과 함께 일반 사용자들에게 제공될 서비스는 매우 방대하다. 또한 그러한 서비스의 전형은 아직 확정되어 있지 못한 실정이다. 아마도 1999년 ITU-R 및 ITU-T에 의하여 표준안이 확정되어 범세계적인 표준으로 자리잡게 되면 그 진면목이 명확히 들어나게 될 것이다. 그러나 현재 각국에서 제시하고 있는 기술수준이나 예상들을 살펴보면 대체로 IMT-2000이 목표로 하는 서비스의 수준을 알 수 있으며 그들 중 핵심적인 사항은 각각 다음과 같다.

- 전 세계적인 로밍 기능 : S/W radio, 사용자 식별 모듈
- 사용자를 위한 다양한 서비스 : 다양한 전송율의 멀티미디어(음성, 영상, 고속데이터<2Mbps>)
- 다양한 고정망/무선망과의 호환성(고정망과 위성망간의 상호작용성)
- 주파수대역 : 1,885-2,025(MHz), 2,110-2,200(MHz)

dCollection



<그림 5> IMT-2000의 기본개념

Fig. 5 The concept of the IMT-2000

3.2 IMT-2000시스템 전체규격

광대역 CDMA를 이용한 IMT-2000용 시스템은 다음과 같은 디자인 개념을 가지고 설계된다. 앞에서 설명한 데이터율 요구사항을 만족시키기 위해 광대역 CDMA 시스템 설계에 대한 유일한 해답은 384kbps까지의 데이터율을 제공할 수 있는 5MHz의 기본대역폭의 무선접속규격을 가지고 10MHz와 20MHz의 대역폭을 추가함으로써 2Mbps까지의 데이터율을 제공하는 다중-주파수대역 시스템이다. 1.25MHz 대역폭은 할당된 대역폭의 단편적인 사용을 위해 이로 인해 4개의 대역폭을 가진 시스템으로 정의된다. 음성의 품질은 고정된 네트워크의 품질과 비교될 수 있고, 주파수 자원의 효율적인 사용은 효율적인 음성 코딩으로 달성될 수 있다. 데이터 서비스를 위해 384kbps에서 2Mbps까지의 미리 언급된 최대 데이터율의 유연한 준비를 위해 할당된 구성은 다양한 패킷 서비스와 멀티미디어 서비스에 대처할 수 있다.

IMT-2000용 시스템 중 기지국 및 단말기는 크게 음성처리부(디지털 신호처리부), Baseband/IF 처리부 및 RF 처리부로 구성된다. 이미 상용화되어 서비스를 제공하고 있는 제2세대 이동통신 시스템인 800MHz대의 디지털 셀룰러 시스템의 개발 경험을 비추어 볼 때 음성 및 IF 처리부에 대한 기술과 협대역 CDMA에 대한 무선접속기술의 일부분은 기술이 축적되어 있다고 할 수 있다.

하지만 IMT-2000 시스템은 보다 많은 가입자에게 서비스를 제공해야 하기 때문에 광대역 무선접속방식을 사용해야 한다. 이와 관련된 RF에 대한 핵심기술은 구동증폭기(Driver power amplifier), 전력 증폭기 제어기(PA controller), 초단 저잡음 증폭기(Front end LNA), 전압제어 발진기(VCO) 등과 같은 능동소자와 송수신을 분리

dCollection

하는 유전체 RF 필터, IF 필터 및 안테나, duplexer 등의 수동소자로 구성된다. 본 논문에서 구현하고자 하는 IMT-2000시스템 단말기의 RF 규격은 다음 표 2와 같다.

<표 2> IMT-2000 단말기의 RF 규격

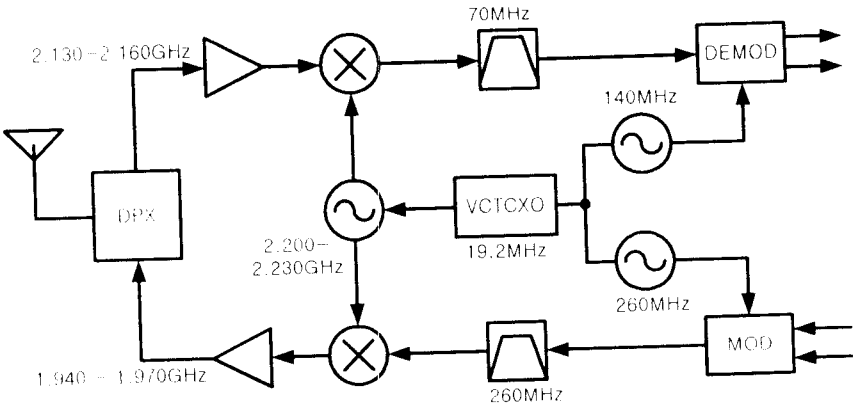
Table 2 The RF specifications of terminal for IMT-2000

항 목		단 말 기 규 격
주파수	송 신	1,940 ~ 1,970 MHz
	수 신	2,130 ~ 2,160 MHz
듀플렉스	방 식	FDD
	간 격	190 MHz
채 널 간 격		10 MHz
주파수 허용치		+/-2.5 ppm @System : +/- 0.1 ppm
변 · 복조 방식		QPSK
데이터 전송속도		4.096 Mcps
안 테 나		송수신 공용 (Omni Directional)
송신부		
송신 최대 출력		50mW
전력 제어 범위		50 dB 이상
스프리어스 방사	송신대역	-45 dBc/30kHz 이하
	수신대역	-80 dBm/30kHz 이하
수신부		
수신감도		미정
수신 자동이득 조정 (AGC) 범위		50 dB 이상
수신 RSSI 범위		60 dB 이상

음성, 팩스와 음성대역 데이터 서비스와 같은 고해상도 영상의 처리를 위한 시스템으로 2Mbps의 용량의 데이터를 처리하기 위해 채널 간격을 10MHz로 했을 때 순방향 링크의 수신부와 역방향 링크의 송신부를 가지는 단말기 전체 구성도는 그림 6과 같다.

안테나로부터 2.130~2.160GHz의 신호를 국부발진기에서 나오는 2.200~2.230GHz의 신호와 주파수 혼합기로 혼합하고 대역통과 필터를 거치면 70MHz의 중간주파수로 변환된다. 이 신호는 복조기로 들어가서 단말기 수신단의 I, Q채널로 분리된다. 송신부는 I, Q채널로부터 들어온 신호가 변조기를 통과하면서 260MHz의 신호로 변환되어 대역통과필터를 거치고 수신시와 같은 국부발진부에서 나오는 2.200~2.230GHz의 주파수와 혼합되어 1.940~1.970GHz의 송신 주파수로 변환되어 상호변조에 의한 위상 왜곡 특성을 줄이면서 원하는 레벨까지 증폭한 후 듀플렉서 및 송신 안테나를 통하여 신호를 전송한다.

dCollection



<그림 6> 단말기 전체 구성도

Fig. 6 Block diagram of entire system

제4장. 단말기 회로 설계 및 평가

4.1 단말기의 RF부 설계

4.1.1 단말기 송·수신부 설계

단말기의 송신 주파수는 1.940~1.970GHz, 수신 주파수는 2.130~2.160GHz이다. 수신부는 안테나를 통해서 들어오는 신호가 듀플렉서를 거쳐 MMIC화 된 LNA를 통과하게 된다. LNA는 저잡음 RF증폭기로 광대역 이득을 얻기 위해 궤환을 사용하는 MMIC 증폭기이다. LNA 통과시 13dB 이득을 증가시킨다. 여기서 생기는 스퓨리어스를 없애기 위해 대역통과 필터를 사용한다. 출력은 50Ω에 맞춰지고 입력은 최적 잡음 지수에 부분적으로 맞춰진다. 이 LNA를 통과하면서 증폭된 신호는 능동 이중 평형 주파수 혼합기를 거친다. 이때, RX-RF-LO 주파수는 2.200~2.230GHz이다. 주파수 혼합기를 통과한 신호는 IF AMP에서 13dB의 GAIN을 얻는다.

RX-RF LO 신호는 주파수 정확도가 매우 높은 19.2MHz의 전압제어 온도보상 수정 발진기(Voltage Control Temperature Compensated Crystal Oscillator ; VCTCXO)를 사용한 주파수 합성기로부터 얻는다. 주파수 혼합기는 이중 평형 주파수 혼합기(Double Balanced Mixer ; DBM)를 사용한다. 주파수 혼합기를 통과한 신호는 중간주파수 증폭기(IF AMP)로 증폭하면서 13dB정도의 이득을 증가시킨다.

dCollection

IF AMP를 거친 신호는 중간주파수 대역통과 필터(IF BPF)를 거치게 하는데 여기서는 중심주파수는 70MHz, 대역폭은 9MHz인 SAW형 필터를 사용한다. 이 신호는 감쇄기를 거쳐서 신호레벨 및 임피던스 매칭을 조절하도록 한다[40]. 다시 이 신호는 자동 이득 조정(AGC) AMP로 입력된다. 자동 이득 조정(AGC) 회로는 단말기와 기지국사이의 거리변화에 따라 일정한 전력레벨을 유지하는데 필요하며 자동 이득 조정(AGC) 증폭기는 IF 신호를 광대역에 걸쳐 가변적으로 이득 조절한다. 자동 이득 조정(AGC) 증폭기는 잡음지수와 3차 Intercept와 다른 규격은 CDMA 셀룰러 통신의 IS-95 Standard 이상과 호환이 되도록 설계되었다.

이 자동 이득 조정(AGC) 증폭기를 조절하는 RX-GAIN-CTR 신호는 0.7~2.5Vdc로 LPF를 통해 입력된다. 여기서 나오는 신호는 RF-RSSI 신호도 되고 IF AMP로도 들어간다. RF-RSSI 신호는 단말기 제어부로 입력되어 그 증감에 따라 다시 자동 이득 조정(AGC) AMP를 제어하게 된다. IF AMP로 가는 신호는 2차 저역통과 필터(LPF)와 π형 감쇄기를 통과해 RX-IF-DEM로 가게된다. 이때 신호의 주파수와 이득은 70 MHz/-30dBm이다

송신부는 QPSK 변조기를 거친 TX-IF-MOD에서 나오는 260MHz, 35dBm의 신호가 자동 이득 조정(AGC) AMP를 거치고 증폭된 신호는 감쇄기를 거쳐 신호레벨을 조정하고 증폭된 신호의 스퓨리어스를 없애기 위해 중심주파수가 260MHz이고 대역폭이 10MHz인 IF 대역통과 필터를 거친다. 이 신호는 DBM을 통과하는데 여기서 3dB정도의 삽입 손실이 예상된다. LO와 IF 입력은 LO 누설을 줄이기 위해 다른 모드로 동작한다. LO 입력은 거의 50Ω에 정합되고, 높은 임피던스의 IF 입력은 주파수 혼합기가 BPSK 변조기로 동작하게 한다. 주파수 혼합기 RF 포트상에 집적화된 트랜스포머(Transformer)는 1.900MHz에서 50Ωdp 정합되고 하나의 RF 출력을 만든다.

주파수 혼합기에서의 삽입 손실은 약 2dB 정도이며 주파수 혼합기를 거친 신호는 잡음을 동반하게 되는데 이런 잡음은 출력 S/N비를 나쁘게 하기 때문에 대역통과 필터로 보낸다. 이 신호는 12dB 이득을 가지는 구동 증폭기(Drive amp)와 마지막단에서 전력 증폭기(Power Amp)와 아이솔레이터(Isolator)를 지나고 듀플렉서를 거쳐 1.940~1.970GHz로 송신하게 된다.

4.1.2 주파수 합성기 설계

이동통신 시스템에서 주파수 합성기는 PLL방식을 주로 이용하며 디지털 주파수

dCollection

합성기가 사용된다. 그 종류를 구분하면 직접방식, 주파수 혼합방식, 전치분주방식, 펄스 스왈로우 방식등으로 나눌 수 있다. 본 논문에서는 전치분주기(Prescaler)의 분주비를 가변 분주기의 분주비에 포함시킴으로써 전분주비를 증가시키고 UHF대 이상의 주파수를 직접 발진할 수 있는 장점 때문에 많이 사용되는 펄스 스왈로우 방식을 채택한다.

주파수 합성기의 VCO PSC는 먼저 P+1로 분주된다. PSC의 출력은 A 카운터와 B카운터에 각각 입력된다. A카운터에 A개의 입력이 들어오면 A카운터는 0으로 변하고 이때 PSC 분주비는 P로 전환된다. 이 시점까지 A×(P+1)을 카운트한다. 그 후 B카운트는 (B-A)×P개의 입력이 들어온 후 0으로 되고 PSC의 분주값을 다시 (P+1)로 변화시키며 A, B 카운터도 초기값으로 설정된다.

기준 주파수(f_{REF})는 전압제어 온도보상 수정 발진기를 이용해 19.2MHz를 발생시킨다. 이 기준 주파수를 고정 분주기로 192분주해서 100kHz로 만들고 Prescaler를 64분주하여 A 카운터를 112, B 카운터를 342로 설정하면

$$[(P\times B)+A]=[64\times 342]+112=22000$$

가 되어 기준 주파수와 위상 비교기에서 비교되어 2.200GHz의 TX-RF-LO 주파수를 만들어 낸다. MOD-LO 주파수를 만들어내기 위해서는 카운터 분주비를

$$[(P\times B)+A]=[64\times 40]+40=2600$$

와 같이 설정하면 된다. 또한 RX-RF-LO과 DEM-LO도 같은 방식으로 하면된다.

주파수 합성부는 RF 송수신 시스템의 상향, 하향 주파수 및 IF 주파수부를 설정하고 일정한 스텝으로 송수신 채널을 할당해준다. 단말기의 송신부에서 260MHz의 중간주파수를 송신주파수 1.940~1.970GHz로 상향시키고 수신부에서 70MHz의 중간주파수로 하향시키기 위해서는 2.200~2.230GHz의 출력에 10MHz의 대역폭을 가지는 주파수 합성기가 필요하다. 여기서는 펄스 스왈로방식을 이용한 PLL칩 LMX2325를 이용하여 RX-RF-LO과 TX-RF-LO로 가는 2.200~2.230GHz의 신호를 만들고 LMX2337을 이용하여 DEM-LO와 MOD-LO 입력의 140MHz/-10dBm, 260MHz/-7dBm의 신호를 생성한다.

루프필터는 2차 수동필터를 기본으로하고 그 전달함수와 시정수는 다음 식과 같다.

$$Z(s)=\frac{s(C_2\cdot R_2)+1}{s^2(C_1\cdot C_2\cdot R_2)+sC_1+sC_2}$$

dCollection

필터 전달함수의 극(Pole)과 영점(Zero)으로 주파수를 결정하는 시정수는 다음 식과 같다.

$$T_2 = R_2 . C_2 \quad \text{and} \quad T_1 = R_2 \frac{C_1 . C_2}{C_1 + C_2}$$

루프필터 소자의 선택에 있어서 동기시간(lock time)과 잡음, 안정성, 스퓨리어스의 적절한 절충이 필요하다. 만약 루프대역폭이 커지면 동기시간은 빨라지나 스퓨리어스는 더 많이 생긴다. 레퍼런스 스퓨리어스는 루프 대역폭을 줄이거나 저역통과 필터를 첨가하여 줄일 수 있으나 반대로 동기시간은 증가되고 안정성은 줄어드는 결과를 얻게된다. 스퓨리어스를 줄이기 위하여 저역통과 필터를 부가한 회로의 모양은 다음 그림 7과 같다.

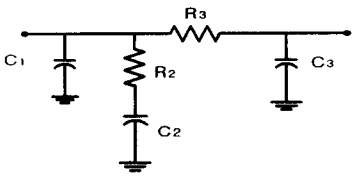
그리고 필터를 구성하는 R과 C의 값은 다음 식에 의하여 구할 수 있다.

$$\omega_c = \frac{\tan\phi(T_1 + T_3)}{[(T_1 + T_3)^2 + T_1 T_2]} \sqrt{1 + \frac{(T_1 + T_3)^3 + T_1 T_2}{[\tan\phi(T_1 + T_3)]^2}} - 1$$

$$C_1 = \frac{\tan\phi(T_1 + T_3)}{[(T_1 + T_3)^2 + T_1 T_2]} \sqrt{1 + \frac{(T_1 + T_3)^3 + T_1 T_2}{[\tan\phi(T_1 + T_3)]^2}} - 1$$

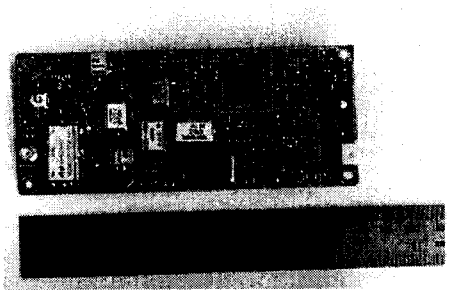
$$C_2 = C_1(\frac{T_2}{T_1} - 1) \quad , R_2 = \frac{T_2}{C_2}, \quad C_3 = \frac{T_3}{R_3}$$

본 논문에서 분석 및 설계한 사항을 토대로 제작한 제작된 IMT-2000 단말기는 그림 4.9와 같다.



<그림 7> LPF가 부가된 개선된 루프필터

Fig. 7 The improved loop filter by adding a LPF



<그림 8> 제작된 IMT-2000 단말기

Fig. 8 IMT-2000 Terminal implemented

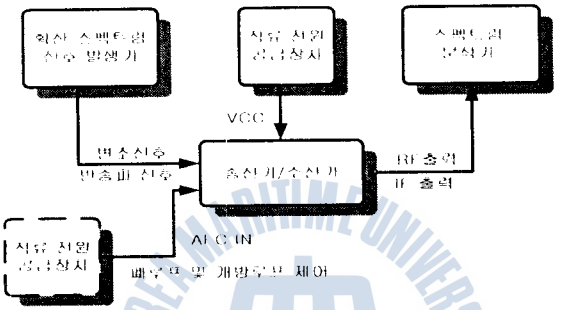
제작된 IMT-2000 단말기의 크기는 가로 및 세로의 크기가 5cm×2cm 정도이며

dCollection

단말기 제어부 및 디지털 신호처리부분과 인터페이스되도록 설계되어 실제 단말기의 상용화에 적합하다.

4.2 성능 평가

제작된 IMT-2000단말기의 성능측정은 제작된 단말기를 다음 그림 9와 같은 방식으로 계측기와 연결한다.



<그림 9> 성능 측정시 계측기 연결도

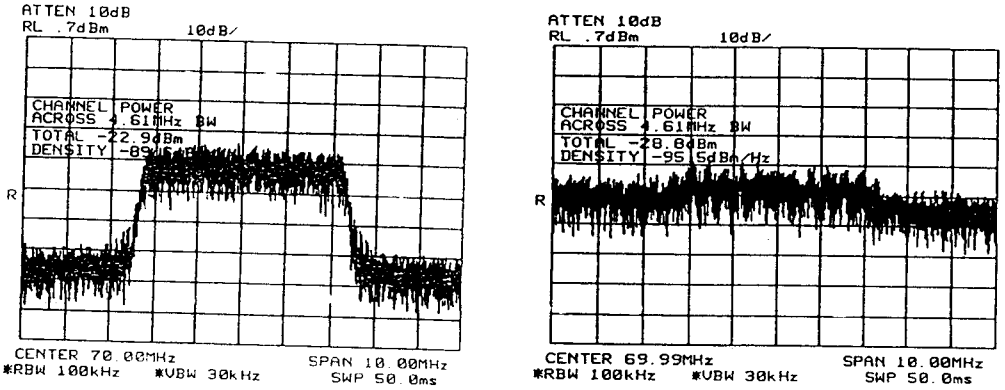
Fig. 9 Instrumental configurations for measuring the system

수신기 부분과 송신기 부분을 따로 측정한다. 수신기 부분은 단말기의 안테나 콘넥터에서 측정시 수신 복조 레벨이 규정된 값을 초과하지 않고 수신한 입력 전력 범위를 나타내는 수신 자동이득 조정(AGC)범위를 측정한다. 최소 규격은 -30dBm에 1dB이내로한다.

측정을 위한 계측기 연결은 spread spectrum 발생기를 단말기의 안테나 단자에 연결하고 신호발생기의 RF주파수를 2,140MHz, 레벨은 -50dBm, spread 범위는 4.096MHz가 되도록 Setting한다. 단말기의 IF출력단을 스펙트럼 분석기(spectrum analyzer)에 연결한다. 이때 스펙트럼 분석기의 중심 주파수는 70MHz, Span을 10MHz로 한다. Total -23.0dBm으로 만족함을 알 수 있다.

다음의 그림 10은 레벨을 -25dBm, -90dBm으로 조절하여 자동 이득 조정(AGC) 특성을 측정하였으며 -90dBm 이하일때는 최소규격 레벨이하의 자동 이득 조정(AGC) 특성을 가질 수 있음을 보여준다.

dCollection



<그림 10> 단말기의 수신 자동 이득 조정(AGC) 특성(-25dBm, -90dBm)

Fig. 10 Characteristic of reception AGC of terminal(-25dBm. -90dBm)

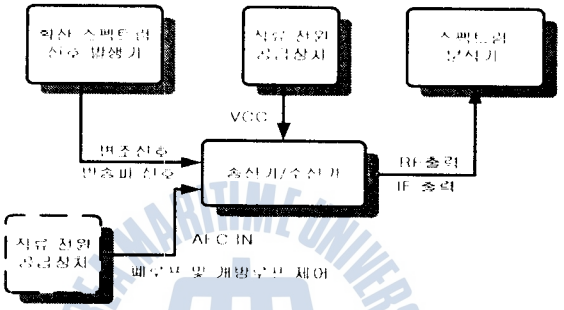
다음 그림 11은 수신기의 동작범위를 나타내는 아이패턴(Eye pattern) 특성이다. 송신기는 최대출력, 스퓨리어스 특성, 전력 제어 범위로 성능시험을 할 수 있다. 송신기 최대출력은 단말기가 할당된 CDMA 채널로 송신시 단말국의 안테나 콘넥터에서 측정된 최대 출력과 단말기의 안테나 콘넥터에서 측정시 할당된 CDMA 채널 이외의 주파수에서 방사되는 전력의 크기를 알 수 있는 송신부의 Spurious 특성을 5MHz의 대역폭으로 변조신호를 입력했을때 그림 12에 나타내었다. 측정결과 송신 최대출력은 50mW이상, 스퓨리어스 방사는 -45dBc/30kHz이하로 측정치가 만족함을 알 수 있다.

dCollection

단말기 제어부 및 디지털 신호처리부분과 인터페이스되도록 설계되어 실제 단말기의 상용화에 적합하다.

4.2 성능 평가

제작된 IMT-2000단말기의 성능측정은 제작된 단말기를 다음 그림 9와 같은 방식으로 계측기와 연결한다.



<그림 9> 성능 측정시 계측기 연결도

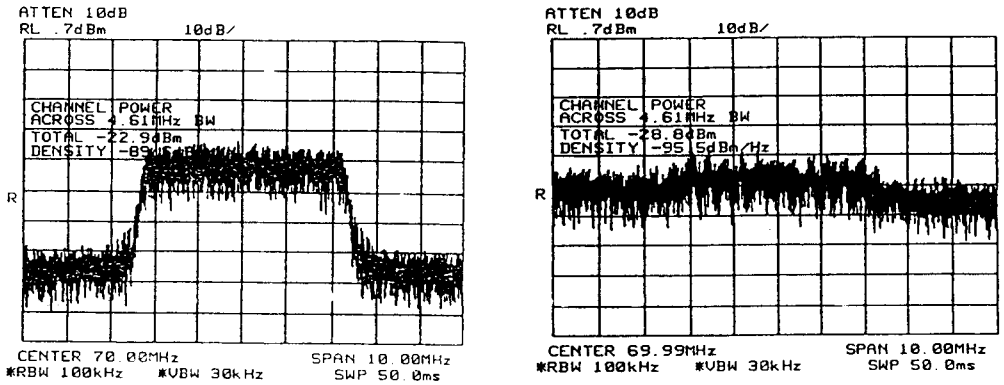
Fig. 9 Instrumental configurations for measuring the system

수신기 부분과 송신기 부분을 따로 측정한다. 수신기 부분은 단말기의 안테나 콘넥터에서 측정시 수신 복조 레벨이 규정된 값을 초과하지 않고 수신한 입력 전력 범위를 나타내는 수신 자동이득 조정(AGC)범위를 측정한다. 최소 규격은 -30dBm±1dB이내로한다.

측정을 위한 계측기 연결은 spread spectrum 발생기를 단말기의 안테나 단자에 연결하고 신호발생기의 RF주파수를 2,140MHz, 레벨은 -50dBm, spread 범위는 4.096MHz가 되도록 Setting한다. 단말기의 IF출력단을 스펙트럼 분석기(spectrum analyzer)에 연결한다. 이때 스펙트럼 분석기의 중심 주파수는 70MHz, Span을 10MHz로 한다. Total -23.0dBm으로 만족함을 알 수 있다.

다음의 그림 10은 레벨을 -25dBm, -90dBm으로 조절하여 자동 이득 조정(AGC) 특성을 측정하였으며 -90dBm 이하일때는 최소규격 레벨이하의 자동 이득 조정(AGC) 특성을 가질 수 있음을 보여준다.

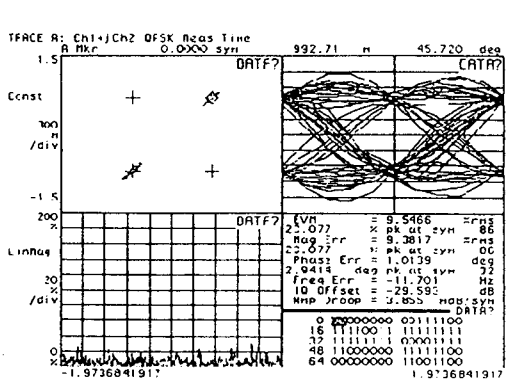
dCollection



<그림 10> 단말기의 수신 자동 이득 조정(AGC) 특성(-25dBm, -90dBm)

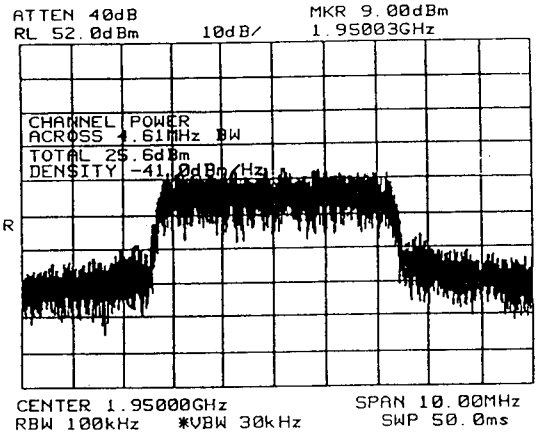
Fig. 10 Characteristic of reception AGC of terminal(-25dBm. -90dBm)

다음 그림 11은 수신기의 동작범위를 나타내는 아이패턴(Eye pattern) 특성이다. 송신기는 최대출력, 스퓨리어스 특성, 전력 제어 범위로 성능시험을 할 수 있다. 송신기 최대출력은 단말기가 할당된 CDMA 채널로 송신시 단말국의 안테나 콘넥터에서 측정된 최대 출력과 단말기의 안테나 콘넥터에서 측정시 할당된 CDMA 채널 이외의 주파수에서 방사되는 전력의 크기를 알 수 있는 송신부의 Spurious 특성을 5MHz의 대역폭으로 변조신호를 입력했을때 그림 12에 나타내었다. 측정결과 송신 최대출력은 50mW이상, 스퓨리어스 방사는 -45dBc/30kHz이하로 측정치가 만족함을 알 수 있다.



<그림 11> CW입력(-70dBm)

Fig. 11 Characteristic of CW input(-70dBm)

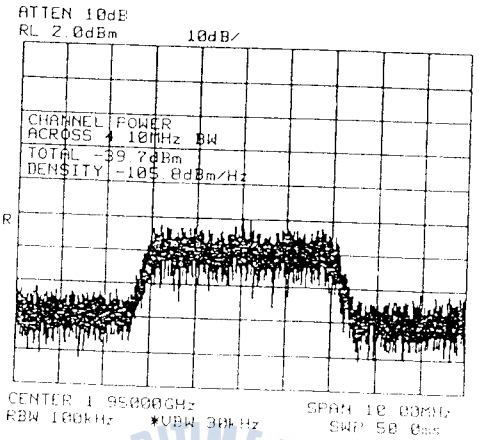


<그림 12> 단말기의 최대출력송신시 파형

Fig. 12 The result in the condition of driving with maximum power

dCollection

단말기의 송신 전력 제어 범위는 5MHz 대역폭으로 송신출력이 -40dBm 일때를 측정하였다. 그림 13은 규격을 만족함을 나타낸다.



<그림 13> 단말기의 송신 전력 제어 범위

Fig. 13 The control range of TX power

V. 결 론

광대역 CDMA는 넓은 주파수대역과 높은 칩율을 사용하므로 협대역 CDMA보다 구현하기는 어렵지만 IMT-2000 시스템이 제공해야 할 다양한 멀티미디어 서비스 제공이 용이하고 영상 전송의 경우 높은 해상도의 이미지 전송이 가능하기 때문에 현재의 상용 PCS의 부족한 점을 충분히 보완해 줄 수 있을 것으로 기대된다.

국내의 여러 기업들도 디지털 셀룰러 및 협대역 PCS용 기지국 실비 및 단말기를 생산하거나 개발 중에 있으나, 일부 RF 무선장치 및 핵심부품은 미국과 일본 등에서 전량 수입하고 있는 실정이며, Wideband(10.5MHz) CDMA를 이용한 IMT-2000용 기지국 및 단말기의 무선장치와 관련부품에 대한 기반기술은 매우 취약한 실정이다.

따라서 본 논문에서는 광대역 CDMA의 특성을 분석하여 광대역 CDMA방식을 이용한 IMT-2000 단말기의 송수신 RF부의 세부 규격을 제시하였다. 또한 이러한 규격을 만족하는 RF회로를 설계하기 위하여 WARC-92에서 제시된 기술기준을 분석하였고 이를 토대로 설계 회로를 실제 제작하였다. 특히 본 연구에서는 단말기 RF 회로를 송신부, 수신부 및 주파수 합성기 부분으로 나누어 설계하였으며 각 부분별

dCollection

로 제작된 회로를 대상으로 성능을 평가하였다.

송신부의 최대출력 규격은 50mW이상이나 측정에서는 26.1dBm, 밀도는 -47.0dBm/Hz이며, 송신 스퓨리어스 특성, 송신주파수에서 5MHz이상의 오프셋주파수에서 -40dBc/30kHz임을 만족하였으며, 전력제어 범위가 -20dB이상에서 기준에 만족함을 알 수 있었다.

또한 수신부의 중요한 항목인 수신 자동 이득 조정(AGC) 레벨이 50dB이상으로 기준에 만족함을 보였고, 수신 자동 이득 조정(AGC) 레벨에 대한 아이패턴(Eye pattern)도 요구 규격 이상으로 측정됨을 확인하였다.

본 논문에서 연구한 광대역 CDMA를 이용한 IMT-2000 RF 송수신부 회로설계 및 제작은 향후 다양한 무선장비에 대한 기초기술 제공 및 실제적인 산업계에 매우 큰 역할을 할 것으로 기대되며, 선진국에 비해서 월등히 부족한 RF부의 기술력 확보에 중요한 역할을 할 것이며 나아가서는 국가 경쟁력에 큰 도움을 줄 것을 확신한다.

그러므로 향후 연구는 이러한 RF 기술을 이용하여 기지국장비 뿐만 아니라 더 넓은 광대역 CDMA(25MHz 대역)의 기초기술로 활용하고자 하는 연구 노력이 요구된다.

참 고 문 헌

[1] Richard D. Carsello, et al., "IMT-2000 Standards : Radio Aspects, " IEEE Personal Communications magazine, Vol. 4, No. 4, pp. 30-40, August, 1997.

[2] 오진우 외 4명, "광대역 CDMA 기반의 이동 멀티미디어 테스트 베드 구현", Telecommunication Review, 제7권 2호, 1997.

[3] 조형래, "동기 및 비동기 FH/BFSK 대역확산 통신시스템", 공학박사학위 논문 , 연세대, pp.6-8. 1992. 12.

[4] Theodore S. Rappaport, "Wireless Communications", IEEE PRESS, pp. 276-280, 1996.

[5] Seizo ONOE et al., "Wideband-CDMA radio control techniques for 3rd-generation mobile communication systems", IEEE VTC '97. Proceeding Vol. 1. 1996.

[6] K. Ohno et al., "Wideband Coherent DS-CDMA", Proc. IEEE VTC '95. pp. 779-783. July. 26-28. 1995, Chicago, U.S.A.

[7] F. Adachi et al. "Coherent DS-CDMA:Promising Multiple Access for

dCollection

Wireless Multimedia Mobile Communications" , Proc. IEEE ISSSTA '96, pp. 351-358, Sept. 1996.

[8] T. Ojanpera et al., "Design of a 3rd Generation Multirate CDMA System with Multiuser Detection, MUD-CDMA", Proc. IEEE ISSSTA, 1996.

[9] M. Ewerbring et al., "Evaluation of a Wideband CDMA Testbed for Future Wireless Systems", Proc. IEEE ISSSTA, 1996.

[10] Y. Ishikawa et al., "System Capacity Design Based on Communication Quality for Cellular CDMA Systems." 3rd International Workshop on Mobile Multimedia Communications (MoMuC-3), Princeton, Sept. 1996.

[11] Nobuo Nakajima, Fumiyuki Adachi, "Wideband DS-CDMA for 3rd generation mobile communication systems", Telecommunication Review, 제7권 2호, 1997.

[12] Reed E. Fisher et al., "Wideband CDMA System for Personal Communications Services", IEEE VTC '96, Proceeding Vol. 1, 1996.

[13] M. Kawabe et al., "Advanced CDMA Scheme Based on Interference Cancellation", 43rd IEEE VTS, pp. 448-451, May 1993.

[14] A. Fukasawa et al., "Configuration and Its Performance of an Interference Cancellation System Using Pilot Signal for Radio Channel Estimation", IEICE Trans. B-II, Vol. J77-B-II, No. 11, pp. 628-640, December, 1994(Japanese).

[15] A. Fukusawa, et. al, "Wideband CDMA System for Personal Communications", 4th IEEE ICUPC '95, pp. 833-837, Nov. 1995.

[16] T. Kato, et. al., "Data Transmission Architecture of Wideband CDMA System", 4th IEEE ICUPC '95, pp. 743-747, Nov. 1995.

[17] M. Gustafsson, K. Jamal, E. Dahman, "Compressed Mode Techniques for Inter-Frequency Measurememts in a Wide-bnad DS-CDMA System", Proc. IEEE Int. Conf. on Personal Indoor and Mobile Radio Comm. PIMRC '97, Helsinki, Finland, September 1997.

[18] A. Klein, R. Pirhonen, J. Skold and R. Suoranta, "FRAMES Multiple Access Mode I-Wideband TDMA with and without Spreading", Proc. IEEE Int. Conf. on Personal Indoor and Mobile Radio Comman, PIMRC '97, Helsinki, Finland, September 1997.

[19] Seung Chan Bang, Hyung Rae Park, and Youngnam Han, "Performance

dCollection

analysis of a Wideband CDMA System for FPLMTS", IEEE VTC '97. Proceeding Vol. 1, 1996.

[20] Proposed wideband CDMA PCS standard, InterDgitial Oki, Jan. 1995.

[21] H. Meyrand R. Subramanian, "Advanced Digital Receiver Principles and Technologies for PCS", IEEE Comm. Magazine. Jan. 1995.

[22] Fredrik Ovesjo et al., "FRAMES MULTIPLE ACCESS MODE2-Wideband CDMA", IEEE PIRMC '97 Proceeding. Vol. 1/3, 1997.

[23] A. Baier et al., "Design study for a CDMA-based third generation mobile radio system", IEEE Jour on Selected Areas in Communications, vol. 12, no. 4, pp. 733-735, May 1994.

[24] Erik Dahlman and Karim Jamal, "Wide-band services in a DS-CDMA based FPLMTS system", IEEE VTC '96. Proceeding Vol.1, 1996.

[25] ITU-R Rec. 687-1, "FPLMTS", 1995.

[26] ITU-R Rec. 816, Framework for services supported on FPLMTS, 1995.

[27] ITU-R Rec. 817, FPLMTS Network architectures, 1995.

[28] ITU-R Rec. 818, Satellite operation within FPLMTS, 1995.

[29] ITU-R Rec. 819, Adaptation of FPLMTS to the needs of developing countries, 1995.

[30] ITU-T Rec. E.171, 국제 전화 경로 설정 계획,1995.

[31] ITU-T Rec. F.200, 텔리텍스 서비스,1995.

[32] ITU-T Rec. F.400, 메시지 처리 시스템 및 서비스 개요,1995.

[33] ITU-T Rec. F.160, 국제 공중 팩시밀리 서비스의 일반적인 운용규정,1995.

[34] ITU-T Rec. F.300, 비디오 텍스 서비스,1995.

[35] ITU-T Rec. F.710, 원격 화상회의 서비스,1995.

[36] ITU-T Rec. Q.1001, 공중 육상 이동통신망의 일반적인 사항,1995.

[37] 연세대학교 전자정보통신연구소, "차세대 이동통신망의 성능분석을 위한 기초연구", pp.17-31. 1997. 12.

[38] 이태영, 조준영, 양연태, 오우진, 안병철, "광대역 CDMA 무선 송수신기 설계", JCCI '97.

[39] 정영준 외 3명, "Wideband CDMA PCS 기지국용 송수신기 설계 및 구현", 한국전자파학회논문지, 제8권 제1호, 1997. 2.

dCollection

[40] Vizmuler, Peter, "RF Design Guide", Artech House, pp. 64, 1995.

[41] Ulrich L. Rohde, "Digital PLL Frequency Synthesizers", Prentice-Hall, pp. 352-260, 1983.

[42] Roland E. Best, " Phase-Locked Loops", Third Edition, pp. 126-134, 1997.

[43] 박성진, 조용진, 조형래, 김기문, 이홍기, "IMT-2000용 단말기의 수화수합성기와 송신부의 설계 및 구현", 한국해양정보통신학회 춘계종합학술대회지, pp. 155~158, 1998.

[44] 조용진, 조형래, 김기문, 이홍기, "W-CDMA 단말기 수신부 제작 및 성능 측정", 한국해양정보통신학회 춘계종합학술대회지, pp. 159~162, 1998.

KOREA MARITIME UNIVERSITY 1945 한국해양대학교

dCollection

dCollection

[40] Vizmuler, Peter, "RF Design Guide", Artech House, pp. 64, 1995.

[41] Ulrich L. Rohde, "Digital PLL Frequency Synthesizers", Prentice-Hall, pp. 352-260, 1983.

[42] Roland E. Best, " Phase-Locked Loops", Third Edition, pp. 126-134, 1997.

[43] 박성진, 조용진, 조형래, 김기문, 이홍기, "IMT-2000용 단말기의 주파수합성기와 송신부의 설계 및 구현", 한국해양정보통신학회 춘계종합학술대회지, pp. 155~158, 1998.

[44] 조용진, 조형래, 김기문, 이홍기, "W-CDMA 단말기 수신부 제작 및 성능 측정", 한국해양정보통신학회 춘계종합학술대회지, pp. 159~162, 1998.

KOREA MARITIME UNIVERSITY 1945 한국해양대학교

dCollection

dCollection