

Cellular Band의 슬롯형 CDMA 무선통신 모듈 설계

(Design of a Slot Type CDMA Wireless Communication
Module on the Cellular Band)

류 태 영*, 차 경 호*, 이 창 식**
(Tae-Young Ryu, Kyung-Ho Cha, Chang-Sik Lee)

요 약 CDMA(Code Division Multiple Access)는 이동통신에서 다수의 사용자들이 동시에 시간과 주파수를 공유하며 접속이 가능한 다중접속(Multiple Access) 방식의 하나이다. 그렇지만 이동통신은 주파수라는 한정된 자원을 이용하기 때문에 용량이 제한된 가용 주파수 자원을 여러 사람이 효율적으로 공유할 수 있도록 하는 다중접속이 이동통신에서는 필수적인 기술이다. CDMA는 홈네트워크, 군사용, 상업용뿐만 아니라 의료분야에까지도 다양하게 응용되어가고 있다. 본 논문은 기존 양면보드 방식이 아닌 PCB 8계층의 적층방식을 단면보드 회로로 구성하여 RF(Radio Frequency)특성을 유지하며, 슬롯형의 커넥터를 적용한 Cellular Band의 CDMA 모듈의 설계 및 성능 분석 결과를 제시한다.

핵심주제어 : CDMA 모듈, 슬롯형

Abstract CDMA is the way that more than one users can share the time and frequency at the same time and connect with multiple access in mobile communication. Multiple Access is indispensable for mobile communication because the limited frequency is able to be used by many users in mobile communication. CDMA is also applied to home network, military, business and medical sectors. This paper, presents a users should share limited frequency resource. CDMA module implemented with 8-layer PCB which consists of the Slice-board circuit, keeping Radio frequency characteristics and a slot type connector.

Key Words : CDMA Module, Slot Type

1. 서 론

지난 수년동안 국내 전자업계는 코드분할다중접속(CDMA)방식의 이동통신 기술을 개발해서 세계 최초로 상용화했으며 특히 IS-95 기반의

Digital Cellular Networks는 1996년부터 상업 서비스를 실시 해왔다[1]. 또한 광대역 CDMA 시스템의 모뎀에 대한 제안과 이를 설계하기 위한 연구가 활발히 진행되어져 왔다[1,2,3]. CDMA는 시간과 주파수 대역의 곱으로 나타낼 수 있는 신호 공간을 주파수와 시간을 분할하여 각 채널로 사용하는 방식으로 각 신호트翰 Carrier를 변조

* (주)Anydata H/W설계팀

** 대구대학교 정보통신공학과 교수

한 일련의 의사 임의 2진 행렬로 구성되며 각 파형의 스펙트럼을 확산시키는 기능을 한다. 따라서 수많은 CDMA 신호가 동일 주파수의 스펙트럼을 공유하고 주파수 혹은 시간 영역에서 보면 다중접속 신호들은 서로 겹쳐있는 것처럼 보인다. 수신된 신호는 Correlator를 이용하여 분리되며 선택된 2진 행렬로부터만 신호 에너지를 받아들여 그 스펙트럼을 역확산한다. 부호가 일치되지 않은 다른 신호들은 대역내에서 역확산되지 않으므로 잡음을 형성하게 되며 CDMA 계통에 의한 자기 교란으로 나타난다. 신호대 잡음비는 요구 신호 전력대 모든 타신호 전력의 비에 의해 결정되며 계통 처리이득 혹은 Baseband Data 대역확산대역의 비에 의해 개선될 수 있다. 중요한 변수들로 신호 처리이득, 요구되는 Bit 에너지대 잡음비, 음성 Duty Cycle, 그리고 한 셀당 섹터의 수를 들 수 있으며 같은 지역에 동일 안테나 계통을 가진 FM 아날로그 시스템에 비해 10~20 배의 사용자를 수용할 수 있다고 주장되었다. 이러한 CDMA 방식의 기술은 수십년동안 군사위성 시스템에서 이용되어 왔으며 CDMA의 무한한 잠재력을 발견한 켈컴이 이 기술을 개선하면서 비용이 저렴한 셀룰라 시스템으로 발전시킨 것이다. 기존의 아날로그 및 여타 디지털 시스템이 할당된 주파수를 협대역 채널로 나눈 후 채널당 하나 또는 복수의 통화가 이루어지도록 한 것과는 달리 CDMA는 광대역 주파수 확산기술을 바탕으로 셀룰라 주파수의 전 채널에 걸쳐 다수의 통화가 가능하도록 설계되었다. CDMA 방식은 이를 위해 각각의 전화 및 데이터 호(Call)를 동일한 주파수 스펙트럼 내에서 동시에 전송되는 다수의 호와 구별시키기 위해 고유한 코드를 부여한다. 이 경우 수신기가 올바른 코드 번호만 유지하고 있다면 모든 호 가운데서 원하는 호만을 선택, 접속함으로써 통화가 이루어지게 된다 [4]. 본 논문에서는 이러한 CDMA 기술을 바탕으로 기존의 양면보드에서 복잡한 회로구현을 떠나서 단면보드에서 적층 PCB 전송선로 방식을 적용하여 선로의 복잡성을 간소화시켜 동일한 주파수대에서 무선통신회로에 사용할 수 있는 상호적 호환이 가능한 슬롯형 모듈을 설계하고자 한다.

2. CDMA 시스템

CDMA 방식은 신호를 확산시키기 위하여 임의 시퀀스를 사용하는 다중접속 방식으로 신호들은 같은 스펙트럼을 공유하며 각 사용자는 서로 다른 확산 부호를 이용하여 구분된다. 이동통신에 응용된 이 방식은 Hot Spot에 적응하는 각 셀당 용량 증대 효과, 셀 반경의 크기에 관계없이 호의 질 향상 기능, Privacy 보장, 주파수 재사용의 용이성, 소전력 사용에 따른 배터리 수명 연장등의 특성이 있으며 DS(Direct Sequence) CDMA 방식과 FH(Frequency Hopping) CDMA 방식으로 구분된다. DS-CDMA 방식에서는 협대역 데이터 신호가 광대역 부호 신호에 의해 복조되어 각 신호는 순간적으로 넓은 대역을 점유하게 되어 다중 경로 신호를 격리시키고 Rake Receiver에서 결합할 수 있다. 또한 Pilot 채널은 모든 사용자가 공유할 수 있으며 Coherent 수신이 가능하다. 이에 반하여 FH-CDMA 방식에서는 협대역 데이터 신호는 넓은 대역에 걸쳐 다른 주파수로 잘려지며 각 신호는 순간적으로 좁은 주파수 대역을 점유하게 된다.

2.1 CDMA 시스템의 구성

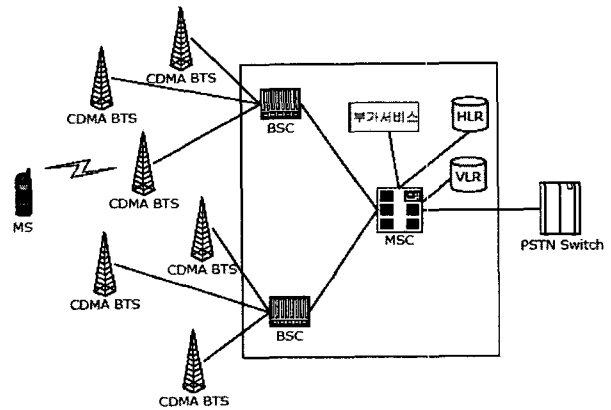


그림 1. CDMA 시스템 구성도

CDMA 시스템은 그림 1과 같이 크게 MSC(이동 통신 교환기), 기지국(중계기 포함), MS(단말기)으로 대별할 수 있다. 이동 통신 교환기는 각 기지국 제어장치와의 연결과 가입자에 대

한 정보 및 인증, 관련 부가 장비들로 구성되며, 다른망과의 접속을 이루는 역할을 담당한다. 기지국은 기지국 제어 장치 (BSC), 기지국(BTS), 중계기 등으로 구성되는데, 단말기가 원하는 상대방과 통화가 이루어지도록 교환기와의 연결을 목적으로 하고 있다.

2.2 CDMA 채널 구조 및 용량

CDMA 통신방식에서 기지국에서 이동전화로 신호를 전송할 때 사용하는 통신채널로 1.23 MHz의 주파수 대역폭을 사용한다. CDMA 표준안인 IS-95A를 기준으로 Pilot Channel, Sync Channel, 7개의 Paging Channel, 55개의 Traffic Channel로 구성되어 있다. Pilot 채널은 이동전화와 기지국과 통화하기 위해 위상 기준으로 사용하기 위한 채널이며 Sync 채널은 이동통신 시스템, 기지국이 관장하는 모든 이동전화들이 기지국과 초기 시간동기를 맞추기 위해 사용하는 채널이다. 그리고 Paging 채널의 경우 서비스 영역의 이동전화에게 부가정보, 특정 이동전화에 대한 Paging, 명령 그리고 채널 할당 등의 메시지를 전달하는 채널이다. 마지막으로 Traffic 채널은 통화 메시지를 주고받는 트래픽 채널과 이동전화의 전력을 제어하기 위한 전력 제어 부채널로 구성된다.

표 1. 채널용량비교

서비스	채널수	용량
AMPS	1.25MHz/7셀/30KHz=6채널	
D-AMPS	AMPS 채널수 * 3= 18채널	AMPS의 3배
CDMA	코드 64개 사용 = 64채널	AMPS의 10배 D-AMPS의 4배

1.25 MHz 대역을 이용하여 AMPS, D-AMPS, CDMA의 채널 용량 비교한 것이 표 11-3에 나타나 있다. 각 시스템에서 채널수와 용량을 계산하여 보면 CDMA 시스템이 월등히 앞선다는 것을 알 수 있다. 즉 AMPS의 경우 한 셀당 동시에 통화할 수 있는 채널이 6개이고 D-AMPS의 경우 AMPS의 3배인 18개의 채널이지만 CDMA의 경우 64개의 코드를 이용 64개의

채널을 지원함으로 D-AMPS에 비해 평균 4배 정도의 통화채널이 증가함을 알 수 있다.

3. CDMA 모듈 구조 및 구성

1) 안테나

안테나는 단말기의 첫단에서 주파수를 송수신하는 소자로서 휴대폰에서 주로 Monopole Antenna를 사용하고 있다. 일반적으로 안테나는 사용주파수, 크기 및 종류 등에 따라 안테나의 특성이 변화하게 된다. 현재 휴대폰에서는 휴대폰의 휴대시 외형 디자인과 특성을 감안하여 Monopole Antenna로서 Retractable Type(Whip + Helical)이 사용되고 있으며 전기적인 특성으로 다음과 같다.

<CDMA Cellular Frequency Band>

RX : 824MHz~849MHz

TX : 869MHz~894MHz

<Impedance : 50옴>

주어진 안테나 대역내 안테나를 Retracted 및 Extended 했을때 최대전력 전달이 가능하도록 Impedance Matching한다.

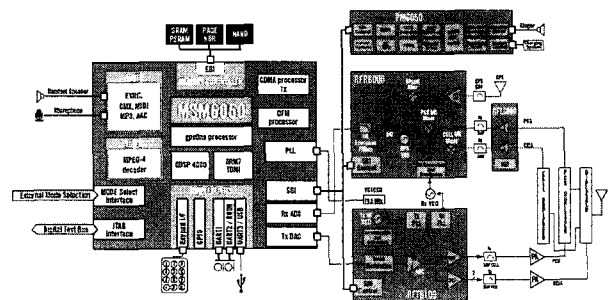


그림 2. CDMA 모듈 회로 구성도

2) Duplexer

안테나와 송수신단을 연결하여 Full Duplexing 하기위해 송신신호와 수신신호를 분리시키는 역할을 한다. 일반적으로 단말기에서 Duplexer는 소형화가 필수적으로 요구된다.

<Center Frequency>

Ft = 836.5MHz

Fr = 881.5MHz

<Passband Width(BW)>

Ft ± 12.5MHz

Fr ± 12.5MHz

3) Isolator

PAM(Power Amp Module)의 출력신호가 일부는 Duplexer로 입사되고 다른 일부가 반사될 경우 반사파의 크기에 따라 PAM이 Damage를 입게 되는데 이러한 영향을 감쇄시키기 위해서 사용된다.

4) PAM(Power Amplifier Module)

전력증폭기는 고효율을 갖고 부하에 최대전력이 전달되도록 설계하여야하며 동작점의 위치와 부하 Impedance의 특성에 따라 A, B, AB, C급 등으로 나눈다.

5) LNA(Low Noise Amplifier)

LNA는 수신부 맨 앞단에 위치하여 수신부 전 경로에 영향을 주는 잡음비율을 낮추고 원하는 수신대역(869~894MHz)만을 선택하여 수신감도를 증대시키는 역할을 한다.

<Low Noise Figure Values를 최적화>

Data at 1.9GHz(3V, 5mA) :

Gain = 13dB/IP3out = 10dBm/NF

= 1.4dB/RLin > 7dB/RLout > 20dB

<Good Return Loss Values를 최적화>

Data at 1.9GHz(3V, 5mA) :

Gain = 14dB/IP3out = 8dBm/NF

= 1.65dB/RLin > 13dB/RLout > 18dB

6) VCO(Voltage Controlled Oscillator)

일반적으로 발진기의 개념은 DC전력을 AC전력으로 바꾸어주는 회로이다. VCO는 입력단에서 직류전압을 제어함으로써 발진기를 출력주파수를 변화 시켜준다.

7) Baseband

Baseband는 보통 한 매체에 다른 신호들과 동시에 신호를 전송하는 멀티플렉싱을 위하여 신호를 더 높고 효율적인 주파수 대역으로 변조시키기 이전의 원래 주파수 대역이다[5].

4. 시뮬레이션 결과 및 모듈

1) 시뮬레이션 결과

모듈 Auto-Test 시뮬레이션은 Agilent사의 8960 SERIES 10 장비와 E6560A Wireless Test Manager 툴을 사용하여 아래와 같은 결과값으로 송수신 Auto-Test에 통과하였다.

CDMA 800MHz Band Test/Simulation

Test conditions	Measured value	Lower limit	Upper limit	P/F

_____Voice Ch=779: RX Freq=893.37 MHz: TX Freq=848.37 MHz_____				
Phone number: (011) 000-0000				
Dual Mode: CDMA Only				
TXD Rho	.99	.94	1.00	
TXD Frequency Error	-4.15 Hz	-300.00	300.00	
TXD Static Timing Offset	.03 uS	-1.00	1.00	
TXD Amplitude Error	6.06 %	0.00	100.00	
TXD Phase Error	2.75 deg	0.00	90.00	
TXD Carrier Feedthru	-45.69 dB		0.00	
TXD Open Loop Pwr @-25dBm	-44.90 dBm	-57.50	-38.50	
TXD Open Loop Pwr @-65dBm	-7.10 dBm	-17.50	1.50	
TXD Open Loop Pwr @-93.5dBm	20.70 dBm	10.50	29.50	
-----Closed Loop Power Control @ Full Rate-----				
TXD Closed Loop Up Range	39.50 dB	24.00		
TXD Closed Loop Down Range	-41.80 dB		-24.00	
-----Closed Loop Power Control @ Half Rate-----				
TXD Closed Loop Up Range	41.70 dB	24.00		
TXD Closed Loop Down Range	-39.50 dB		-24.00	
-----Closed Loop Power Control @ Quarter Rate-----				
TXD Closed Loop Up Range	39.60 dB	24.00		
TXD Closed Loop Down Range	-41.40 dB		-24.00	
-----Closed Loop Power Control @ Eighth Rate-----				
TXD Closed Loop Up Range	40.40 dB	24.00		
TXD Closed Loop Down Range	-40.60 dB		-24.00	
TXD Max RF Output Power	24.60 dBm	23.00	27.00	
TXD Min RF Output Power	-57.00 dBm		-50.00	
-----Traffic Channel FER at Rate Set 2-----				
--Traf Chan FER w/AWGN Ec/Ior=-13.0 & Eb/Nt=5.3---				
RXD Traffic Ch FER Test 7	0.00 %			3.00
Number of frames counted = 101				
Number of errors counted = 0				
--Traf Chan FER w/AWGN Ec/Ior=-12.7 & Eb/Nt=5.6---				
RXD Traffic Ch FER Test 8	0.00 %			1.00
Number of frames counted = 301				
Number of errors counted = 0				
--Traf Chan FER w/AWGN Ec/Ior=-12.4 & Eb/Nt=5.9---				
RXD Traffic Ch FER Test 9	0.00 %			.50
Number of frames counted = 601				
Number of errors counted = 0				
-----Traf Chan FER w/AWGN @ 7200bps & Eb/Nt=4.0-----				
RXD Traffic Ch FER Test 10	0.00 %			1.00
Number of frames counted = 301				

```

Number of errors counted = 0
----Traf Chan FER w/AWGN @ 3600bps & Eb/Nt=3.5----
RXD Traffic Ch FER Test 11 0.00 % 1.00
Number of frames counted = 301
Number of errors counted = 0
----Traf Chan FER w/AWGN @ 1800bps & Eb/Nt=2.9----
RXD Traffic Ch FER Test 12 .51 % 1.00
Number of frames counted = 1185
Number of errors counted = 6
RXD Sensitivity FER@-104dBm 0.00 % .50
RXD Dynamic Rng FER@-25dBm 0.00 % .50
TXD Spectrum Lvl @ 900 kHz -58.45 dBc/30kHz -42.00
TXD Spectrum Lvl @ 1.98MHz -65.28 dBc/30kHz -54.00

____Voice Ch=384: RX Freq=881.52 MHz: TX Freq=836.52 MHz____
TXD Rho .99 .94 1.00
TXD Frequency Error -4.22 Hz -300.00 300.00
TXD Static Timing Offset .00 uS -1.00 1.00
TXD Amplitude Error 5.83 % 0.00 100.00
TXD Phase Error 2.95 deg 0.00 90.00
TXD Carrier Feedthru -43.27 dB 0.00
TXD Open Loop Pwr @-25dBm -47.40 dBm -57.50 -38.50
TXD Open Loop Pwr @-65dBm -9.90 dBm -17.50 1.50
TXD Open Loop Pwr @-93.5dBm 18.70 dBm 10.50 29.50
-----Closed Loop Power Control @ Full Rate-----
TXD Closed Loop Up Range 41.20 dB 24.00
TXD Closed Loop Down Range -40.10 dB -24.00
-----Closed Loop Power Control @ Half Rate-----
TXD Closed Loop Up Range 40.40 dB 24.00
TXD Closed Loop Down Range -40.70 dB -24.00
-----Closed Loop Power Control @ Quarter Rate-----
TXD Closed Loop Up Range 39.80 dB 24.00
TXD Closed Loop Down Range -41.40 dB -24.00
-----Closed Loop Power Control @ Eighth Rate-----
TXD Closed Loop Up Range 38.70 dB 24.00
TXD Closed Loop Down Range -42.30 dB -24.00
TXD Max RF Output Power 24.50 dBm 23.00 27.00
TXD Min RF Output Power -57.30 dBm -50.00
-----Traffic Channel FER at Rate Set 2-----
--Traf Chan FER w/AWGN Ec/Ior=-13.0 & Eb/Nt=5.3---
RXD Traffic Ch FER Test 7 0.00 % 3.00
Number of frames counted = 101
Number of errors counted = 0
--Traf Chan FER w/AWGN Ec/Ior=-12.7 & Eb/Nt=5.6---
RXD Traffic Ch FER Test 8 0.00 % 1.00
Number of frames counted = 301
Number of errors counted = 0
--Traf Chan FER w/AWGN Ec/Ior=-12.4 & Eb/Nt=5.9---
RXD Traffic Ch FER Test 9 .11 % .50
Number of frames counted = 949
Number of errors counted = 1
----Traf Chan FER w/AWGN @ 7200bps & Eb/Nt=4.0----
RXD Traffic Ch FER Test 10 0.00 % 1.00
Number of frames counted = 301
Number of errors counted = 0
----Traf Chan FER w/AWGN @ 3600bps & Eb/Nt=3.5----
RXD Traffic Ch FER Test 11 0.00 % 1.00
Number of frames counted = 301
Number of errors counted = 0
----Traf Chan FER w/AWGN @ 1800bps & Eb/Nt=2.9----
RXD Traffic Ch FER Test 12 .21 % 1.00
Number of frames counted = 475
Number of errors counted = 1
RXD Sensitivity FER@-104dBm 0.00 % .50
RXD Dynamic Rng FER@-25dBm 0.00 % .50
TXD Spectrum Lvl @ 900 kHz -60.75 dBc/30kHz -42.00
TXD Spectrum Lvl @ 1.98MHz -67.53 dBc/30kHz -54.00

```

```

____Voice Ch=1011: RX Freq=869.64 MHz: TX Freq=824.64 MHz____
TXD Rho .99 .94 1.00
TXD Frequency Error .99 Hz -300.00 300.00
TXD Static Timing Offset .04 uS -1.00 1.00
TXD Amplitude Error 6.99 % 0.00 100.00

```

```

TXD Phase Error 2.84 deg 0.00 90.00
TXD Carrier Feedthru -42.54 dB 0.00
TXD Open Loop Pwr @-25dBm -47.40 dBm -57.50 -38.50
TXD Open Loop Pwr @-65dBm -10.90 dBm -17.50 1.50
TXD Open Loop Pwr @-93.5dBm 17.70 dBm 10.50 29.50
-----Closed Loop Power Control @ Full Rate-----
TXD Closed Loop Up Range 43.00 dB 24.00
TXD Closed Loop Down Range -39.50 dB -24.00
-----Closed Loop Power Control @ Half Rate-----
TXD Closed Loop Up Range 41.80 dB 24.00
TXD Closed Loop Down Range -41.60 dB -24.00
-----Closed Loop Power Control @ Quarter Rate-----
TXD Closed Loop Up Range 39.40 dB 24.00
TXD Closed Loop Down Range -42.90 dB -24.00
-----Closed Loop Power Control @ Eighth Rate-----
TXD Closed Loop Up Range 39.30 dB 24.00
TXD Closed Loop Down Range -43.40 dB -24.00
TXD Max RF Output Power 24.20 dBm 23.00 27.00
TXD Min RF Output Power -58.70 dBm -50.00
-----Traffic Channel FER at Rate Set 2-----
--Traf Chan FER w/AWGN Ec/Ior=-13.0 & Eb/Nt=5.3---
RXD Traffic Ch FER Test 7 0.00 % 3.00
Number of frames counted = 101
Number of errors counted = 0
--Traf Chan FER w/AWGN Ec/Ior=-12.7 & Eb/Nt=5.6---
RXD Traffic Ch FER Test 8 0.00 % 1.00
Number of frames counted = 301
Number of errors counted = 0
--Traf Chan FER w/AWGN Ec/Ior=-12.4 & Eb/Nt=5.9---
RXD Traffic Ch FER Test 9 0.00 % .50
Number of frames counted = 601
Number of errors counted = 0
----Traf Chan FER w/AWGN @ 7200bps & Eb/Nt=4.0----
RXD Traffic Ch FER Test 10 0.00 % 1.00
Number of frames counted = 301
Number of errors counted = 0
----Traf Chan FER w/AWGN @ 3600bps & Eb/Nt=3.5----
RXD Traffic Ch FER Test 11 0.00 % 1.00
Number of frames counted = 301
Number of errors counted = 0
----Traf Chan FER w/AWGN @ 1800bps & Eb/Nt=2.9----
RXD Traffic Ch FER Test 12 .21 % 1.00
Number of frames counted = 475
Number of errors counted = 1
RXD Sensitivity FER@-104dBm 0.00 % .50
RXD Dynamic Rng FER@-25dBm 0.00 % .50
TXD Spectrum Lvl @ 900 kHz -60.75 dBc/30kHz -42.00
TXD Spectrum Lvl @ 1.98MHz -66.98 dBc/30kHz -54.00

```

Points passed= 87: Points failed= 0

2) CDMA 모듈

그림 3은 실제로 단면으로 구현된 800MHz대의 CDMA Module이며, 회로의 크기는 가로 3.5cm, 세로 4.5cm로 슬롯형 100핀 커넥터를 장착하였다.

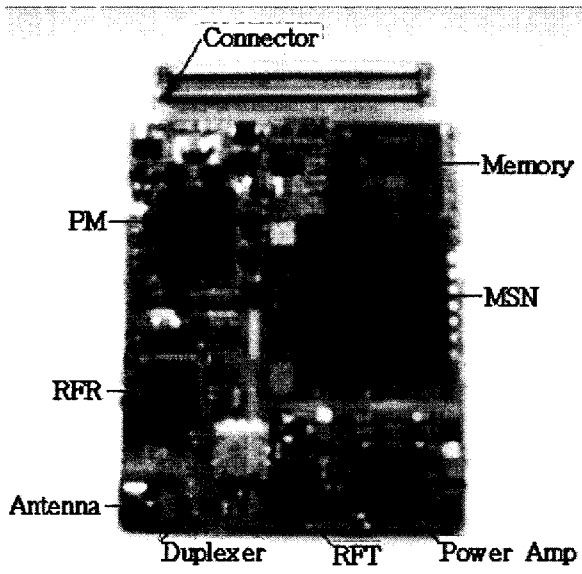


그림 3. 완성된 슬롯형 CDMA Module

5. CDMA 모듈 Layout

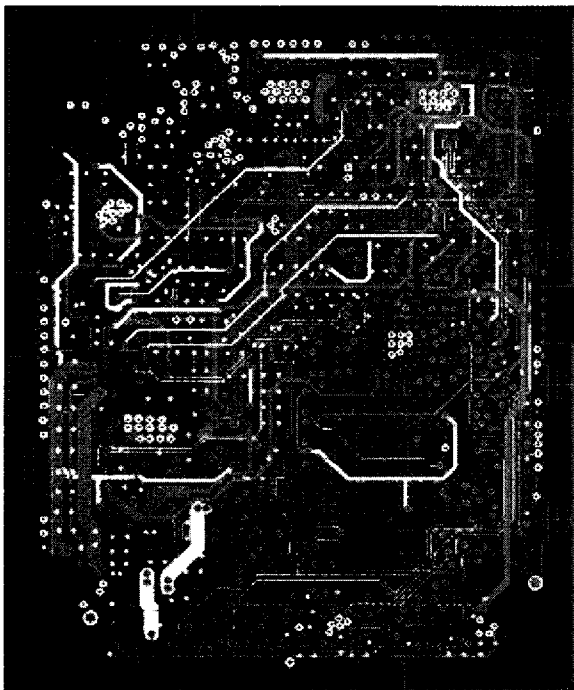


그림 4. PCB Layout

그림 4는 PCB Layout을 보여준 것이며 8계층의 적층 방식을 적용하여 복잡한 회로를 하나의 작은 PCB에 단면으로 구성한 것이다.

6. 결 론

본 논문에서는 기존의 양면보드에서 구현을 떠나서 단면보드로 회로를 구성하여 RF특성을 살렸다. 동일 CDMA 무선통신 주파수대 어디서나 호환 가능하기 위하여 슬롯형식의 100핀 커넥터를 적용하였으며 복잡한 전송선로 방식을 벗어나 PCB 8계층의 적층방식을 적용하였다. 최종 모듈 설계 후 시뮬레이션 Auto-Test 결과, Points Failed가 0(zero)로 CDMA Module의 전형적인 특성을 보였다. 그러나 설계 모듈을 단말기에 적용하여 시험해본 결과, 송수신감도는 우수한 성능을 보였지만 안테나의 특성에서는 기존의 ONE보드 보다 약간의 미약한 부분이 있어 앞으로 안테나 특성 부분의 보완에 관한 연구가 좀더 필요 할 것으로 본다.

참 고 문 헌

- [1] J. Henkel, T. Benner, and R. Ernst, "Hardware Generation and Partitioning Effects in the COSYMA System", IEEE Int'l Workshop on Hardware/Software Codesign, pp. 29-40, 1993.
- [2] "Wideband CDMA multimedia testbed wireless access physical layer spec. ver. 1.0", Korea Mobil Telecom, internal report, 1996.
- [3] Seongjoo Lee, Sangyun Hwang, and Jaeseok Kim, "VLSI Architecture of CDMA Rake Receiver with Low Hardware Complexity for PCS", Proceedings of ICCE'98, pp. 160-161, June 1998.
- [4] S. Ramakrishna and J. M. Holtzman, "A Comparison between Single Code and Multiple Code Transmission schemes in a CDMA System", Proc. VTC98, 48th IEEE, Volume 2, 1998 Page 791-795
- [5] 하상욱, 양동균, "CDMA 단말기 구조", 신화전산 기획, pp. 41-66, 2001.
- [6] Gonzalez, "Microwave Transistor Amplifier : Analysis and Design," Prentice Hall, Inc, 2nd ed, 1997.



류 태 영 (Tae-Young Ryu)

2002: Daegu University
(Electronic Eng. B.S.)

2004: Daegu University
(Computer Eng. M.S.)

2004: Anydata Hardware Team Engineer
(Interest: Microwave, RFIC, Antenna)

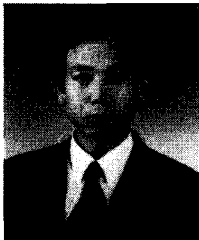


차 경 호 (Kyung-Ho Cha)

2002: Kyungwon University
(Electronic Eng. B.S.)

2002: Anydata Hardware Team
Engineer

(Interest: Digital circuit, H/W application)



이 창 식 (Chang-Sik Lee)

1975: Kyungpook University
(Electronic Eng. B.S.)

1979: Kyungpook University
(Computer Eng. M.S.)

1999: Konkuk University
(Electronic Eng. Ph.D.)

1981 ~ : Daegu University, Professor
(Interest: Microwave, Digital communication)