

WCDMA 디지털 광 중계기용 Down-Converter 설계 및 제작

Design and Implementation of Down-Converter for WCDMA Digital Optic Repeater

김성수 · 강원구 · 장인봉* · 양승인

Sung-Soo Kim · Won-Gu Kang · In-Bong Jang* · Seung-In Yang

요 약

WCDMA 디지털 광 중계기용 down-converter를 제작하였다. WCDMA 사업자가 정한 규격에 따라 전체 시스템 블럭도 및 각 블럭들의 규격을 결정하였고, 그 블럭도 및 규격에 따라 down-converter를 설계하였다. 저주파 대역 통과 필터, 증폭기, 자동 레벨 제어 감쇠기, 주파수 합성기 등의 주요 모듈을 설계/제작하고, 이들 각 모듈의 연동을 위한 주 기판을 설계/제작하였다.

고주파 신호의 스퓨리어스 잡음 및 시스템의 잡음을 억제할 수 있는 방안을 강구한다. 설계/제작된 RF 시스템의 각 구성 모듈 및 전체 수신부의 성능을 시험하여 설계 사양을 만족함을 확인하였다.

Abstract

The down-converter of the WCDMA Digital Optic Repeater is developed. Based on the system specifications, the structure of the down-converter is accomplished and its block diagram is drawn.

The down-converter is implemented according to these block diagrams. Subsequently a low pass filter, an automatic level controlled attenuator, a frequency synthesizer and other components for the down-converter are designed and implemented, and a main board to integrate these modules is also manufactured.

To reduce the noise floor of system and suppress the RF spurious noise, a PCB layout is performed carefully. For each module consisting of the down-converter and the entire system, the performance tests are accomplished to check the performance about the specifications.

Key words : WCDMA, Down-Converter, Optic Repeater, ACLR

I. 서 론

WCDMA^{[1],[2]} 디지털 광 중계기는 WCDMA 기지국으로부터 받은 신호를 광케이블을 통하여 디지털 신호로 전송함으로써 서비스 영역을 확대하고 또한 음영지역을 해소하여 WCDMA 망의 효율성을 증대시키는 역할을 한다. WCDMA 디지털 광 중계기는 도너와 리모트로 구성되어 있으며, 도너는 기지국에 설치되고 리모트는 서비스지역에 설치되어 가입자

들에게 서비스를 제공한다. 도너와 리모트는 광케이블로 연결된다.

WCDMA 디지털 광 중계기시스템의 전체 블럭도는 그림 1과 같다. 본 논문에서는 그림 1의 리모트 수신부에서 LNA(Low Noise Amplifier)와 디지털부 사이에 위치하는 down-converter를 설계/제작하였다.

Down-converter는 수신된 RF 신호를 디지털 신호로 변환시키기 위하여 주파수를 하향 변환시키는 역할을 한다. RF 주파수에 비하여 IF 주파수가 너무 낮

숭실대학교 전자공학과(School of Electronic Engineering, Soongsil University)

*(주)엔시테크(NCTEK)

· 논문 번호 : 20030524-13S

· 수정완료일자 : 2003년 8월 1일

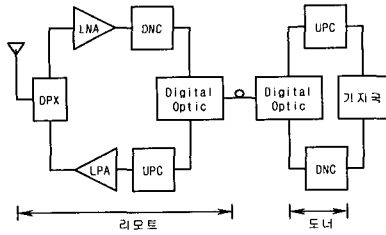


그림 1. WCDMA 디지털 광 증계기 블럭도
Fig. 1. Block diagram of the WCDMA digital optic repeater.

기 때문에 double conversion 방식으로 설계하였다. 인접대역의 신호에 대한 주파수 선택도를 높이기 위하여 SAW 필터를 사용하였다. 실제 시스템에 사용하기 위하여 제한된 공간 내에 모든 기능을 할 수 있도록 최소한의 크기로 제작하였다.

II. Down-converter의 규격

본 논문에서 설계할 Down-converter의 규격은 표 1과 같으며 실제 KTF의 IMT-2000 서비스에 사용될 디지털 광 증계기 시스템인 D-FORCE에 적용되는 리모트의 down-converter 규격이다.

III. Down-converter의 구성

Down-converter의 블럭도는 그림 2와 같으며, 모두 다섯 개의 블럭으로 구성된다. 첫 번째 블럭은 RF단으로서 BPF(Band-pass filter), Digital attenuator, Amplifier, VVA(Voltage variable attenuator) 등으로 구성된다.

BPF는 수신 주파수 이외의 주파수 성분이 입력되는 것을 막는 것과 동시에 local oscillator에서 나오는 신호가 입력 단에 영향을 미치지 않도록 하기 위하여 사용된다. Amplifier는 신호 증폭용으로 사용되고, digital attenuator는 이득 조절용으로 사용된다. Voltage variable attenuator는 모듈의 ALC 동작을 위하여 사용된다.

두 번째 블럭은 1st Mixer 블럭으로 IMD 특성을 향상시키기 위하여 high IP3인 소자를 사용하였다. Local 신호는 PLL IC를 이용하여 제작하였다. Mixer의 local level을 맞추기 위해 Amplifier를 사용하였고 local의 2nd harmonic을 제거하기 위해 LPF를 사용하

표 1. Down-converter의 규격

Table 1. Specifications of the down-converter.

항 목	규 격	비 고
입력 주파수	1960~1980 MHz	
출력 주파수	3~23 MHz	
최대 입력 파워	-7 dBm	
출력 파워	-10 dBm	
이득	-3 dB	
ACLR (Adjacent Channel Leaked Power Ratio)	-50 dBc 이하	@±5 MHz
	-53 dBc 이하	@±10 MHz
평탄도	1 dB	
스푸리어스	-60 dBc 이하	
IMD	-60 dBc 이하	
ALC	-5 dBm	
Phase noise	-50 dBc/Hz 이하	@2 kHz
전원	8 V/800 mA	

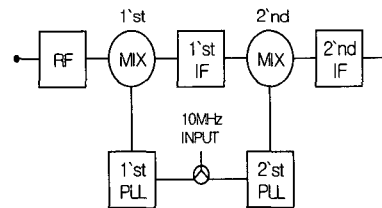


그림 2. Down-converter의 블럭도
Fig. 2. Block diagram of the down-converter.

였다.

세 번째 블럭은 1st IF 블럭으로서 LPF, Amplifier, SAW 필터, Amplifier, 온도 보상 회로 등으로 구성된다. LPF는 local oscillator의 신호를 제거하기 위하여 사용되고, Amplifier들은 신호 증폭용으로 사용되고, SAW 필터는 수신 대역폭 20 MHz 만은 통과하고 인접 대역의 신호들을 제거하여 선택도를 높이기 위하여 사용되었다.

온도 보상 회로는 저항과 thermistor로 구성하였다. 이 온도 보상 회로는 외부 환경에 따른 온도의 변화에 대하여 down-converter의 이득 변화가 시스템 성능에 영향을 주지 않도록 하기 위하여 사용된다.

네 번째 블럭은 2nd Mixer 블럭으로 IMD 특성을 향상시키기 위하여 high IP3인 소자를 사용하였다.

두 번째 local 신호도 PLL IC를 이용하여 제작하

였다. Mixer의 Local level을 맞추기 위해 Amplifier를 사용하였고 Local의 2nd harmonic을 제거하기 위해 LPF를 사용하였다.

다섯 번째 블록은 2nd IF 블록으로서 LPF, Amplifier, LPF의 순으로 구성된다. 여기서 LPF가 2단이 사용되는 것은 두 번째 local oscillator에서 나오는 신호가 출력 단에서 보이지 않게 하기 위하여 사용되고, 또한 출력의 harmonic 성분들을 제거하기 위함이다.

Amplifier는 harmonic 특성을 향상시키기 위하여 high OIP3인 소자를 사용하였다^[3]. 또한 Auto level control를 위해 pin diode를 이용하여 RF power detector을 구현하였다.

PLL IC를 동작시키기 위한 10 MHz reference는 시스템의 10 MHz reference를 사용하였다. 주파수 안정도를 높이기 위해 첫 번째 PLL IC와 두 번째 PLL IC의 reference clock 입력을 시스템의 10 MHz reference를 2-way divider를 통해 동시에 공급하였다. 10 MHz reference의 harmonic 성분의 제거하기 위해 low pass filter를 사용했으며 기지국으로부터 전송된 reference의 level를 맞추기 위해 Amplifier를 사용하였다.

IV. 제작 및 결과 검토

Down-converter의 설계는 HP사의 ADS를 사용하여 정해진 규격에 맞도록 시뮬레이션 및 최적화를 하였고, PCAD를 사용하여 전체 모듈의 PCB artwork을 하였으며, 그 PCB layout을 그림 3에 도시하였다.

또한 유전율이 4.2이고, 유전체 두께가 0.8 mm인 FR-4 기판을 사용하여 4층 기판으로 제작하였으며, 제작된 down-converter의 실제 사진은 그림 4에 도시하였고, 그 크기는 186 mm×112 mm×20 mm이다.

제작된 Down-converter의 측정은 Agilent사의 Signal Generator E4437B와 Spectrum Analyzer E4404B를 이용하였고, 측정 결과는 요약 정리하여 표 2에 나타내었다.

제작된 Down-converter의 ACLR^{[4]-[6]}의 측정결과는 -54.8 dBc로 규격 -50 dBc를 만족함을 확인하였고 그 결과를 그림 5에 도시하였다. 또한 대역내 평탄도는 0.63 dB로서 규격 1 dB를 만족하였고, 그 결과를 그림 6에 도시하였다.

스플리어스 특성 측정 결과는 그림 7에 도시하였

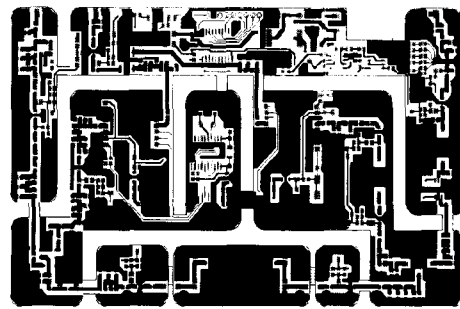


그림 3. Down-converter의 PCB layout
Fig. 3. PCB layout of the down-converter.

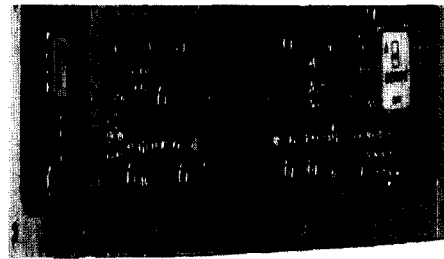


그림 4. 제작된 Down-converter 사진
Fig. 4. Photograph of the down-converter.

표 2. Down-converter의 측정 결과표
Table 2. Test results of the down-converter.

항 목	규 격	측 정 치	비 고
입력 주파수	1960~1980 MHz	-	
출력 주파수	3~23 MHz	-	
최대 입력 파워	-7 dBm	-7 dBm	
출력 파워	-10 dBm	-9.8 dBm	
이득	-3 dB	-2.8 dB	
ACLR (Adjacent Channel Leaked Power Ratio)	-50 dBc	-54.8 dBc	@±5 MHz
	-53 dBc	-53.9 dBc	@±10 MHz
평탄도	1 dB	0.63 dB	
스플리어스	-60 dBc	-63.1 dBc	
IMD	-60 dBc	-69.7 dBc	
ALC	-5 dBm	-5 dBm	
Phase noise	-50 dBc/Hz	-55 dBc/Hz	@2 kHz
전원	8V/800 mA	8V/750 mA	

다. 결과로부터 -63.1 dB로 규격 -60 dBc를 만족하였다. IMD 특성도 -69.7 dBc로 규격 -60 dBc를 충분히 만족하였으며, 그 결과를 그림 8에 도시하였다.

Phase noise는 2 kHz offset에서 -55 dBc/Hz로서 규격 -50 dBc/Hz를 충분히 만족하였으며 그 결과를 그림 9에 도시하였다.

V. 결 론

본 논문에서는 WCDMA 디지털 광 증계기용 down-converter를 설계/제작하였으며, 그 성능 평가하였다. 측정 결과로부터 제작된 down-converter는 지정한 사양을 만족함을 확인하였다.

제작된 down-converter를 WCDMA 디지털 광 증계기의 리모트 수신부에 장착하여 시스템 성능을 측정하여 만족한 성능을 얻을 수 있었다^[7].

Down-converter 설계 시에 특히 문제가 되는 저주파에서의 RF spurious 특성과 혼변조 왜곡 특성이 비교적 양호하다고 판단되어, 상용 제품으로 쓰일 수 있는 디지털 광증계기용 Down-converter를 WCDMA 서비스를 앞둔 시점에서 적절하게 설계하였다.

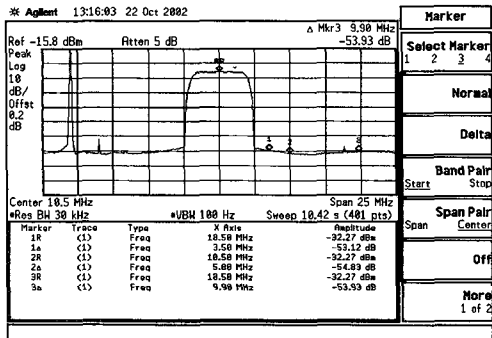


그림 5. Down-converter의 ACLR 특성
Fig. 5. ACLR characteristics of the down-converter.

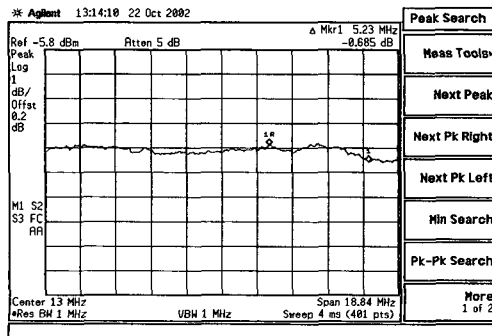


그림 6. Down-converter의 평탄도 특성
Fig. 6. Flatness characteristics of the down-converter.

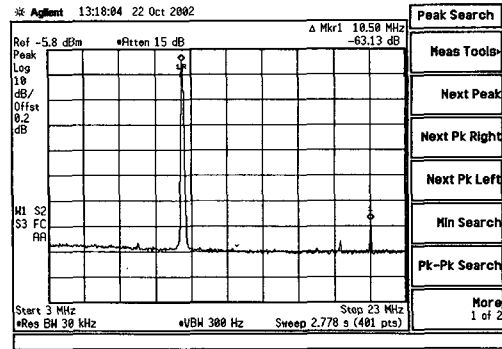


그림 7. Down-converter의 spurious 특성
Fig. 7. Spurious characteristics of the down-converter.

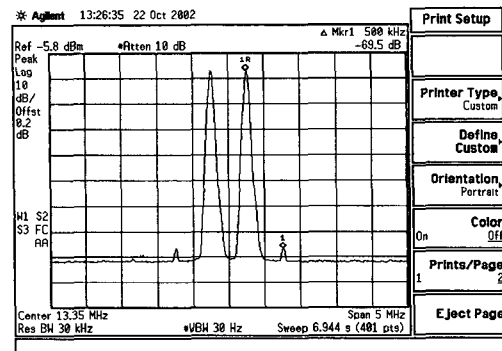


그림 8. Down-converter의 IMD 특성
Fig. 8. IMD characteristics of the down-converter.

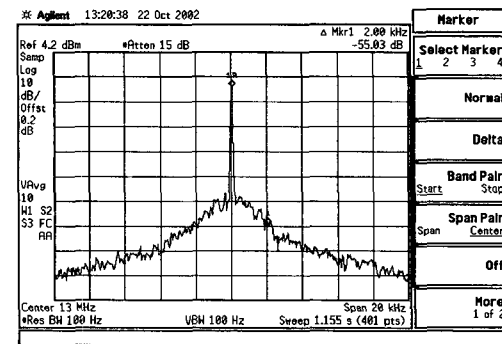


그림 9. Down-converter의 phase noise 특성
Fig. 9. Phase noise characteristics of the down-converter.

참 고 문 헌

- [1] Samuel. C. Yang, *CDMA RF System Engineering*, Artech House, 1998.
- [2] Harri Holma, Antti Toskala, *WCDMA for UMTS*,

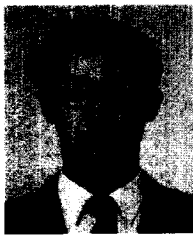
John Wiley & Sons, 2001.

- [3] Guillermo Gonzalez, *Microwave Transistor Amplifiers Analysis and Design*, Prentice Hall.
- [4] 3GPP Node B/UE technical specification(TS. 25.104/25.101).
- [5] 3GPP Repeater technical specification(TS. 25.106,

Release 4, 2009. 09).

- [6] Generic unwanted emission characteristics of mobile stations using the terrestrial radio interfaces of IMT-2000(ITU-R 39/8).
- [7] 전기통신사업용무선설비의 기술기준(정통부고시 제2002-14호, 2002. 3. 13).

김 성 수



1998년 2월: 숭실대학교 전자공학과 (공학사)
 2001년 5월~현재: 숭실대학교 전자공학과 석사과정
 1997년 7월~2001년 12월: 한신기계공업주식회사 전자사업부 연구원

2002년 9월~현재: (주)엔시테크 선임연구원
 [주 관심분야] 이동통신 시스템 및 microwave 능동 회로

장 인 봉



1989년: 숭실대 전자공학과 (공학사)
 1991년: 숭실대 전자공학과 (공학석사)
 1997년: 숭실대 전자공학과 (공학박사)
 2000년: (주)GT&T 연구소장

2001년~현재: (주)엔시테크 대표이사
 [주 관심분야] 이동통신 시스템 및 microwave 회로

강 원 구



1993년 2월: 숭실대학교 전자공학과 (공학사)
 1995년 2월: 숭실대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
 2001년 9월~현재: 숭실대학교 대학원 전자공학과 박사과정
 1995년 1월~2000년 11월: 이트로

닉스 전임연구원
 2000년 12월~현재: (주)엔시테크 책임연구원
 [주 관심분야] 이동통신 시스템 및 microwave 능동 회로

양 승 인



1974년: 서울대학교 (공학사)
 1976년: 한국과학기술원 (공학석사)
 1987년: 한국과학기술원 (공학박사)
 1990년~1999년: 한국통신기술협회 RSG 연구위원회의장
 1991년~1992년: University of Colorado 객원교수

1996년~1999년: 한국전자파학회 학술이사
 2000년~현재: 한국전자파학회 부회장
 1978년~현재: 숭실대학교 정보통신전자공학부 교수
 [주 관심분야] 위성방송수신용 평면안테나 개발, 위상잡음 최소화 연구, MMIC 설계