

비동기식 IMT-2000 기지국용 Up Down Converter 설계 및 제작

손병일, 전석찬*, 방성일
단국대학교 전자·컴퓨터공학과, (주)엘·씨·텍*
전화 : (02) 709-2827 / 팩스 : (02) 709-2590

Design and Implementation of a Up Down Converter for Asynchronous IMT-2000 Base Station

Byong-il Son, Suk-chan Chun*, Sung-il Bang
Dept. of Electronics and Computer Eng. Dankook University, LC TEK Co.*
E-mail : ssbn@soback.kornet.net

Abstract

In this paper, we design up-down converter for asynchronous IMT-2000 base station using W-CDMA(Wideband Code Division Multiple Access) technology. This up-down converter(UDC) has AGC (Automatic Gain Control), TPTL(Transmitting Power Tracing Loop), RSSI(Received Signal Strength Indicator) function. And for the cell control of BS(Base Station), breathing, blossoming, wilting function also available. This UDC has diversity structure for better performance.

I. 서론

IMT-2000은 국제 표준화 단체인 ITU를 중심으로 하여 표준화를 추진중인 차세대 이동 통신 시스템으로서, 1920~1980MHz와 2110~2170MHz 대역을 이용하여 현재 국가별/지역별로 서로 다른 무선 접속 방식을 사용하는 이동 통신 시스템들을 통일함으로써 하나의 표준아래 전세계 어느 곳에서나 통신이 가능한 서비스를 목표로 하고 있다.

International Mobile Telecommunications를 뜻하는 IMT-2000은 향후 도래할 고속 멀티미디어 통신시대의 핵심으로 부상할 서비스로서 초고속망을 기본으로 하는 유·무선 종합 차세대 멀티미디어 서비스이다.

이에 대응하여 일찍이 동기식 IMT-2000 시스템이 개발되어 있으며, 일본, 유럽을 주축으로 하여 많은 사용이 예상되는 비동기식 IMT-2000 시스템의 개발을 위하여 많은 연구 중에 있다. 이에 본 논문에서는 3GPP 규격에 따른 비동기식 IMT-2000 RAN(radio access network) 시스템의 기지국(BS: base station) 구성요소 중 상, 하향 변환기(UDC: up down converter)를 설계 및 제작하여 고찰하였다.

II. IMT-2000 기지국용 Up Down Converter의 구성

본 논문에서 제작한 UDC는 크게 상향 변환기(up converter), 하향 변환기(down converter), 주파수 합성기(frequency synthesizer), RF 제어기, 전원공급장치로 구성된다. 상향 변환기는 채널 유닛(CHU)에서 받은 160MHz대역의 -7dBm IF 신호를 상향 변환하여 2110~2170MHz대역의 0dBm RF신호를 선형증폭기 유닛(LPAU: linear power amplifier unit)으로 보내주며, 송신전력 검출(TPTL)모듈을 사용하여 송신 프론트 엔드 유닛(TXFU)에서 결합된 RF신호의 크기를 검출하여 RF controller(RFC)에 전달한다. 하향 변환기는 수신 프론트 엔드 유닛(RXFU)에서 받은 1920~1980MHz대역의 -102~-22dBm RF 신호를 하향 변환하여 70MHz대역의 -10dBm IF신호를 CHU에 전달하며 수신되는 신호의 크기를 감지하여 RFC에 전달하는

수신신호 표시기(RSSI)와 자동 이득 조절(AGC)기능을 가진다. 그리고 각 단에는 breathing, blossoming, wilting기능과 온도변화에 따른 출력신호레벨의 변화를 보정하는 기능을 가지고 있다. UDC는 기지국에 사용되도록 설계되어있기 때문에 가격이 비싸지고 회로가 복잡해지지만 안정성이 뛰어난 이중변환 방식을 채택하였다. 송, 수신시에 패이딩에 의한 간섭을 줄이기 위하여 다중구조(diversity)로 설계하였다. 전체적인 UDC의 주파수 블록도는 그림1과 같다.

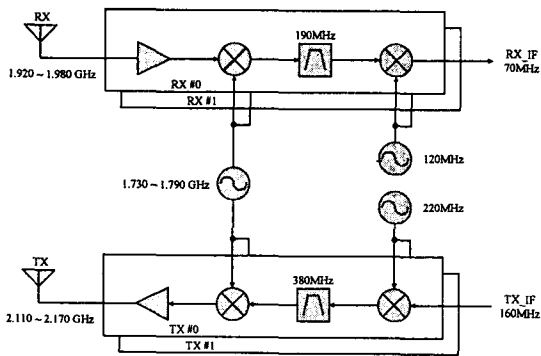


그림 1 UDC의 주파수 블록도
Fig 1. Frequency Plan for UDC

III. Up Converter의 설계/제작

설계규격은 3GPP 규격(3G TS 25.104 v3.2.0)을 근간으로 하고 있으며 상세한 UDC 규격은 SK-Telecom의 자료를 참조하였다.[1]

항목		규격
주파수	송신	2110~2170MHz
	수신	1920~1980MHz
듀플렉스	방식	FDD
	간격	190MHz
채널 간격		5MHz
변,복조방식		QPSK
송신 최대출력		10dBm
송신 전력 제어 범위		80dB이상
수신 AGC범위		80dB이상
수신 RSSI범위		80dB이상

표 1 Up Down Converter 설계 규격
Table 1. Design Specification of UDC

CHU로부터 UDC의 송신 IF 입력단자에 공급된 160MHz/-7dBm 신호는 임피던스를 정합한 다음 입력 신호의 하모닉 성분 및 잡음 대역폭을 제한하기 위한 저역통과필터(LPF)를 통과한다. 이 신호는 임피던스

정합을 위한 감쇄기를 통하여 IF 주파수 혼합기(mixer)에 인가된다. 이 mixer는 Analog Device社의 ADE-1MH를 사용하였다. Mixer의 출력 신호는 증폭기를 통하여 π 형 PIN 다이오드로 구성된 2단 가변 감쇄기에 들어간다.[2] Cell blossoming, breathing, wilting기능을 위하여 IF단에 2개와 송신 RF단에 1개의 가변 감쇄기로 구성된 이득 조절 회로는 80dB의 동작영역을 갖는다. 가변 감쇄기의 출력 신호는 증폭기를 통하여 삽입 손실이 16dB, 중심주파수가 380MHz이고 40dB 대역폭이 8.2MHz인 표면 탄성파(SAW: surface acoustic wave)필터에 인가되어 IF 기준신호가 억압되고 잡음대역이 제한된다. SAW 필터를 거친 신호는 증폭기를 통하여 RF 주파수 혼합기에 인가된다. RF 주파수 혼합기는 Mini-Circuit社의 ADE-35MH를 사용하였다. 혼합된 신호는 첫 번째 유전체 대역통과필터(BPF)에 인가된다. BPF의 중심주파수는 2140MHz로써 1dB 대역폭은 60MHz이상이며 RF 기준신호를 억압시킨다. BPF출력 신호는 증폭된 후 두 번째 BPF에 인가된다. 이 BPF는 첫 번째 것과 동일한 규격을 갖는다. BPF출력은 1dB압축점이 29 dBm인 전력 증폭기를 통하여 증폭된 후 임피던스를 정합한 뒤 출력된다. TPTL 기능을 구현하기 위하여 TXFU의 송신출력 신호를 분배기를 통하여 UDC에 인가된다. UDC에 인가된 신호는 RF 주파수 혼합기에 의해서 380MHz 신호로 변환되어 LPF에 인가된다.[3] LPF를 통과한 신호는 출력신호로 검출되기 위하여 SAW 필터에 인가된다. RF local 신호 및 대역의 신호를 억압한다. 대역 제한된 신호는 증폭기와 임피던스 정합 후 레벨 검출기에 인가된다. 레벨 검출기는 0~-60dBm의 입력 레벨에 대하여 4.25~1.75VDC의 선형 출력전압을 발생시키며 50mV/dB의 기울기를 갖는다. 상향 변환기의 구조는 다음과 같다.

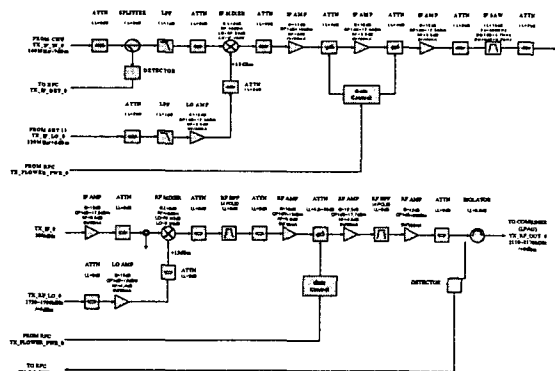


그림 2 상향 변환기 블록도
Fig. 2 Block Diagram of Up Converter

IV. Down Converter의 설계/제작

RXFU에서 신호를 받은 하향 변환기의 초단 저잡음 증폭기(LNA)는 잡음이 적고 높은 IP3 특성을 갖는 증폭기로서 가변 감쇄기 및 영상신호 제거용 BPF의 삽입 손실을 보상하여 주며 전체 수신기의 잡음(NF)특성을 결정한다.[4] 가변 감쇄기는 cell Blossoming, breathing, wilting기능을 위하여 RFC에 의해 제어된다. 유전체 BPF의 중심주파수는 1950MHz로써 1 dB 대역폭은 60MHz이상이며 불요신호를 억압시킨다. 두 번째 LNA는 RF mixer의 삽입 손실을 보상하기 위하여 사용되며 초단 LNA와 동일한 특성을 갖는다. RF 주파수는 RF mixer에 의하여 190MHz 1st IF 주파수로 변환된다. Mixer의 출력 신호는 광대역 임피던스 정합 및 주파수 선택성을 갖기 위하여 diplexer에 인가된다.[5] Diplexer를 통과한 신호는 증폭기를 통과해 1st SAW필터에 인가된다. SAW필터는 RF 기준 신호 및 대역의 신호를 억압한다. SAW Filter출력 신호는 증폭기를 통과한 후 IF mixer에 인가되어 70MHz 2nd IF 주파수로 변환된다. Mixer의 출력 신호는 증폭기를 통과한 후 2nd SAW필터에 인가된다. 2nd IF 단에는 2개의SAW필터가 삽입되며, 각각에 대한 삽입 손실이 6.8dB, 중심주파수가 70MHz이고 35dB 대역폭이 8.5MHz으로 대역의 신호를 억압한다. 70MHz 2nd IF 단의 이후 영역은 AGC 및 RSSI등으로 이루어져 있다. AGC는 이득가변 증폭기와 신호 검출기, AGC조정회로로 구성된다. 신호 검출기 및 조정회로는 IF 출력 신호 레벨을 규정된 범위로 일정하게 유지시켜주며, 수신 RF 단자로 입력되는 신호의 수신 전계 강도(RSSI)를 측정하여 RFC로 전송한다. 하향 변환기의 구조는 다음과 같다.

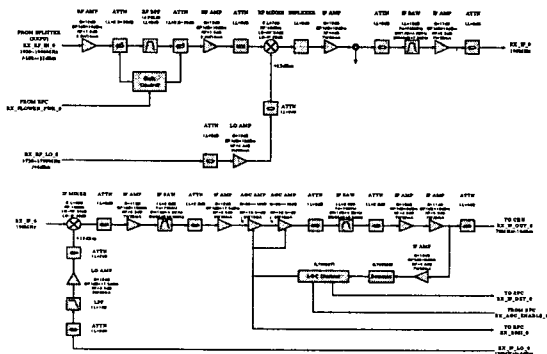


그림 3 하향 변환기 블록도
Fig. 3 Block Diagram of Down Converter

V. 주파수 합성기의 설계/제작

BSU(base synchronize unit)로부터 인가된 10MHz/+15dBm 신호는 기준 주파수 분배기에서 분배되어 각 UDC에 기준 신호로 공급된다. 주파수 합성기는 RF 기준 신호를 발생시키기 위한PLL IC 및 loop filter, RF VCO(voltage controlled oscillator)등과, IF 기준신호를 발생시키기 위한PLL IC 및 loop filter, IF VCO 등으로 구성된다. RF 및 IF VCO 출력신호는 mixer의 입력 레벨에 맞게 증폭된 후 분배기에 의하여 분배되어 각각의 RF 및 IF 기준 신호로 사용된다. 주파수 합성기의 lock indicator 신호는 RFC로 인가되어 PLL의 lock상태를 감지하게 된다. NS社의 LMX1601로 두 개의 IF 주파수를 발생하였고 同社의 LMX2326으로 RF 주파수를 발생하였다. 주파수 합성기의 구조는 다음과 같다.

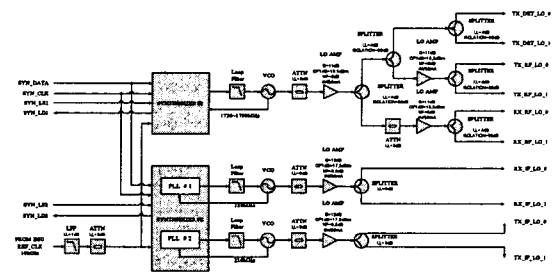


그림 4 주파수 합성기의 블록도
Fig. 4 Block Diagram of PLL Synthesizer

VI. Up Down Converter의 실험결과

하향 변환기의 이득조절을 담당하는 AGC 증폭기의 조정 전압에 따른 이득의 증가율은 그림 5에 나와있다. 그림에 나타난 바와 같이 설계 규격대로 80dB의 동작영역을 확보할 수 있었다. 출력 파형은 AGC 증폭기의 이득에 따라 잡음 레벨이 증가하였으나 일반적인 출력 파형은 그림 6과 같다. 상향 변환기는 증폭기의 특성을 압축점에서 여유 있게 설계하였기 때문에 인접채널 전력비(ACPR: adjacent channel power ratio)이 40dBc 이상으로 떨어져 양호한 특성을 나타내었다. 상향 변환기의 출력 파형은 그림 7과 같다. 주파수 합성기의 경우 RFC가 아직 제작되지 않아 PC로 PLL에 데이터를 입력하였다. 설계한 대로 기준 신호가 원하는 주파수에서 고정되었으나 RF부분의 주파수 합성기의 C/N비가 비교적 낮아서 차후에 수정할 부분

으로 남겨두었다. 상, 하향변환기 모두 대칭구조로 되어있어 동일한 특성이 나오도록 설계하였기 때문에 각 부분의 RF특성은 거의 일치함을 확인할 수 있었다.

VI. 결론

본 논문에서는 차세대 이동통신서비스인 비동기식 IMT-2000의 기지국에 사용되는 UDC를 설계, 제작하였다. 이 UDC는 CHU에서 받은 160MHz대역의 -7dBm 신호를 2110~2170MHz대역의 0dBm RF 신호로 상향변환 하였으며 1920~1980MHz대역의 -102~-22dBm RXFU 출력 신호를 받아 70MHz대역의 -10dBm 신호로 하향 변환하였다. 따라서 이 모듈은 설계한 대로 송신전력 제어범위 80dB, 수신 전력제어 범위 80dB, 수신 RSSI범위 80dB의 성능을 나타내었다. 대칭 구조로 상, 하향 변환기가 한 모듈에 각각 두 패스로 구현하였으며 각각의 RF 특성의 거의 일치하였다. 하향 변환기에서 -102dBm의 신호가 들어와 AGC 증폭기가 최대의 이득을 가질 때 SAW 필터 대역내의 잡음전력이 증가하는 문제점을 발생하였다. 이것은 SAW필터가 인접하는 영역에서의 차단특성이 가장 좋기 때문에 1st IF단에서 따로 BPF를 구성하여 mixer 전단에서 불요파를 차단하여 2nd IF단으로 넘어오는 불요파를 제거한 후 SAW 필터로 인접하는 잡음을 제거하는 두 가지의 단계를 거쳐야 한다.

앞으로는 RFC를 연결하여 원하는 대로 출력 레벨을 변화시키는지 확인하는 것과 실제로 기지국을 구성하여 실제 IMT-2000 망 내에서 정확하게 작동하는 지를 확인하여야 할 것이다. 연구가 더욱 필요한 부분은 RF부분의 특성을 안정화시켜 생산을 용이하게 하며 불필요한 부분을 줄임으로써 회로를 단순하게 하고 가격을 낮추는 것이다.

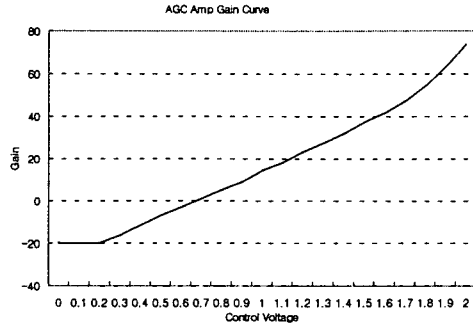


그림 5 AGC 증폭기의 이득변화특성
Fig 5. Gain of AGC amp.

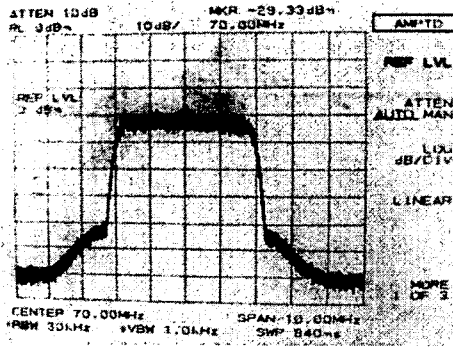


그림 6 하향변환기의 출력파형
Fig. 6 Output signal of down converter

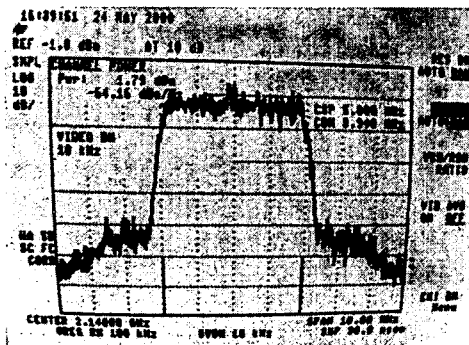


그림 7 상향 변환기의 출력파형
Fig. 7 Output signal of up converter

참고문헌

- [1] 3GPP TSG, "3G TS 25.104 v3.2.0", v3.2.0, Mar. 2000
- [2] Chris Bowick, "RF Circuit Design", Howard W. Sams & Co., 1982, pp. 167-168
- [3] Arthur B. Williams, Fred J. Taylor, "Electronic Filter Design Handbook", McGRAW-HILL publishing company, 1988, pp. 5-20~5-24
- [4] Peter Vizmuller, "RF Design Guide", Artech House, 1995
- [5] George D. vendelin, "Microwave Circuit Design", A Wiley-Interscience Publication, 1990