

IMT-2000용 단말기의 주파수 합성기와 송신부의 설계 및 구현

박성진[○], 조용진, 이흥기^{*}, 조형래, 김기문

한국해양대학교, 부산정보대학^{*}

Design and Implementation of Frequency Synthesizer and Transmitter of IMT-2000 Mobile Station

Sungjin-Park[○], Yongjin-Cho, Hyungrae-Cho, Heunggi-Lee^{*}, Kimoon-Kim

Korea Maritime University, Pusan Information College^{*}

요 약

차세대 이동통신 서비스는 영상을 포함한 멀티미디어 서비스나 고속 데이터통신 서비스가 가능해야 한다. 본 논문에서는 W-CDMA 방식을 이용한 IMT-2000 단말기의 주파수 합성기를 포함하는 송신부를 설계한다. 요구되는 성능은 채널간격 10MHz, 변·복조 방식은 QPSK, 데이터 전송속도는 4.096Mcps, 주파수 합성기는 19.2MHz의 기준 주파수로 2,200~2,300MHz 및 140MHz/260MHz의 주파수를 만든다. 구현된 주파수 합성기 및 송신부가 IMT-2000 단말기의 요구 성능을 만족함을 보이고, W-CDMA를 이용한 WLL, Wireless LAN 등 다양한 무선장비에 이용될 것으로 기대된다.

1. 서 론

차세대 이동통신 서비스인 IMT-2000은 ITU를 중심으로 그 표준안이 논의중이며, 고품질의 음성, 고속의 DATA, IMAGE, 동영상의 전송, 전 세계적인 통화권의 구현, 인터넷접속, 멀티미디어 등의 고급 서비스 수요를 만족시킬수 있어야 한다.[1]

본 논문에서는 이러한 서비스 수요를 만족시키기 위해서 W-CDMA 방식을 이용한 IMT-2000 단말기의 송신부를 RF부분 및 주파수 합성기에 중점을 두어 설계한다. 일반규격을 제안하고, 시스템을 구현하여 성능을 만족시킴을 확인하고, W-CDMA 방식의 시스템 설계에 경쟁력을 가지게 됨을 보인다.

2. 본론

2-1. 송신부 설계

본 논문에서는 표1과 같은 RF 규격의 IMT-2000 단말기 송신부를 구현하고자 한다.

표 1. IMT-2000 단말기 송신부의 RF 규격[3]

	항 목
송신 주파수	1.940~1.970GHz
채널간격	10MHz
변조 방식	QPSK
데이터 전송속도	4.096Mcps
송신최대출력	100mW
전력제어범위	50dB 이상
Spurious 방사	-45dBc/30KHz 이하

표 1의 규격을 만족하는 IMT-2000 단말기의 송신부 블록다이어그램은 그림 1과 같다.

QPSK 변조기를 거친 260MHz의 TX_IF_MOD 주파수를 가변 이득 Amp로 증폭한다. 가변 이득 Amp는 일정한 잡음지수와 IP3 성능을 유지하도록 한다. 여기서 증폭된 신호는 Attenuator를 달아 신호레벨을 조정하고, 증폭된 신호의 Spurious를 없애기 위해 중심 주파수 260MHz, 대역폭 10MHz의 IF 대역통과필터로 보낸다. 여기서 3dB 정도의 삽입 손실이 예상된다.

이 신호는 19.2MHz의 기준 주파수를 가지는 주파수 합성기에서 나오는 2.200~2.230GHz의 TX_RF_LO 주파수와 혼합된다. Mixer에서의 삽입 손실은 약 2dB 정도이다. Mixer를 거친 신호는 noise를 동반하게 되는데, 이런 잡음은 출력 S/N비를 줄일 수 있어, 대역통과필터로 보낸다. 이 신호를 다시 Drive Amp에서 증폭하고 마지막으로 Power Amp에서 증폭하여 Isolator를 거치고 듀플렉서를 거쳐 안테나로 신호를 전송하게 된다.

2-2. 주파수 합성기부 설계[2],[4],[5]

송신부에서의 주파수 합성기는 두가지 주파수를 만들어 낸다. 하나는 Mixer에서 혼합되는 TX_RF_LO 주파수로 1.940~1.970GHz, 다른 하나는 MOD_LO로 들어가는 260MHz이다. 본 논문에서 설계한 주파수합성기는 TX_RF_LO로 가는 신호를 위해서는 LMX2325와 MOD_LO 신호용으로는 LMX2337, PLL IC를 선택했으며, 펄스 스왈로 방식의 N분주기를 가진다. 펄스 스왈로 방식은 그림 2와 같이 나타낼 수 있다.

Prescaler의 출력은 A카운터와 B카운터에 입력된다. A 카운터에 A개의 입력이 들어오면 A 카운터는 0으로 변하고 이때 Prescaler 분주비는 P로 전환된다. 이 시점까지 A×(P+1)을 카운트한다. 그 후 B 카운터는 (B-A)×P 개의 입력이 들어온 후 0으로 되고 Prescaler의 분주값을 다시 (P+1)

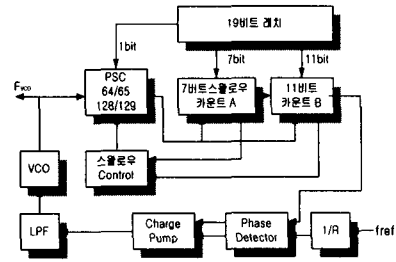


그림 2. 펄스 스왈로 방식을 사용한 주파수 합성기의 구성도

로 변화시키며, A, B 카운터도 초기값으로 설정된다. 따라서, 총 카운트를 계산해보면 다음과 같다.

$$N = (B - A) \times P + A \times (P + 1) \quad (1)$$

$$= B \times P + A \quad (P > A, B \geq A)$$

그러므로, 출력주파수는

$$f_{OUT} = [(P \times B) + A] \times \frac{f_{REF}}{R} \quad (2)$$

가 된다. 레퍼런스 주파수는 주파수 안정도가 높은 VCTCXO를 사용하고, 주파수는 19.2MHz로 한다.

이 기준 주파수를 고정 분주기로 192분주해서 100KHz로 만들고, Prescaler를 64분주하고, B 카운터를 112분주, A 카운터를 342분주하면,

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

가 되어 기준 주파수와 위상비교기에서 비교되어 2.200GHz의 TX_RF_LO 주파수를 만들어 낸다. MOD_LO 주파수를 만들어내기 위해서는 카운터 분주비를

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

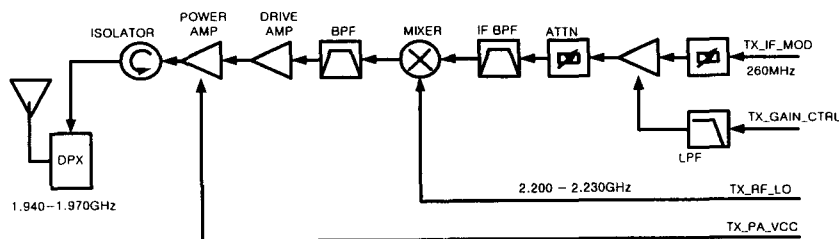


그림 1. IMT-2000 단말기 송신부의 블록다이어그램

와 같이 설정하면 된다.

주파수 합성기에서 무엇보다도 중요한 것은 필터의 설계라 할 수 있다. 본 논문에서 사용되는 필터는 Lock Time과 잡음, 안정성, 레퍼런스 Spurious의 적절한 절충을 필요로 한다. 2차 수동 필터를 기본으로 하고 그 전달함수는 다음식과 같다.

$$Z(s) = \frac{s(C_2 \cdot R_2) + 1}{s^2(C_1 \cdot C_2 \cdot R_2) + sC_1 + sC_2} \quad (3)$$

만약 루프대역폭이 커지면 Lock Time은 빨라지나 레퍼런스 Spurious는 더 많이 생긴다. 레퍼런스 Spurious를 줄이기 위하여 LPF를 부가한 회로의 모양은 다음과 같다.

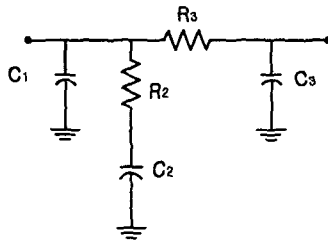


그림 3. LPF가 부가된 개선된 루프필터

루프의 대역폭(ω_c) 및 소자값은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\omega_c = \frac{\tan \phi (T_1 + T_3)}{[(T_1 + T_3)^2 + T_1 T_2]} \sqrt{1 + \frac{(T_1 + T_3)^3 + T_1 T_2}{[\tan \phi (T_1 + T_3)]^2}} - 1 \quad (4)$$

$$C_1 = \frac{T_1}{T_2} \frac{K_{pd} K_{vco}}{\omega_c^2 N} \left[\frac{(1 + \omega_c^2 T_2^2)}{(1 + \omega_c^2 T_1^2)(1 + \omega_c^2 T_3^2)} \right] \quad (5)$$

$$C_2 = C_1 \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right) \quad (6)$$

$$R_2 = \frac{T_2}{C_2} \quad (7)$$

$$C_3 = \frac{T_3}{R_3} \quad (8)$$

설계된 주파수 합성기는 그림 4와 같다. 19.2MHz의 레퍼런스 주파수로 TX_RF_LO 및 MOD_LO 주파수를 만들어 낸다.

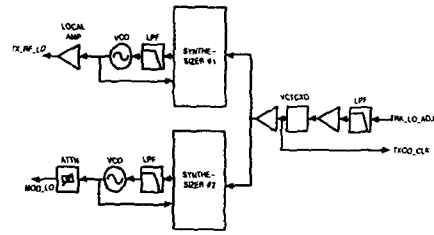


그림 4. 주파수합성기의 블록다이아그램

3. 실험

본 논문에서 제작된 IMT-2000 단말기의 송신부는 그림 5와 같다. 성능측정에서 중요한 것은 단말기의 안테나 콘넥터에서 측정시 할당된 CDMA 채널 이외의 주파수에서 방사되는 전력의 크기를 알 수 있는 송신부의 Spurious 특성을 살펴야 한다. 앞절의 요구성능 규격에서 최소 규격을 송신 주파수로부터 5MHz이상의 offset 주파수에서 -40dBc/30KHz이하, 인접대역에서 -2dBcc/30KHz로 설정하였고, 제작된 단말기는 규격을 만족함을

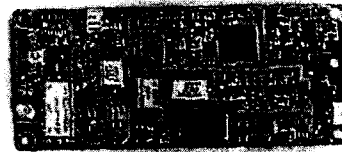


그림 5. 제작된 IMT-2000 단말기

그림 6과 7에서 보여준다.

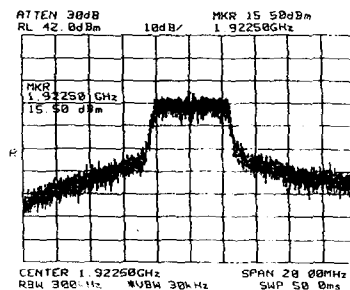


그림 6. 5MHz이상 offset일때의 Spurious특성

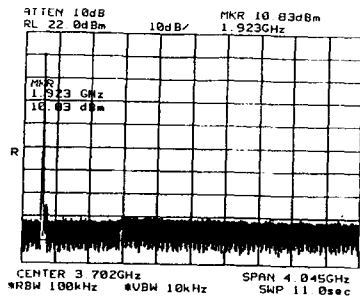


그림 7. 인접대역에서의 Spurious 특성

송신부의 출력 전력 제어 범위로 2.5Vdc 기준으로 -20dBc 이상의 규격을 요구한다. 그림 8은 5MHz 대역폭에서 -40dBm의 송신출력을 보임으로써 규격을 만족함을 보인다.

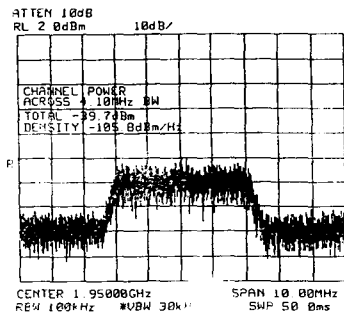


그림 8. 송신 전력 제어 범위

그림 9는 입력신호가 없을 경우 캐리어 주파수의 정밀도를 보여주며, 주파수 합성기의 성능 테스트로 송신 주파수의 정확도로 알 수 있다.

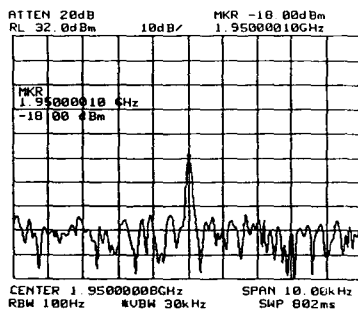


그림 9. 입력신호가 없을 때 캐리어주파수 정밀도

4. 결론

본 논문에서는 W-CDMA 방식을 이용한 IMT-2000 단말기의 송신부를 설계, 제작하고 그 특성을 측정하였다. 제시한 바와 같이 Spurious 방사 특성과 전력 제어 범위가 요구 규격을 만족함을 알 수 있었다. 이번 실험 및 제작으로 본 논문의 결과가 W-CDMA를 이용한 WLL, Wireless LAN 등 다양한 무선장비에 이용될 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] 김병무, "SK 텔레콤의 IMT-2000 연구개발 현황", 한국통신학회지, pp. 68. 97년 14권 11호.
- [2] National Semiconductor Data Sheet, "LMX2325, LMX2337".
- [3] Recommended Minimum Performance Standards for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular Mobile Stations, Feb. 1994.
- [4] Ulrich L. Rohde, "Digital PLL Frequency Synthesizers", Prentice Hall, 1983, pp. 352-364.
- [5] J.K. Holmes and C.R. Tegenia, "A Second-Order All-Digital Phase-Locked Loop," IEE Trans, COM-22, pp. 62-68, Jan. 1974.