

5.8GHz 무선 랜용 서브 하모닉 저항성 혼합기의 설계

Design of 5.8 GHz Wireless LAN Sub Harmonic Pumped Resistive Mixer

劉洪吉*, 金完植*, 姜廷震**, 李鍾岳*

Hong-gil Yoo*, Wan -Sik Kim*, Jeong-Jin Kang**, Jong-Arc Lee*

요 약

본 논문은 5.8 GHz 무선 랜용 서브 하모닉 저항성 혼합기를 설계하였다. 서브 하모닉 저항성 혼합기는 서브 하모닉 혼합기와 저항성 혼합기의 장점이 합쳐진 구조이다. 서브 하모닉 저항성 혼합기는 LO의 고조파 성분과 RF를 혼합하여 IF주파수를 얻는다. 그래서 기존의 혼합기보다 낮은 LO 주파수를 사용이 가능하다. 그리고 서브 하모닉 저항성 혼합기는 GaAs FET의 unbiased 채널 저항을 사용하여 주파수 혼합하므로 낮은 IMD를 특성을 갖는다. 제작된 서브 하모닉 저항성 혼합기의 변환손실은 LO 신호전력이 13 dBm일 때, 10.67 dB이다. 그리고 혼합기의 IIP3는 21.5 dBm이다.

ABSTRACT

In this paper, it is designed for 5.8GHz Wireless LAN sub harmonic resistive mixer. Sub harmonic resistive mixer is constituted by advantage of sub harmonic mixer and resistive mixer. Sub harmonic resistive mixers mix harmonics of LO with RF and obtain IF frequency. Therefore, it was possible to use decreasing LO frequency than conventional mixers. And, Sub harmonic resistive mixer has low IMD because of using unbiased channel resistance of GaAs FET. When LO power is 13dBm, the conversion loss of manufactured sub harmonic resistive mixer is 10.67 dB. And IIP3 of mixer is 21.5dBm.

keyword : harmonic, resistive, mixer, IMD, GaAs FET

1. 서론

이동통신의 급속적인 성장은 노트북 컴퓨터, PDA 등의 보급 확대로 무선 랜 및 블루투스 등 무선 기술에

대한 연구가 국내외적으로 활발히 진행되어왔다. 이중 무선 랜은 2.4 GHz 대역의

IEEE 802.11b 표준 기반으로 국내에서 상용화 되었으나 신호 전송 속도가 최대 11 Mbps로 유선 LAN에 비하여 상대적으로 느리기 때문에 멀티미디어 서비스를 제공하기에 미흡하다. 그래서 좀더 빠른 속도의 무선 랜에 대한 요구가 커지고 있다. 이러한 고속 무선 랜의 표준은 IEEE 802.11a로 주파수는 5150

* 建國大學校 電子情報通信工學科

(Dept of electronic information Eng., Konkuk Univ.)

** 동서울大學 情報通信科

(Dept. of information and communication DongSeoul College)

接受日:2004年 3月 4日, 修正完了日:2004年 7月 20日

MHz ~ 5350 MHz 와 5725 MHz ~ 5825 MHz를 사용하고 있다.

IEEE 802.11a에서는 데이터 전송속도에 따라서 다른 변조 방식을 사용한다. 최대 데이터 전송 속도는 54 Mbps이며, 이 때 변조 방식은 64 QAM OFDM 방식을 사용한다. 무선 통신 시스템에서, 혼합기는 IMD(Intermodulation distortion)를 발생시키는 원인이 된다. 왜냐하면 혼합기의 신호 처리 능력이 상대적으로 다른 단보다 낮기 때문이다. 게다가 수신기의 낮은 잡음지수를 얻기 위해서 LNA가 사용된 경우는 혼합기에 인가되는 신호 레벨은 상당히 커지게 된다. 이런 경우 혼합기의 IMD는 수신기에서 최대 입력 신호 레벨을 결정하는 원인이 된다. 그래서 낮은 IMD 특성을 갖는 혼합기의 설계가 필요하다.[1]-[3]

또한 사용되어지는 주파수가 높아질수록, 송·수신 시스템에서 RF 신호를 낮은 IF 주파수로 변환시키기 위해서는 높은 주파수의 LO 발진기가 필요하다.

높은 주파수에서 작동하는 안정된 발진기의 구현은 가격이 상대적으로 비싸며, 혼합기에 필요한 적정 LO 전력 레벨을 얻기 위해서는 부가적인 LO 회로의 구현이 필요하다. 또한, 우수한 위상잡음 특성을 갖는 발진기의 설계가 필요하다.

본 논문은 혼합기의 IMD 특성을 개선하고, LO의 제 2고조파를 이용하여 주파수 변환할 수 있는 서브 하모닉 저항성 혼합기를 설계하였다.

II. 서브 하모닉 저항성 혼합기 설계

일반적으로 혼합기는 쇼트키 다이오드를 사용하여 이중 평형 구조의 혼합기를 많이 사용한다. 쇼트키 다이오드는 마이크로파 소자 중에서 가장 큰 비선형성을 갖는다. 그래서 다이오드를 이용한 혼합기의 IMD 특성은 나쁘다. 이러한 다이오드 혼합기의 IMD 특성을 개선하기 위해서는 LO의 전력 레벨을 보다 더 높이고, 작은 직렬 저항과 작은 접합 커패시턴스를 갖는 쇼트키 다이오드를 사용하고, 적절한 전원을 인가하여야 한다.[4]

BJT나 GaAs FET를 이용한 능동 혼합기는 변환 이득이 있는 장점이 있으나 변환 이득이 생길 만큼 IMD 특성이 열화 되는 특징이 있다. 저항성 혼합기는 드레인에 전압을 인가하지 않는다. 드레인에 전압이 인가되지 않은 GaAs FET의 채널 저항은 매우 약한

비선형성을 갖는다. 그래서 매우 낮은 IMD 특성을 갖는다.[1]-[3]

그래서 본 논문에서는 저항성 혼합기를 이용하여 하모닉 형태의 혼합기를 설계하고자 한다.

그림 1은 서브 하모닉 저항성 혼합기의 구조를 나타낸다. 이 혼합기는 LO의 제 2 고조파와 RF를 혼합하여 IF 주파수를 얻기 때문에 기존의 혼합기에서 사용되는 LO 주파수를 1/2로 줄일 수 있다.[5],[6]

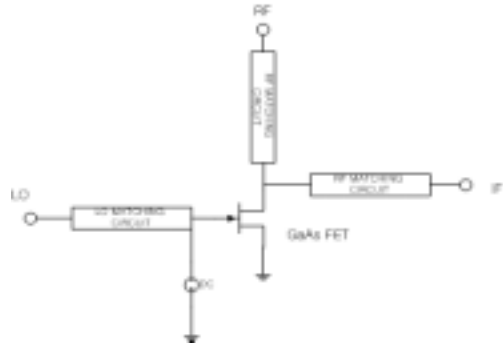


그림 1. 서브 하모닉 저항성 혼합기

Fig. 1. SHP resistive mixer

본 연구에서는 사용한 기판은 비유전율은 4.4, 기판의 두께는 0.8mm, 동박 두께는 18 μ m, $\tan\delta = 0.02$ 의 특성을 갖는 FR4를 사용하였다.

설계에 사용한 소자는 HP 사의 GaAs FET인 ATF-10136을 사용하였다.

RF 주파수는 IEEE 802.11a의 Upper U-NII대역(5725 MHz - 5825 MHz)의 중심 주파수인 5775 MHz, IF 주파수는 IEEE 802.11b에서 사용되고 있는 374 MHz로 설정하였다. 그래서 LO 주파수는 2695.5 MHz로 정하여 설계하였다.

RF 정합회로는 $\lambda/4$ 평형 결합선로를 이용하여 대역통과 여파기로 설계하였다.

그림 2는 설계된 대역 통과 여파기의 시뮬레이션 결과이다. 대역 내에서 삽입손실이 2.65 dB이다. 이것은 기판이 가지고 있는 $\tan\delta$ 가 커서 그런 것이다. RF 정합회로가 가지고 있는 삽입손실은 결국 혼합기의 변환손실을 증가시킨다.

IF 정합회로는 집중정수소자인 L과 C를 이용하여 대역통과 여파기로 설계하였다.

LO 정합회로는 RF 주파수의 $\lambda/4$ 개방 스타브를

GaAs FET의 게이트에 연결하여, RF 전력이 LO 포트 로 전달되는 것을 막았다. 그리고 LO의 전력을 -10 dBm에서 20 dBm까지 증가시키면서 LO 포트에서의 반사계수를 측정하였다. 이 때 LO 포트의 반사계수는 그림 3과 같다.

LO 전력이 15 dBm 일 때, 측정된 LO 포트의 반사 계수는 $0.618 \angle -169.2^\circ$ 이다. 이 값을 이용하여, 공액 복소수 값으로 LO 정합회로를 설계하였다.

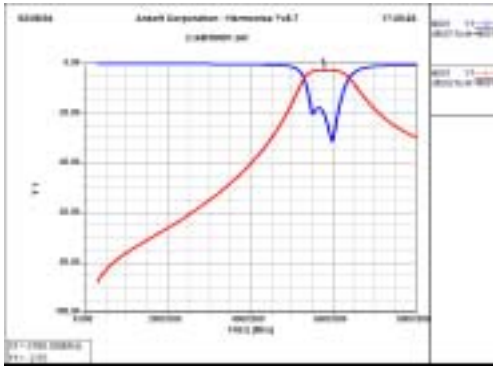


그림 2. RF 정합 회로의 특성
Fig. 2. RF matching circuit characteristics

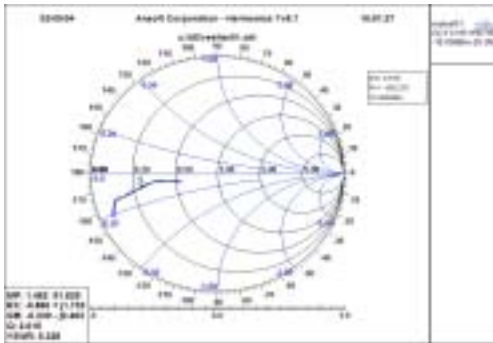


그림 3. LO 포트의 반사계수
Fig. 3. LO port reflection coefficient

저항성 혼합기는 LO 전력 레벨과 V_{gs} 전압 레벨에 따라서 변환 손실과 IMD 특성이 다르다. 일반적으로 낮은 IMD 특성을 얻기 위해서는 V_{gs} 를 GaAs FET의 pinch off 전압보다 낮게 입력하여야 한다. 그래서 저항성 혼합기를 설계 시는 LO 전력 레벨과 V_{gs} 를 선

정하는 것이 중요하다.

설계에 사용한 소자인 ATF-10136의 pinch off 전압은 -1 V이다. V_{gs} 전압을 변화시키면서 변환손실과 IMD특성을 비교하여 보면, V_{gs} 의 전압이 -0.4 V일 때 적절한 변환 손실과 IMD 특성을 갖는 것을 알 수 있다.

그림 4는 V_{gs} 의 변화에 따른 혼합기의 변환손실을 나타낸다. 그림 4에서 보면 V_{gs} 가 -0.4 V, LO 전력 15 dBm에서 변환 손실이 9.8 dB이다. 그러나 V_{gs} 전압이 -0.6 V, -1V로 낮아질 때는 혼합기의 변환 손실은 상당히 커짐을 알 수 있다.

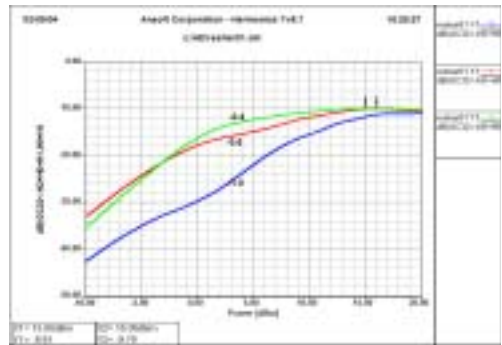


그림 4. V_{gs} 에 따른 변환손실
Fig. 4. Conversion loss with V_{gs} variation

그림 5는 LO 전력이 15 dBm, RF 입력 전력이 0 dBm 일 때, IF 포트에서의 출력 스펙트럼을 나타낸다. IF 주파수인 374 MHz에서는 -9.79 dBm으로 변환손실은 9.79 dB이다.

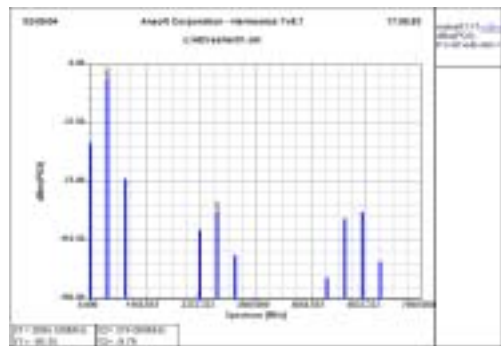


그림 5. IF 포트에서의 출력 스펙트럼
Fig. 5. Output spectrum at IF port

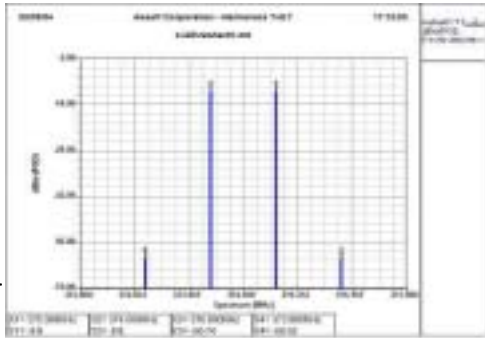


그림 6. 혼합기의 IMD 특성
Fig. 6. IMD characteristics of mixer

그림 6은 RF 포트에 5775 MHz와 5776 MHz의 2-tone, 입력 전력 0 dBm 입력을 했을 때, IF 포트에서의 출력 스펙트럼이다. IMD 성분은 -60.62 dBm이고 기본파 성분은 -9.8 dBm이다. 혼합기의 입력 IP3는 25.41 dBm이다.

III. 실험 및 고찰

그림 7은 설계 제작한 혼합기의 사진이다.

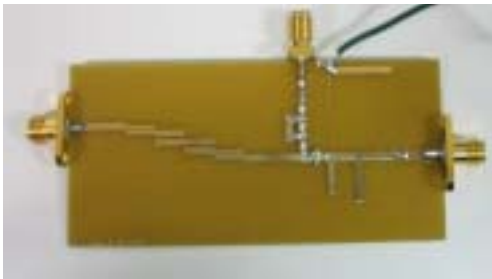


그림 7. 혼합기의 사진
Fig. 7. Photograph of mixer

그림 8은 LO 전력에 변화에 따른 변환손실을 나타낸다. LO 전력이 13 dBm에서 변환손실이 10.67 dB로 최소의 변환손실을 얻었다. 이것은 설계한 결과와 거의 일치하는 것을 알 수 있다.

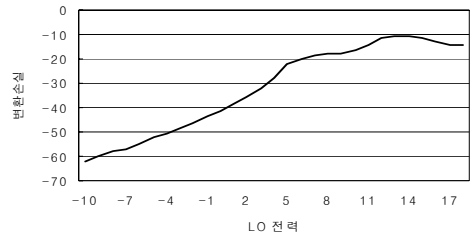
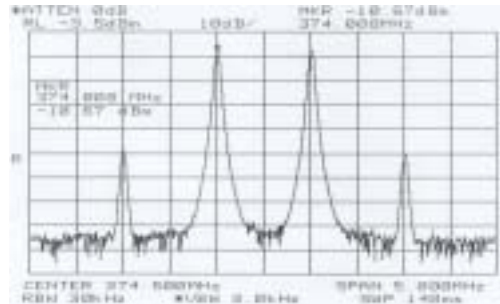


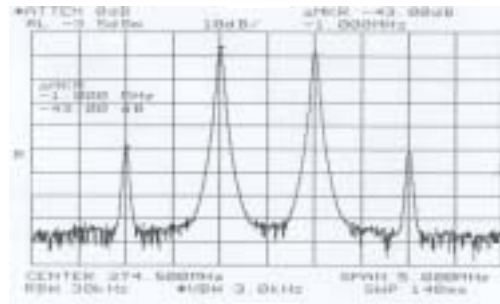
그림 8. LO 전력 변화에 따른 변환손실
Fig. 8. LO power vs conversion loss

그림 9는 LO 전력 13 dBm, RF 입력 전력을 0 dBm/1tone을 입력 했을 때의 혼합기의 IMD 특성이다. 변환 손실은 10.67 dB이고, 입력 IP3는 21.5 dBm이다.

그림 10은 LO 전력 13 dBm, RF 입력 전력을 -10 dBm/1tone을 했을 때의 혼합기의 IMD 특성이다. 변환 손실은 10.6 dB이고, 입력 IP3는 21.4 dBm이다.



(a)

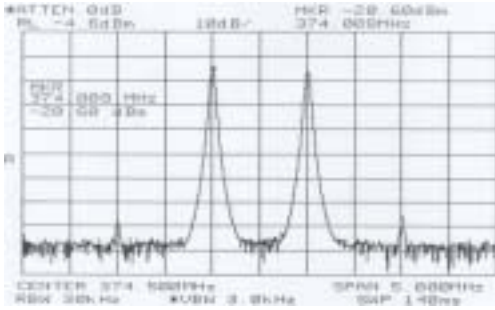


(b)

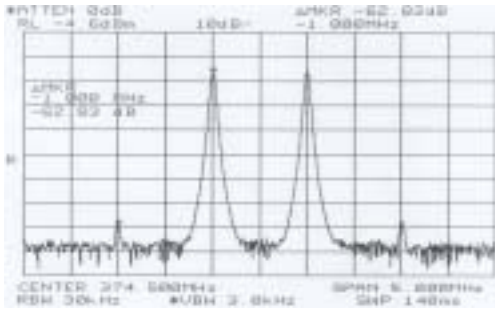
그림 9. RF 입력전력 0 dBm/1tone 일 때, 혼합기의 IMD 특성

Fig. 9. IMD characteristics of mixer at RF input

5.8GHz 무선 랜용 서브 하모닉 저항성 혼합기의 설계



(a)



5.8GHz 무선 랜용 혼합기로 사용할 수 있는 상용 부품으로는 Hittite사의 HMC219가 가장 높은 입력 IP3를 가지며, 21 dBm이다. 그리고 LO 전력은 13dBm이며, 이중 평형 혼합기로 쇼트키 다이오드를 이용하여 제작한 것이다. 이 상용제품과 비교하여, 시스템 구현 시 같은 LO 전력을 사용하지만 LO의 주파수는 1/2로 줄여 국부 발진회로의 구현이 쉬워지고 가격을 줄일 수 있는 장점이 있다. 그리고 본 논문의 혼합기를 이중평형 형태의 혼합기로 설계한다면 입력IP3를 더욱 더 증가시킬 수 있다. 이것은 전체 시스템의 동적영역(dynamic range)을 향상시킨다.

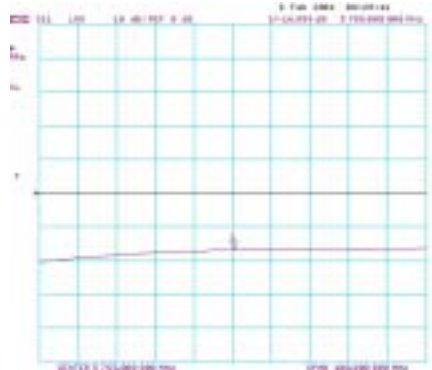


그림 11. 혼합기의 RF 포트의 반사계수
Fig. 11. Reflection coefficient at RF port

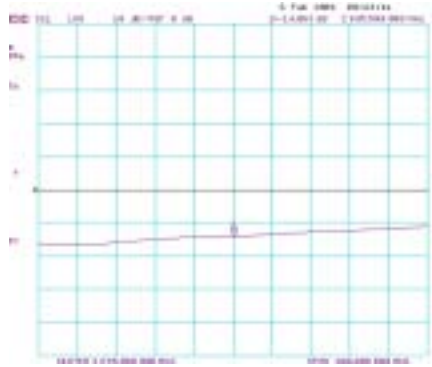


그림 12. 혼합기의 LO 포트의 반사계수
Fig. 12. Reflection coefficient at LO port

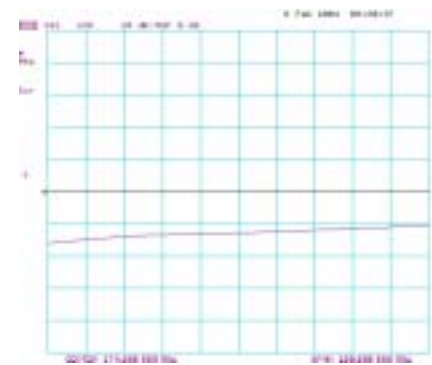


그림 13. 혼합기의 IF 포트의 반사계수
Fig. 13. Reflection coefficient at IF port

그림 11에서 그림 13은 혼합기의 반사계수를 측정하는 것이다. RF, LO, IF 포트의 반사계수는 -16 dB, -14 dB, -12 dB의 우수한 특성을 보인다.

IV. 결 론

본 논문에서는 낮은 IMD 특성을 얻기 위해서 저항성 혼합기를 사용하였으며, LO의 제 2 고조파와 RF를 혼합하여 IF 주파수를 얻었다. 적절한 LO 전력 레벨과 Vgs 전압을 GaAs FET에 입력하여 주면, LO의 고조파 성분으로도 적당한 변환손실과 낮은 IMD 특성을 얻을 수 있다는 것을 보여주었다.

제작된 서브 하모닉 저항성 혼합기의 변환손실은 LO 신호전력이 13 dBm일 때, 10.67 dB이고 입력 IP3는 21.5 dBm이다.

참 고 문 헌

- [1] Stephen A Mass, "A GaAs MESFET Balanced mixer with very low intermodulation" IEEE MTT-S Digest, pp. 895-898, 1987
- [2] Stephen A Mass, "A GaAs MESFET mixer with very low intermodulation" IEEE Trans. Microwave Theory and Tech., vol. MTT-35, pp. 425-429, APRIL 1987
- [3] F De. Flaviis and S. A Mass "X band doubly balanced resistive fet mixer with very low intermodulation GaAs MESFET mixer with very low intermodulation" IEEE Trans. Microwave Theory and Tech., vol. 43 MTT-35, pp. 457-460, FEB. 1995
- [4] S. A Mass "Two-tone intermodulation in diode mixer" IEEE Trans. Microwave Theory and Tech., vol. 3 MTT-35, pp. 307-314, MAR. 1987
- [5] A.CAzevedo Dias, D.Consonni, M.A.Luqueze "High isolation sub harmonic mixer" IEEE MTT-S Proceedings, pp. 378-381, 1999
- [6] TIBERIU MAZILU and ASHOK K. TALWAR

"A harmonic mixer for the 20-40 GHz range" IEEE Trans. Microwave Theory and Tech., vol. 1 MTT-30, pp. 106-107, JAN. 1982

저 자 소 개

劉 洪 吉 (學生會員)



1997년 : 건국대학교 전자공학과 공학사
1999년 : 건국대학교 전자공학과 공학석사
1999년 ~ 현재 : 건국대학교 일반대학원 박사과정

金 完 植 (學生會員)



1991년 : 건국대학교 전자공학과 공학사
1993년 : 건국대학교 전자공학과 공학석사
2002년 ~ 현재 : 건국대학교 일반대학원 박사과정
1992년 ~ 2002년 : 대우전자 선임연구원
2002년 ~ 현재 : 고등기술원 선임연구원

姜 廷 震 (正會員)



1991년 : 건국대학교 전자공학과 공학박사
1991년 ~ 현재 : 동서울대학 정보통신과 교수

李 鍾 岳 (正會員)



1966년 : 한양대학교 전기과 공학사.
1970년 : 연세대학교 전기과 공학석사.
1974년 : 연세대학교 전기과 공학박사.
1976년 ~ 현재 : 건국대학교 전자정보통신공학과 교수