

역지향성 능동배열 안테나용 2-Port 주파수 혼합기의 설계¹⁾

*전 중 창 · **김 태 수 · *김 현 덕

*진주산업대학교 전자공학과, **위덕대학교 정보통신공학부

Design of a 2-Port Frequency Mixer for the Retrodirective Active Array Antenna

*Joong-Chang Chun, **Tae-Soo Kim, *Hyun-Duk Kim

*Dept. of Electronic Engineering, Jinju National University

**Dept. of Communication Engineering, Uiduk University

E-mail: jcchun@jinju.ac.kr

요 약

본 논문에서는 역지향성 능동배열 안테나용 2-포트 주파수 혼합기를 설계 제작하였다. 역지향성 안테나는 임의의 방향에서 입사하는 전파를 그 방향으로 되돌려 복사시키는 안테나 배열 시스템으로서, 주파수 혼합기는 반사파가 입사 반대방향의 파면(wave front)을 갖기 위한 공액변위기로 작용된다. 2-포트 주파수 혼합기에서는 RF/IF 신호가 동일 포트를 사용함으로써 입력단의 신호 결합회로를 사용하지 않아도 되는 장점을 갖는다. 비선형소자는 p-HEMT가 사용되었으며, -10dBm의 LO 전력에서 변환손실 -1dB와 RF 전력 -15dBm의 1-dB 억압점이 측정되었다.

ABSTRACT

In this paper, we have developed a 2-port resistive frequency mixer for the retrodirective active array. The circuit topology is consisted of 2-port to avoid the complexity of LO and RF signal combination, using a pseudomorphic HEMT device. The operating frequencies are 4.0 GHz, 2.01 GHz, and 1.99 GHz for LO, RF, and IF, respectively. Conversion loss is measured to be -1dB and 1-dB compression point -15 dBm at the LO power of -10 dBm.

키워드

2-포트 혼합기, 게이트 혼합기, 역지향성 배열, 능동안테나, 공액 위상 변위기

1. 서 론

PCS, IMT-2000, 무선 LAN, ITS 등과 같은 무선 이동통신 서비스는 현대의 정보통신 사회에서 중추적 역할을 하고 있으며, 통신품질의 개선을 위한 안테나 시스템 개발의 중요성이 더욱 부각되고 있다. 따라서 기존의 고정밀 안테나의 제약성을 개선

하기 위해서 스마트 안테나 연구가 활발히 이루어지고 있다.[1]-[3]

역지향성 안테나(retrodirective antenna)는 임의의 방향에서 입사하는 전파를 그 방향으로 되돌려 복사시키는 안테나 배열 시스템이다.[4] 이 특성은 Snell의 법칙을 따르는 일반적인 반사판과는 전혀 다른 개념의 복사특성을 의미하는 것으로, 차세대 이동통신의 기지국 안테나로서 많은 관심과 연구가 이루어지고 있다. 여러 개의 위상 변위기와 신호처리 알고리즘을 사용하는 위상 배열을 이용하는 기존의 스마트 안테나와는 달리, 역지향성 능동 안테나는 신호처리부를 사용하지 않고 빔 추적 가

1) 본 논문은 정보통신부 정보통신연구진흥원에서 지원하고 있는 정보통신기초연구 지원사업의 연구결과입니다.

능을 나타낸다. 역지향성 안테나의 용도에는 이동통신 분야뿐만 아니라 원격 센서, RFID, 피아식별 및 구난용 Transponder 등에도 적용될 수 있다.[5]

역지향성 안테나의 핵심 원리는 입사 신호와 공역 위상을 갖는 복사전파를 발생시키는 것으로 주파수 혼합기가 이 목적으로 사용된다.[4] 역지향성 안테나의 주파수 혼합기는 일반적인 주파수 혼합기와 달리, RF 주파수의 2배인 LO 주파수를 가지며, IF 주파수는 RF 주파수와 비슷한 크기를 갖는다. 따라서 Gate 혼합기 구조는 LO 및 RF 신호를 결합하기 위한 다이플렉서(duplexer) 및 입력단 임피던스 정합이 용이하지 않은 단점이 있다. 본 논문에서는 RF신호와 IF신호를 Drain 단에서 공통으로 사용하는 저항성 혼합기 구조를 채택하여 이 문제점을 극복하였다.[5]

본 논문에서는 p-HEMT를 사용하여 2 GHz의 RF 신호를 처리 할 수 있는 게이트 혼합기가 설계 제작되었으며,[6] 임피던스 정합 회로 등의 설계 절차와 혼합기의 측정 set-up 및 결과를 제시하도록 한다. 동작 주파수는 LO 4.00 GHz, RF 2.01 GHz, IF 1.99 GHz이며, 측정결과는 -10dBm의 LO 전력에서 -1dB의 변환손실과, -15 dBm의 1 dB 역압점(compression point)을 보였다.

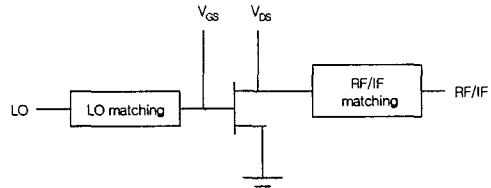


그림 1. 2-Port 게이트 혼합기의 구성도

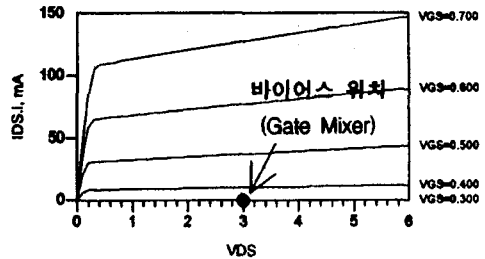


그림 2. ATF-54143의 DC 특성 및 바이어스 위치

II. 주파수 혼합기의 설계

본 연구에서 설계된 혼합기 회로구성을 그림 1에 보였으며, LO 신호를 게이트에 인가하고 RF 신호와 IF 신호를 드레인 단에서 취하는 게이트 혼합기로 설계되었다. 혼합기의 동작 주파수 대역은 RF 주파수가 2.01 GHz, LO 주파수가 4.0 GHz, IF 주파수가 1.99 GHz이다. 비선형 소자는 Agilent ATF-54143를 사용하였으며, VDS=3.0V, VGS=0.3V의 차단영역에서 동작하도록 바이어스를 인가하였다. 회로제작에 사용된 기판은 유전율이 6.15, 두께가 25 mil이다. 회로설계에는 ADS 소프트웨어가 사용되었다. Agilent ATF-54143의 등가 모델은 on-line 상에서 제공이 되며, 그림 2에 DC 특성과 바이어스 위치를 도시 하였다. VDS=3.0V, VGS=0.3V의 바이어스 조건에서 각 주파수에서 나타나는 입력 임피던스는 그림 3과 같다. 일반적인 게이트 혼합기는 LO와 RF 신호를 FET 게이트 입력단에 인가하며, 이 경우에는 두 신호를 결합하기 위한 결합기가 필요하게 된다. 역지향성 배열에서는 LO 주파수가 RF 주파수의 두 배가 되므로 결합기 및 입력 임피던스 정합이 매우 어려워지게 된다. 본 논문에서는 2-Port 구조를 채택함으로써 이 문제를 해결하였다. 혼합기 설계는 바이어스 전압이 인가된 상태에서 입력임.

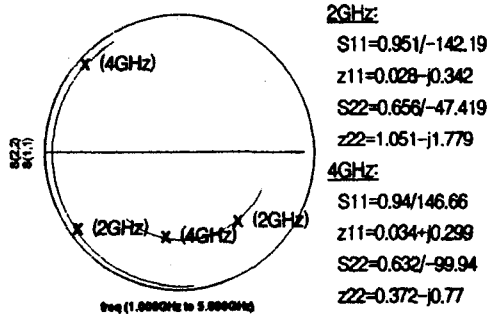
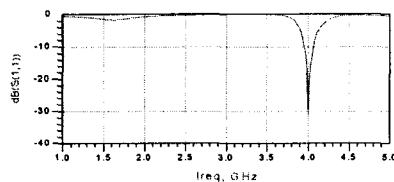
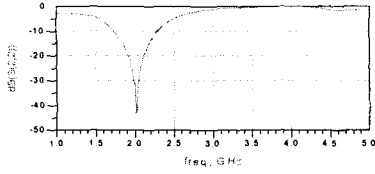


그림 3. ATF-54143의 RF 임피던스 특성 (VDS=3.0V, VGS=0.3V)

피던스 정합과 출력단 RF/IF 임피던스 정합회로를 차례로 설계한다. 바이어스 회로의 RF 영향을 배제하기 위한 RF choke coil과 불필요한 발진을 막기 위한 저항이 사용되었으며, 설계 결과를 그림 4에 보였다.



(a) 입력 임피던스 정합 (LO: 4GHz)



(b) 출력 임피던스 정합 (RF/IF: 2GHz)
그림 4. 혼합기 정합회로 설계결과

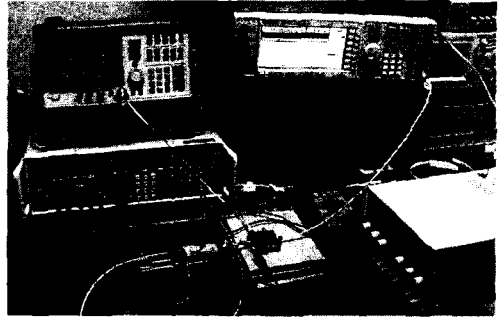


그림 7. 혼합기 측정장치 setup 사진

III. 회로 제작 및 측정결과

설계된 혼합기는 wet-etching 방법으로 유전율 6.15, 두께 25 mil의 기판에 제작되었으며, 그림 5에 회로 layout을 보였다. 2-Port 혼합기의 측정 장치 구성도와 setup 사진을 그림 6과 7에 각각 도시하였다. RF와 IF 신호를 분리하기 위해서 결합도가 10 dB인 방향성 결합기를 사용하였다. 그림 8은 LO -10 dBm, RF -20 dBm을 인가하였을 때의 IF 출력 스펙트럼을 나타내며, 바이어스 전압은 $VGS=0.27V$, $VDS=3.2V$, $IDS=1mA$ 이다. 여기에서 1.99 GHz의 IF 성분 외에, 2.01 GHz의 RF 누설성분이 관찰되고 있으며, 이것은 두 신호의 주파수가 매우 근접하여 필터를 사용할 수 없기 때문이다. 그림 9는 고조파 혼합신호를 보이고 있다. 그림 10은 RF 입력과 IF 출력 전력의 관계를 도시하고 있으며, 1-dB 억압점 RF 전력은 -15dBm, 변환손실은 -1 dB로 측정되었다.

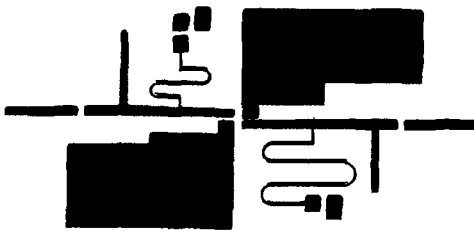


그림 5. 혼합기 회로 Layout

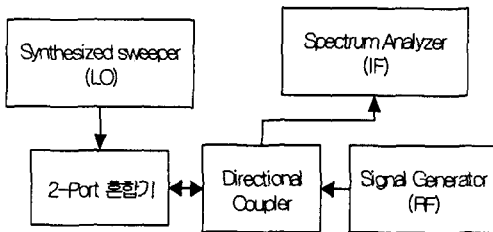


그림 6. 혼합기 측정 장치구성 블록도

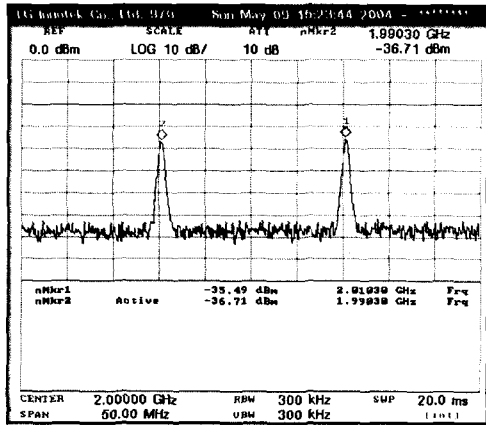
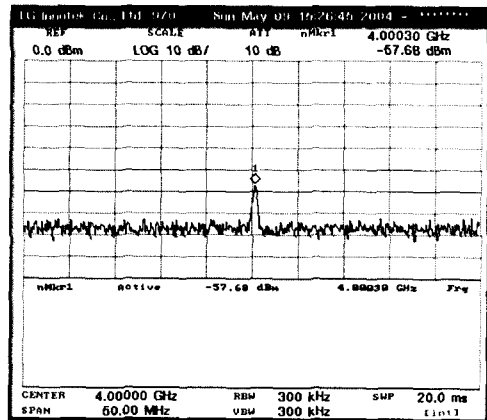
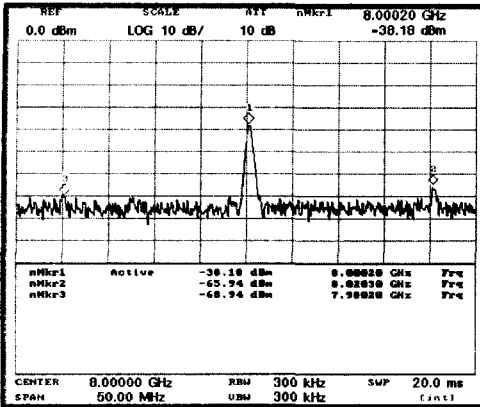


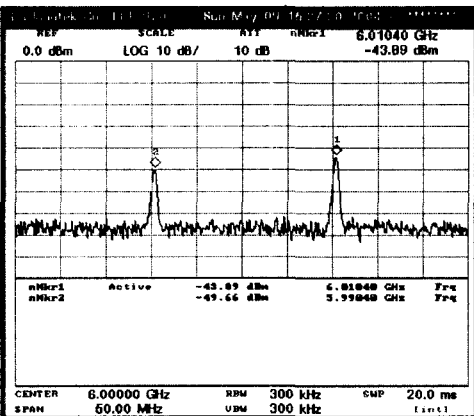
그림 8. IF 출력 스펙트럼 측정결과



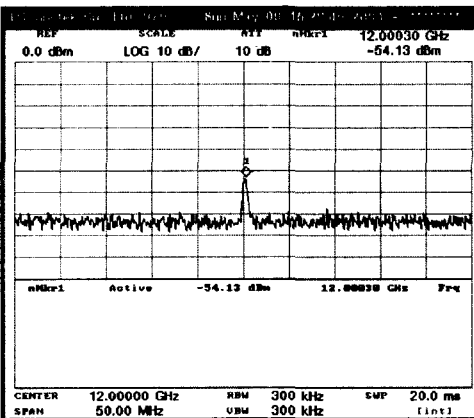
(a) LO 누설성분(4 GHz)



(b) LO 고조파 누설성분(8 GHz: 2LO), 5차 혼합성분(7.98 GHz: 3LO-2RF), 3차 혼합성분(8.02 GHz: LO+2RF)



(c) 3차 혼합성분(5.99 GHz: 2LO-RF), 2차 혼합성분(6.01 GHz: LO+RF)



(d) LO 고조파 누설성분(12 GHz: 3LO)
그림 9. LO 누설성분 및 고차 혼합신호 측정결과

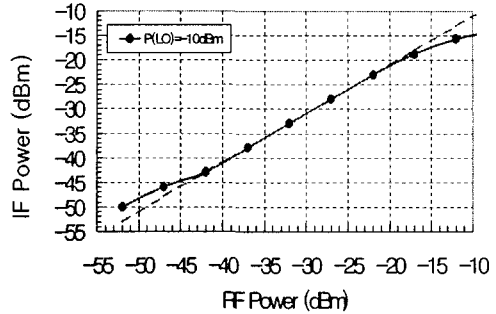


그림 10. RF 전력변화에 따른 IF전력의 측정결과

IV. 결론

역지향성 능동배열 안테나의 공역 위상변위기에 적용하기 위한 2-Port 마이크로파 주파수 혼합기가 설계·제작되었다. 제작된 혼합기는 LO 4.00 GHz, RF 2.01 GHz, IF 1.99 GHz에서 동작하며, RF와 IF 주파수가 매우 근접하여 IF 필터를 사용할 수 없는 관계로 출력단에서 매우 큰 RF 누설성분이 관찰되었다. Harmonic Balance 기법을 사용한 ADS 소프트웨어 시뮬레이션에서 변환손실이 -12.1 dB로 예측되었지만, 제작된 혼합기는 -10 dBm의 LO 전력에서 -1 dB의 변환손실을 보였으며, -15 dBm의 1 dB compression point가 측정되었다. 2-Port의 혼합기 구조를 채택함으로써, LO 및 RF 신호를 합성하기 위한 결합기(coupler)의 사용은 불필요하게 되었지만, 반면에 RF 신호가 드레인 단에 인가됨으로 인하여 변환이득을 얻지 못하는 결과가 관찰되었다. 2-Port 구조로서 바이어스 전압을 인가할 필요가 없는 저항성 혼합기(resistive mixer)의 설계도 가능하지만, 동일하게 변환손실이 존재한다는 점과 매우 큰 전력을 갖는 LO 신호가 사용되어야 한다는 점을 고려하면, 능동 배열 안테나용으로 게이트 혼합기가 훨씬 더 적합한 구조이다. 본 연구에서는 2-Port 혼합기를 측정하기 위한 setup 구성도와 LO 고조파 및 고차 혼합 신호에 의한 누설 성분 스펙트럼 측정결과도 함께 제시하였다.

참고문헌

- [1] R. Miyamoto, T. Itoh, "Retrodirective arrays for wireless communications," IEEE Microwave Magazine, pp. 71-79, Mar. 2002.
- [2] K. Chang, R. York, P. Hall, T. Itoh, "Active Integrated Antennas," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., pp. 937-944, Mar. 2002.
- [3] L. DiDomenico, G. Rebeiz, "Digital com-

- munications using self-phased arrays," IEEE Microwave Theory Tech., pp. 677-684, April 2001.
- [4] C. Pon, "Retrodirective array using the heterodyne technique," IEEE Trans. Antennas Propagat., pp. 176-180, Mar. 1964.
- [5] R. Miyamoto, Y. Qian, T. Itoh, "An active integrated retrodirective transponder for remote information retrieval-on-demand," IEEE Microwave Theory Tech., pp. 1658-1662, Sept. 2001.
- [6] J. Golio, Microwave MESFETs and HEMTs, Artech House, pp. 288-291, 1991.