

대역폭이 향상된 직접변환 Six-port 위상 상관기 성능분석

유 재두, 김 영완

군산대학교

Performance Analysis of Improved Direct Conversion Six-port Phase Correlator

Jae-du Yu and Young-wan Kim

Kunsan National University

E-mail : yjd2626@kunsan.ac.kr, ywkim@kunsan.ac.kr

요 약

본 논문에서는 90° hybrid branch-line coupler와 three-arm branch 90° hybrid coupler를 이용하여 설계한 six-port 위상 상관기를 ADS2003A를 사용하여 모의 실험하고 성능을 분석하였다. Three-arm branch 90° hybrid coupler를 이용한 six-port 위상 상관기가 기존의 90° hybrid coupler를 이용한 six-port 위상 상관기보다 약 5배 정도의 광대역 특성을 보였다. 두 개의 six-port 위상 상관기의 성능을 비교 검증하기 위하여 six-port 위상 상관기를 제작 평가하였다. 측정된 두 개의 six-port 위상 상관기의 특성은 시뮬레이션 데이터와 거의 일치하였다.

ABSTRACT

In this paper, the six-port phase correlator using 90° hybrid branch-line coupler and three-arm branch 90° hybrid coupler were designed. The performances for two six-port phase correlators were analyzed by using ADS2003A tool. Three-arm six-port phase correlator provides more wide dynamic frequency range than that of six-port using the conventional hybrid coupler in range of circa five times. Six-port phase correlators were fabricated to evaluate the performance of two six-port phase correlators. The measured performances for two six-port phase correlators show the good accordance with the simulation data.

키워드

Six-port direct conversion, Six-port phase correlator, Three-arm six-port correlator

1. 서 론

직접 변환 방식은 혼합기를 사용하는 구조와 six-port 위상 상관기와 다이오드를 결합하는 구조로 구분할 수 있다. Six-port 위상 상관기를 이용한 직접 변환 방식은 혼합기를 사용한 방식보다 회로 구조가 간단하고 집적화도 쉬운 장점을 가지고 있다. 또한 국부발진 회로에서의 소비전력이 낮고 광대역으로 구현하기 유리한 점을 보이고 있다. 이러한 이유들로 인하여 six-port 위상 상관기를 이용한 직접 변환 방식이 많이 연구되어 지고 있다[1]. Six-port는 일반적으로 세개의 coupler와 한 개의 power divider로 구성되어 진

다[2]. 90° hybrid branch-line coupler를 이용한 six-port의 주파수 대역폭은 10 GHz 사용 주파수에서 약 300 MHz이다. 광대역 직접변환 방식에서는 보다 넓은 주파수 대역이 필요하므로 넓은 대역을 갖는 six-port가 필요하다.

본 논문에서는 중심 주파수 11.85 GHz에서 90° hybrid branch-line coupler와 three-arm branch 90° hybrid coupler를 이용하여 Six-port 위상 상관기를 설계하여 성능을 비교 분석 하였다. 90° hybrid branch-line coupler를 이용한 six-port 위상 상관기의 협대역성을 보완하여 대역폭이 증가하여 광대역 특성을 얻을 수 있는 three-arm branch 90° hybrid coupler를 이용하여 six-port

위상 상관기를 제작하였으며, 성능을 분석하였다.

II. Six-port 및 Three-arm branch 90° hybrid coupler의 구조

Six-port 위상 상관기는 그림 1과 같이 세 개의 coupler와 한 개의 3 dB Wilkinson power divider를 사용하여 설계되고, 국부 발진 신호(LO)와 입력 데이터 신호(RF)를 더해서 4개의 다른 위상을 갖는 출력 신호를 생성한다[2]. 회로에서 신호 손실이 없고 동등한 진폭 크기로 분리기에 의해 나누어지는 경우, six-port 위상 상관기의 출력 신호는 $(0.5LO+j0.5RF)$ 와 $(j0.5LO+0.5RF)$, $j(0.5LO+0.5RF)$ 와 $(0.5LO-0.5RF)$ 의 구성을 갖는 위상 변화, 즉 0°, 90°, 180°, 270°를 갖는 입력신호들의 합이며, six-port 위상 상관기 출력 신호의 수는 디지털 변조 기법의 상태(state)수와 같다. Six-port는 손실 특성과 위상 특성에 의해서 정의되어지고, 이상적인 각 출력 포트의 삽입 손실 약 -6 dB이다.

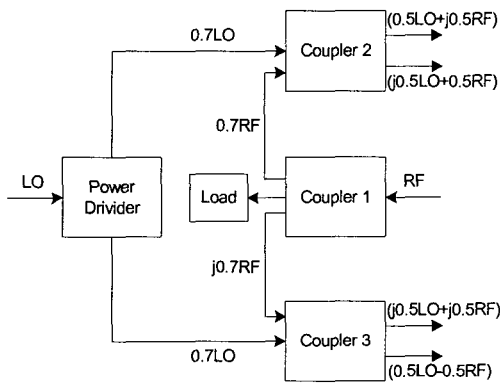


그림 1. Six-port의 구조.

본 논문에서 제안한 three-arm branch 90° hybrid coupler의 구조는 아래 그림 2에서와 같이 기존의 90° hybrid branch-line coupler 구조에 1개의 shunt arm을 추가하여 90° hybrid coupler를 두 개 합친 것 같은 다단형태로 만들어 대역폭을 확장시킨 구조이다[3].

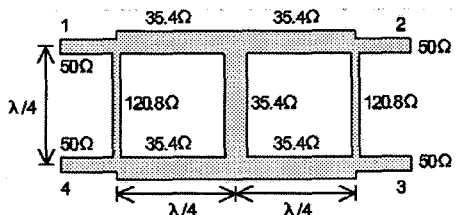


그림 2. Three-arm branch 90° hybrid coupler의 구조

III. Six-port 설계 및 성능분석

시뮬레이션은 Agilent simulator ADS2003A를 사용하였고 시뮬레이션을 위한 기판은 유전율 2.2, 동판 두께 0.035mm, 기판 두께 0.254mm, 기판 손실률 0.0009인 Rogers사의 RT/Duroid5880를 사용하였으며, 중심 주파수는 11.85 GHz로 설계하였다. 그림 3은 three-arm branch 90° hybrid coupler 세 개와 Wilkinson power divider를 사용하여 설계한 six-Port 위상 상관기 이다.

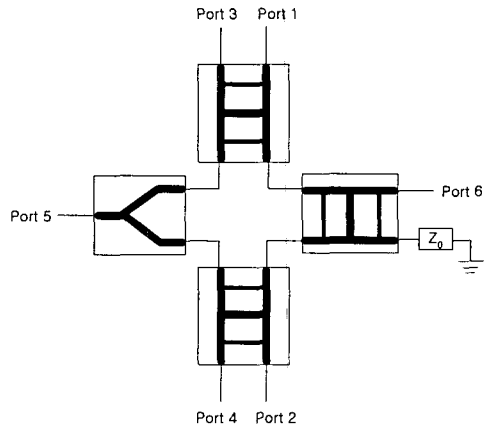
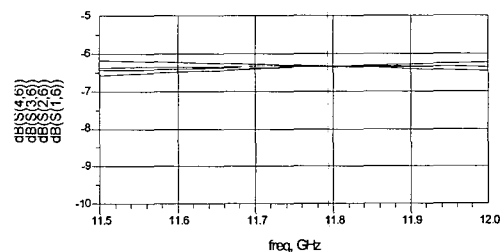
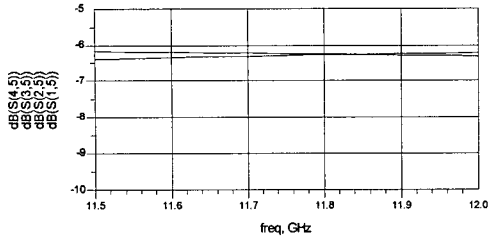


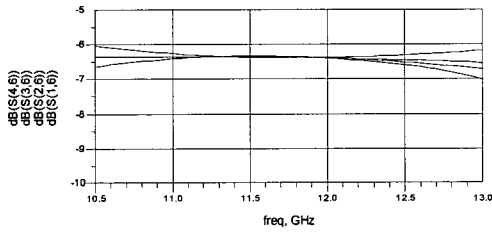
그림 3. Three-arm branch 90° hybrid coupler를 이용한 six-port 설계도.

두 개의 six-port correlator의 시뮬레이션 결과는 그림 4에 나타나 있다. 시뮬레이션 중심주파수 11.85 GHz에서 네 개의 출력 포트는 약 -6.3 dB의 손실 특성을 보였으며, port 6에 대한 출력 단자 간 손실 특성은 10.8~12.3 GHz에서 -6.5 dB 이하임을 알 수 있었다. 또한 port 5에 대한 출력 단자 간 손실 특성은 10.4~13.2 GHz사이에서 -6.5 dB 이하의 특성을 나타내었다. 대역폭의 크기는 대략 1.5 GHz로서 90° hybrid branch-line coupler를 이용하여 제작한 six-port 위상 상관기의 대역폭보다 약 5배의 넓은 대역폭을 보였다. Port 5, Port 6에서의 반사손실은 비교적 넓은 주파수 대역에서 -20 dB 이하의 값을 나타내었다. 두 개의 six-port 위상 상관기 포트간의 위상 오차는 약 3° 이하이다.

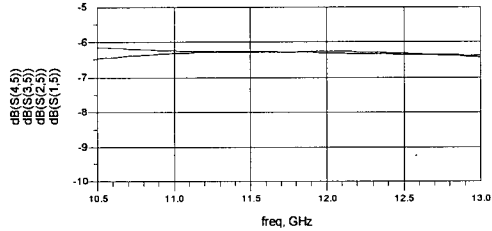




(a)

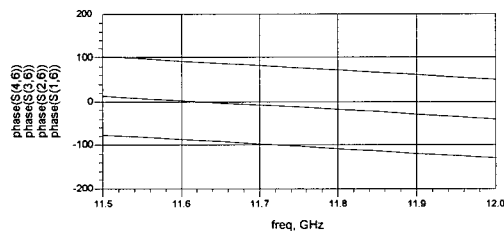


(b)

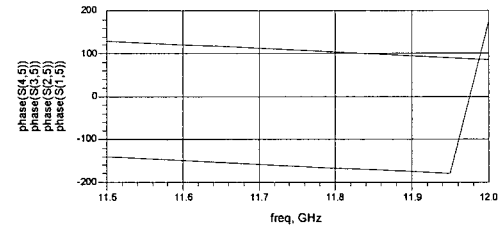


(b)

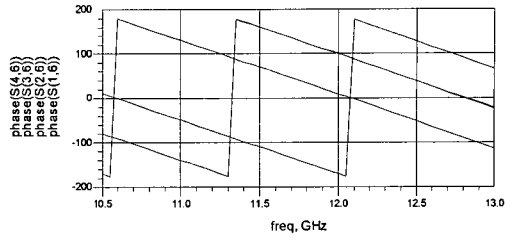
그림 4. Six-port 위상 상관기의 손실 특성, (a) 90° hybrid branch-line coupler와 (b) three-arm branch 90° hybrid coupler.



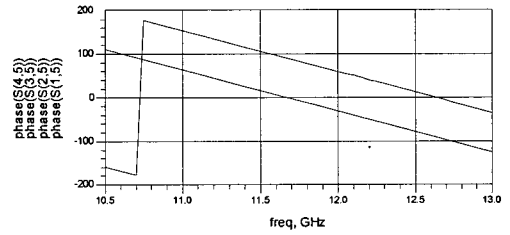
(a)



(a)



(b)

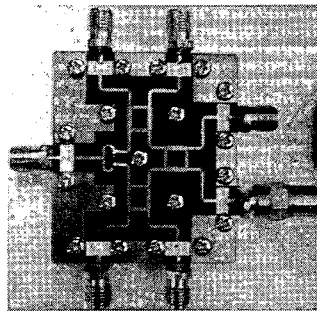


(b)

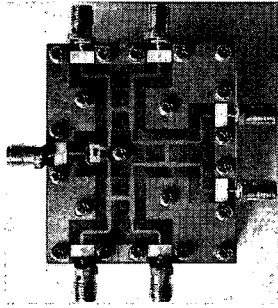
그림 5. Six-port 위상 상관기의 위상 특성, (a) 90° hybrid branch-line coupler와 (b) three-arm branch 90° hybrid coupler.

IV. 제작 및 측정

그림 6은 일반적인 90° hybrid branch-line coupler를 이용하여 제작한 six-port 위상 상관기와 광대역 특성이 있는 three-arm branch 90° hybrid coupler를 이용하여 제작한 six-port 위상 상관기이다. 새롭게 제작한 six-port 위상 상관기의 크기는 5.8×4.8 mm로 90° hybrid branch-line coupler를 사용하여 제작한 six-port 위상 상관기(4.7×4.5 mm)보다 증가하였다.



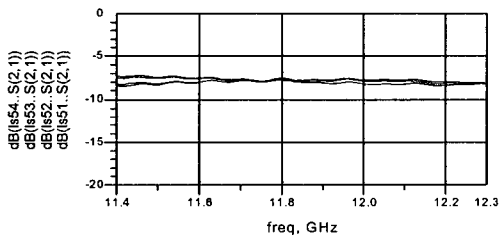
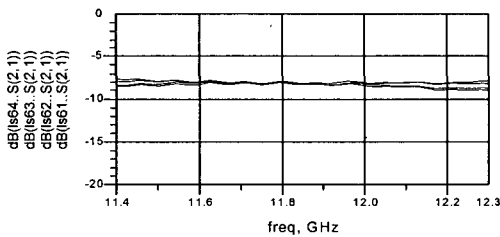
(a)



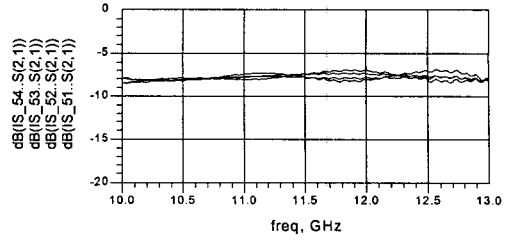
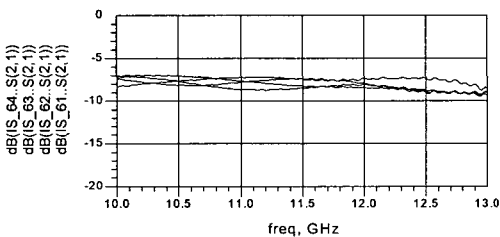
(b)

그림 6. 제작된 six-port 위상 상관기, (a) 90° hybrid branch-line coupler[4]와 (b) three-arm branch 90° hybrid coupler.

그림 7은 제작한 six-port 위상 상관기의 손실 특성을 측정한 결과를 보여준다. Three-arm branch 90° hybrid coupler를 이용하여 제작한 six-port 위상 상관기의 경우 설계 대역(10.8 ~ 12.3 GHz)내에서 -7.8 ± 0.8 dB 손실 특성으로 시뮬레이션 값보다 약 2 dB 증가하였다. 90° Hybrid branch-line coupler를 이용하여 제작한 six-port 위상 상관기보다 대역폭은 시뮬레이션과 마찬가지로 5배 정도 향상되었다.



(a)



(b)

그림 7. 제작된 six-port 위상 상관기 측정결과, (a) 90° hybrid branch-line coupler[4]와 (b) three-arm branch 90° hybrid coupler

두 개의 six-port 위상 상관기 모두 출력 단기간 위상은 시뮬레이션 결과와 마찬가지로 동 위상 및 $\pm 90^\circ$ 위상 관계를 갖으며, 약 5° 이내의 위상 오차를 갖는다.

V. 결론

본 논문에서는 중심 주파수 11.85 GHz에서 90° hybrid branch-line coupler와 광대역 특성이 있는 three-arm branch 90° hybrid coupler를 이용하여 six-port 위상 상관기를 제작하여 성능을 비교 분석하였다.

시뮬레이션 특성을 분석해본 결과 three-arm branch 90° hybrid coupler를 이용하여 제작한 six-port 위상 상관기의 경우 90° hybrid branch-line coupler를 이용하여 제작한 six-port 위상 상관기보다 크기는 약간 증가하였으나 대역폭은 약 5 배 정도 향상되고, 대역내에서의 이득 평탄도와 위상 특성 또한 양호하게 나타났다. 실제 제작하여 측정된 데이터는 시뮬레이션 데이터와 거의 일치하고 있으나 설계 대역폭내에서 약 2° 의 위상차와 약 2 dB의 이득차가 발생하였다. 이러한, 이득 평탄도와 위상 오차를 줄이기 위한 계속된 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] J. Hyrylainen, L. Bogod, S. Kangasmaa, H. O. Scheck, and T. Ylamurto, "Six-port direct conversion receiver", in Proc. 27th Eur. Wireless Technol. Conf., pp.139-142, 2000.
- [2] J. Li, R. G. Bosisio, and Ke Wu, "A six-port direct digital millimeter wave receiver", in Dig., IEEE MTT-S 94, San Diego, 1994, pp. 1659-1662.
- [3] David M. Pozar, "Microwave Engineering", Addison-Wesley Publishing Company, Inc., pp.379-383, pp.632-634, 1990.
- [4] 양우진, 김영완, "Six-port 직접변환을 이용한 QPSK 수신기 설계 및 제작", 한국전자과학회 논문지, vol. 18, no. 1, January 2007.