

직접변환 수신기를 위한 상관기용 6-단자 설계

이승섭*, 지기만**, 박동철*

*충남대학교 전파공학과

**충남대학교 전자공학과

전화 : (042)821-7715 / 팩스 : (042)822-4334

Design of a 6-Port Junction for Direct Conversion Receiver(DCR)

Seung-Seob Lee*, Ki-Mann Jee**, Dong-Chul Park*

* Department of Radio Science and Engineering

** Department of Electronic Engineering

E-mail : my-yahn@hanmail.net

Abstract

A miniaturized 6-port junction using tandem couplers is presented. The proposed 6-port junction is designed at the center frequency of 5 GHz. The size reduction of the 6-port junction is achieved by replacing the 90° hybrids with the tandem couplers. The magnitude imbalance and the phase imbalance of the proposed 6-port junction are similar with those of the conventional one.

1. 서론

직접변환 수신방식은 중간주파수를 두지 않고 무선주파수를 저주파 기저대역으로 직접 변환하는 방식으로서 일반적으로 혼합기를 사용하는 구조와 6-단자 및 다이오드를 사용하는 구조가 있다. 그림 1에 6-단자 직접변환 수신방식의 구성도가 보여진다. 6-단자 직접변환 방식은 혼합기를 사용하는 구조에 비해서 회로의 구조가 간단하여 집적화에 유리하고 다이오드를 작동시키기 위해 필요한

전력이 혼합기를 작동시키기 위해 필요한 전력보다 상대적으로 낮은 장점이 있다. 또한 국부발진기에서의 전력소비가 상대적으로 낮고 광대역을 구현하기에 유리하여 고속데이터 전송을 가능하게 할 수 있어 관심이 고조되고 있다[1]. 기존의 6-단자는 세 개의 90° 하이브리드와 하나의 전력 분배기를 사용하여 구성됨으로써 크기가 크며 고집적 회로에 적용하기 어렵다는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 90° 하이브리드보다 크기가 작은 다층 구조의 3 dB 탄뎀 커플러를 이용한 6-단

자의 구조를 제안하고, 제작 및 측정을 통해 동작 특성을 확인하였다.

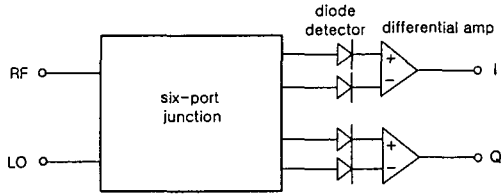


그림 1. 6-단자 직접변환 수신방식 구성도

2. 탠덤 커플러의 이론 및 설계

그림 2는 다층 탠덤 커플러의 구조로서 θ 는 결합선로의 전기적 길이이며 ϕ 는 결합선로를 연결해주는 비결합선로의 전기적 길이이다. 탠덤 커플러는 θ 나 ϕ 의 길이에 관계없이 단자 2와 단자 3의 상대적인 위상이 항상 90° 의 위상차를 갖는다. 특히 θ 가 90° 이고 결합도가 3 dB이면 탠덤 커플러는 90° 하이브리드와 유사한 동작 특성을 나타낸다[2][3]. 그림 2에서 단자 1에 신호가 인가되었을 때 단자 2와 단자 3에서 출력되는 신호의 크기와 상대적인 위상은 ϕ 와 무관하므로 결합선로간의 간격을 고려해 최소의 길이로 결정하면 된다.

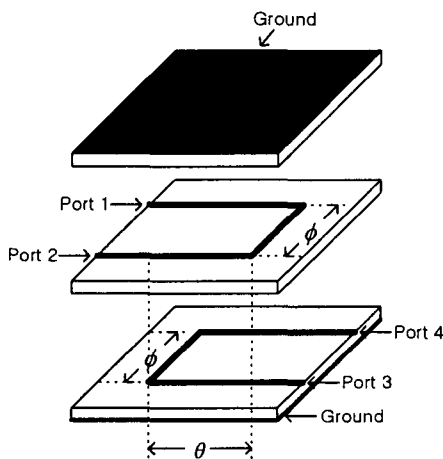


그림 2. 다층 탠덤 커플러의 구조.

그림 3은 결합선로의 단면으로 W_c 는 1.701 mm, B 는 2.35 mm, S 는 0.78 mm, T 는 0.035 mm이다.

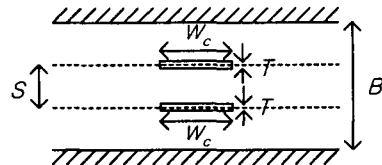


그림 3. 결합선로의 단면

그림 4는 비결합선로의 단면으로 W_{uc} 는 1.939 mm, B 는 2.35 mm, S 는 0.78 mm, T 는 0.035 mm이다.

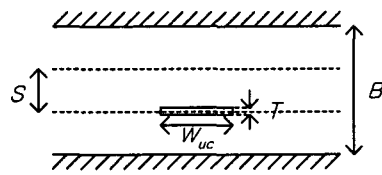
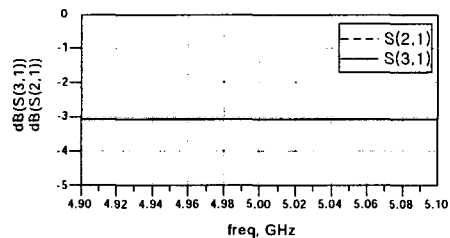
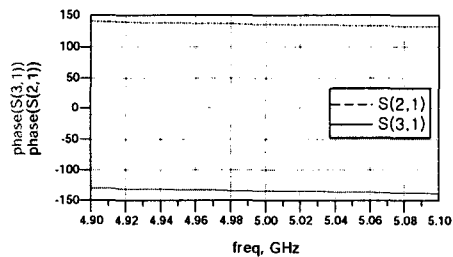


그림 4. 비결합선로의 단면

그림 5는 설계된 탠덤 커플러에 대한 Agilent사의 모멘텀 시뮬레이션 결과이며 탠덤 커플러의 동작 특성이 90° 하이브리드의 특성과 동일함을 볼 수 있다. 이 때 ϕ 의 길이는 0.6 mm이다.



(a) 출력 신호의 크기 특성



(b) 출력 신호의 위상 특성

그림 5. 설계된 탠덤 커플러의 특성

3. 탠덤 커플러를 이용한 6-단자 설계

그림 6에서 (a)는 하나의 전력분배기와 세 개의 90° 하이브리드를 사용한 기존의 6-단자를 나타낸다. (b)는 본 논문에서 제안한 구조로서 실선과 점선은 각각 위아래 층에 위치한 선로를 나타낸다.

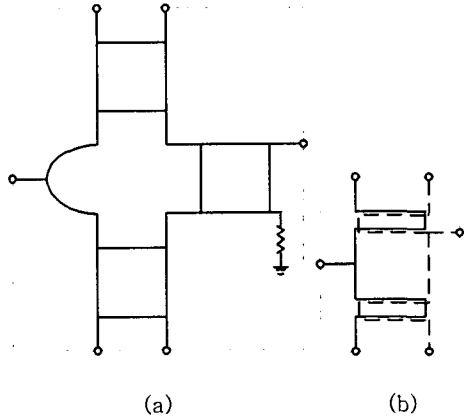


그림 6. 6-단자의 구조

(a) 기존의 6-단자

(b) 제안된 6-단자

그림 7은 본 논문에서 제안하는 그림 6(b) 6-단자의 구조를 나타낸 것이다. 중심주파수를 5 GHz로 하여 ADS 모멘텀 시뮬레이션 한 결과가 그림 8에 보여진다. 단자 1과 2에 RF신호와 국부발진기 신호가 입력되면 입력된 신호는 출력단자(3, 4, 5, 6)에 동일한 크기로 출력된다(그림 8(a), (b)). 출력된 신호의 위상은 단자 1에 신호가 입력되면 그림 8(c)와 같이 단자 3과 5, 단자 4와 6이 동위상이고 서로 90°의 위상차를 가지며, 단자 2에 신호가 입력되면 단자 3과 6이 동위상이고 단자 4와 5에 각각 ±90°의 위상차를 가진다. 결과적으로 출력된 각 신호들은 그림 1과 같이 6-단자 후단의 다이오드를 거쳐 I채널과 Q채널의 신호로 분리된다. 제안된 6-단자의 출력신호 크기 편차는 0.7 dB이고, 위상 편차는 2.2°이다.

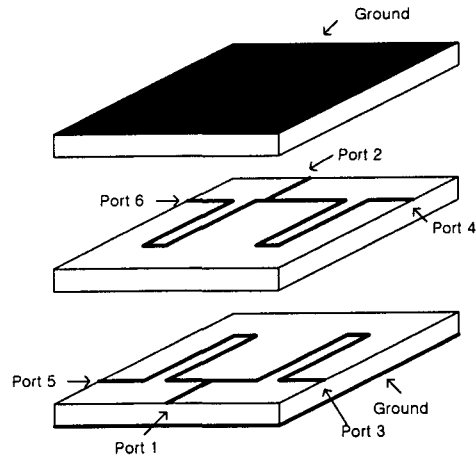
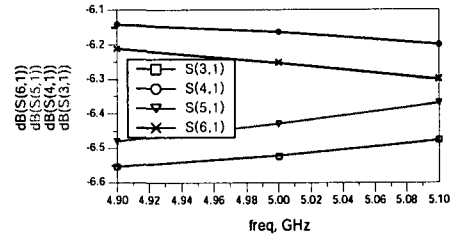
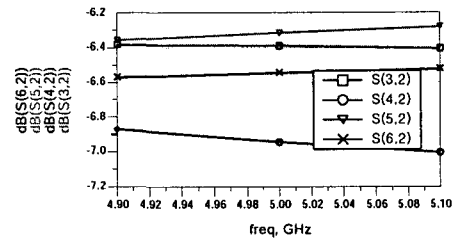


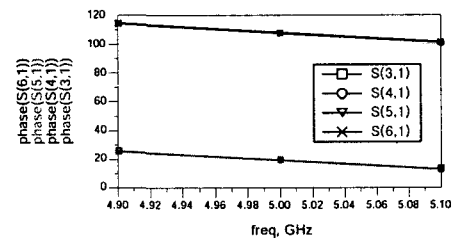
그림 7. 탠덤 커플러를 이용한 6-단자의 구조



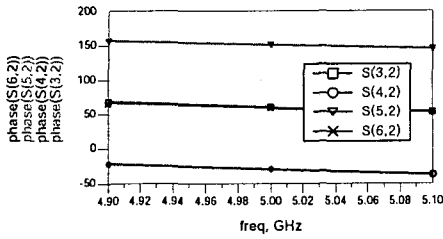
(a) Port 1에서 각 출력으로의 크기 특성



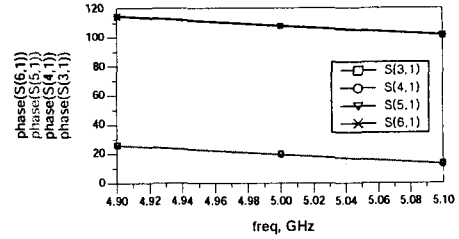
(b) Port 2에서 각 출력으로의 크기 특성



(c) Port 1에서 각 출력으로의 위상 특성



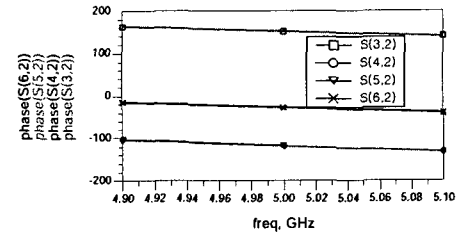
(d) Port 2에서 각 출력으로의 위상 특성



(c) Port 1에서 각 출력으로의 위상 특성

그림 8. 제안된 6-단자의 특성

그림 9는 그림 6(a)에 보여진 기존의 6-단자의 모멘텀 시뮬레이션 결과이다. 크기 편차는 0.6 dB 이고, 위상 편차는 2.1° 로써 제안된 구조와 거의 동일한 결과를 보인다. 두 6-단자의 크기를 비교 하면 기존 구조의 크기는 $64.82 \text{ mm} \times 60.43 \text{ mm}$ 이며 제안된 구조의 크기는 $21.56 \text{ mm} \times 25.52 \text{ mm}$ 로써 기존 구조의 약 1/7 정도이다.



(d) Port 2에서 각 출력으로의 위상 특성

그림 9 기존 6-단자의 특성

4. 측정 결과

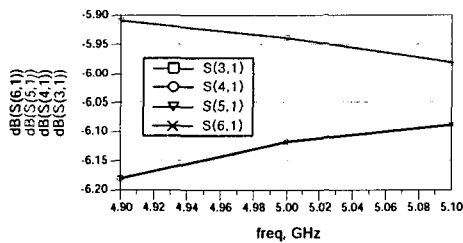
그림 10은 실제 제작된 6-단자의 사진이다. 유전율 2.5, 높이 0.78 mm 인 기판 세 개로 구성되어 있고 가운데 기판의 양면에 '신호선'이 존재한다.

제작된 6-단자는 벡터 회로망 분석기(HP8510C)를 사용하여 측정되었다. 입력단자 하나와 출력단자 하나를 분석기에 연결하고 나머지 네 단자에 50 ohm termination을 연결한 후 각각의 위상과 크기를 측정하였다.

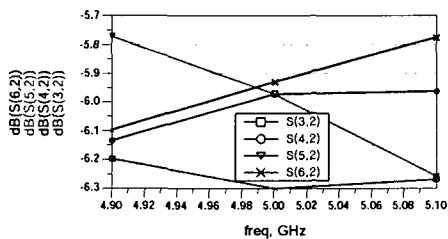
그림 11은 제안된 6-단자의 측정된 크기 편차와 위상 편차이다. 크기 편차는 0.84 dB, 위상 편차는 2.43° 로써 설계치와 유사함을 알 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 기존의 6-단자 보다 크기가 현저히 작고 집적 회로에 유리한 구조를 갖는 6-단자의 구조를 제시하였고, 시뮬레이션과 측정을 통해



(a) Port 1에서 각 출력으로의 크기 특성



(b) Port 2에서 각 출력으로의 크기 특성

동작 특성을 확인하였다. 우선 θ 가 90° 이고 결합도가 3 dB인 탄뎀 커플러를 설계하고 모멘텀 시뮬레이션을 통하여 동작 특성이 90° 하이브리드의 특성과 유사함을 확인하였고, 탄뎀 커플러를 이용하여 직접변환 수신기용 6-단자를 설계하였다. 제안된 구조의 크기는 기존 구조의 약 1/7 정도로써 수신기 전체의 크기를 줄일 수 있으며 고밀도 직접회로에 사용될 수 있다.

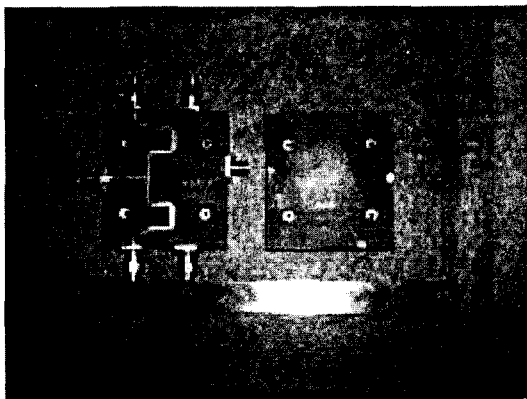
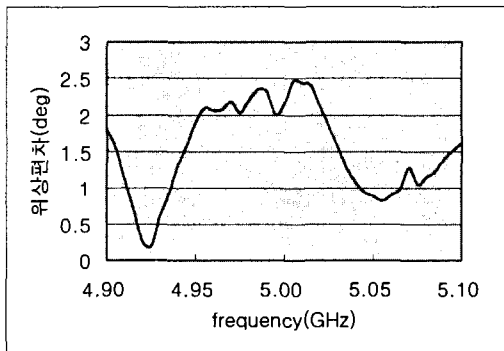
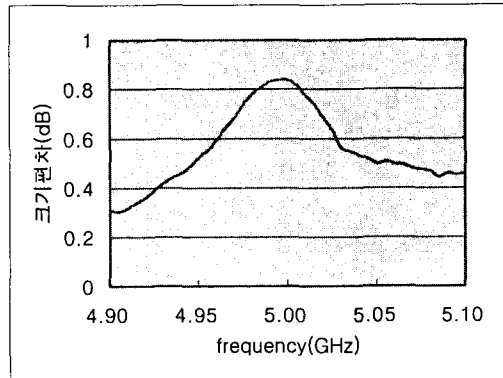


그림 10. 제작된 6-단자의 사진



(a) 위상 편차



(b) 크기 편차

그림 11. 제안된 6-단자의 측정 결과

참고문헌

- [1] J. Hyrylainen, L. Bogod, S. Kangasmaa, H. O. Scheck, and T. Ylmurto, "Six-port Direct Conversion Receiver," in *Proc. 27th Eur. Wireless Technol. Conf.*, pp. 139-142, 2000.
- [2] Rajesh Mongia, Inder Bahl, and Prakash Bhartia, *RF and Microwave Coupled-Line Circuits*, Artech House, pp.281-284, 1999.
- [3] K.M.Jee, S.W.Kim, and D.C.Park, "Quadrature directional couplers using multisection coupled lines," *IEEE Microwave and Guided Wave Letters*, vol.10, no.2, pp.58-60, Feb. 2000.
- [4] James Bao-yen Tsui, *Microwave Receivers with Electronic Warfare Applications*, John Wiley & Sons, pp.185-189.