

논문 2006-43TC-2-11

Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler를 이용한 평형증폭기 설계에 대한 연구

(Balanced Amplifier using Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler)

김 선 숙*, 서 철 현**

(Seon sook Kim and Chulhun Seo)

요 약

본 논문에서는 중심주파수가 2GHz인 광대역 평형증폭기를 설계 및 제작 하였다. 본 논문에서는 90° Hybrid Branch-Line Coupler 와 Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler의 특성을 비교하여, 광대역 특성을 나타내는 Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler를 이용한 평형증폭기를 설계 및 제작하였으며, 제안된 증폭기는 대역폭이 480MHz이며, VSWR은 1.06 이하 이고, 이득은 15.47dB의 특성을 보였다.

Abstract

In this paper, broadband balanced amplifier has been realized with Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler at center frequency 2GHz. 90° Hybrid Branch-Line Coupler has been compared with Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler. The bandwidth, VSWR and gain of proposed amplifier have been 480MHz, 1.06 and 15.47dB, respectively.

Keywords : balanced amplifier, coupler, bandwidth, VSWR, gain

I. 서 론

우리 사회에 IMT-2000, RFID, 위성DMB, 유비쿼터스 라는 단어들은 일반인에게 조차 더 이상 생소하거나 낯선 전문용어가 아니게 되었다. 이미 이동통신은 생활의 필수품중 하나로 자리 잡아 생활화 되었으며, 저렴하고 고품질의 양방향 멀티미디어 이동무선통신에 대한 요구가 폭발적으로 증가하고 있다. 현재 상용화된 망으로는 초고속 데이터를 송수신하기에는 많은 제약이 따르고 있어 차세대 통신에 대한 연구가 많이 이루어지고 있으나 사용자의 요구를 따라가지 못하고 있는 실정이다. 현재의 무선통신망은 기존의 이동통신의 음성통신 서비스 뿐만 아니라 데이터 전송에 큰 관심을 두고 있

으며, 무선통신 및 방송 분야의 발전이 점차 개별화되어 감에 따라 빠르고, 안전한 양질의 데이터전송과 함께 높은 경제성이 요구되고 있다.^[1]

향후 무선 단말기에 요구되는 항목으로 저전력, 저가격, 소형화, 고전송률(High data rate), SDR(Soft defined radio)등이 있다.^[2] 이러한 요구조건을 만족하기 위한 연구들이 활발히 진행되고 있지만 아직까지는 사용자의 요구에 못 미치는 실정으로, 여러 형태의 데이터를 풀 서비스 할 수 있는 광대역무선통신망 관련 기술 개발을 필요로 하고 있다.

본 논문에서는 광대역 무선통신망 기지국용으로 사용 될 수 있는 광대역 평형증폭기를 설계하기 위해 90° Hybrid Branch-Line Coupler와 Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler를 설계하여 특성을 비교분석 하였으며, 기존의 평형증폭기에서 많이 사용하고 있는 90° Hybrid Branch -Line Coupler의 협대역성을 보완하여

* 학생회원, ** 정회원, 송실대학교 정보통신공학부
(School of Electronic Engineering Soong-sil Univ.)
접수일자 : 2005년12월22일, 수정완료일 : 2006년2월15일

대역폭을 넓혀 광대역 특성을 얻을 수 있는 Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler를 이용한 평형증폭기를 제안 및 제작 하였으며 그 특성을 분석하였다.

II. 본 문

1. Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler

평형증폭기를 설계하기 위해서는 두 개의 증폭기 양단에 결합기를 이용하여 구성하여야 한다.

입력 결합기의 경우 입력에서 들어오는 신호를 정확하게 -3dB 감소시켜 증폭기에 공급하고 다시 출력측에서는 입력 측과 반대로 각각의 증폭기에서 증폭된 신호를 합하는 역할을 한다. 평형증폭기에서 신호를 분배·결합하기 위한 회로로 Wilkinson Coupler와 90° Hybrid Branch-Line Coupler가 사용되고 있으며, 90° Hybrid Branch-Line Coupler는 통과 포트와 결합 포트의 출력 간에 90°위상차가 생기는 3dB 양방향성 결합기이다. 90° Hybrid Branch-Line Coupler의 기본동작은 모든 포트를 정합시켰을 때, 입력포트에 들어간 전력은 2개의 출력포트로 90°위상차를 가지고 2등분 된다. 또한 모든 포트를 입력포트로 사용할 수 있기 때문에 대칭성이 매우 좋아 Wilkinson Coupler보다 물리적인 크기가 크다는 단점을 가지고 있지만, 구조가 간단하고 정 매칭 특성으로 인해 증폭기의 입출력 반사 특성을 개선시킬 수 있는 장점을 가지고 있어 평형 증폭기 설계에서 많이 사용되고 있다.

기존의 평형 증폭기에서 많이 이용되고 있는 90° Hybrid Branch-Line Coupler에서 사용할 수 있는 주파수 대역폭은 평균 10%, 최대 15%를 넘지 못하였으며, 15%이상의 광대역을 확보하기에는 부족하여 광대역 증폭기를 설계하기에는 제한된 조건을 가지고 있었다. 본 논문에서는 [그림 1]에서와 같이 90° Hybrid Branch-Line Coupler의 구조에 Shunt Arm을 각각 하나씩 추가하여 다단형태로 만들어 대역폭을 확장시킨^[5] Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler를 사용하여 평형증폭기를 구현하였으며, 그 특성을 실험을 통하여 살펴보았다.

[그림 1]은 90° Hybrid Branch-Line Coupler의 구조에 Shunt Arm을 각각 하나씩 더 추가하여 다단형태로 만들어진 Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler의 구조를 보이고 있다.

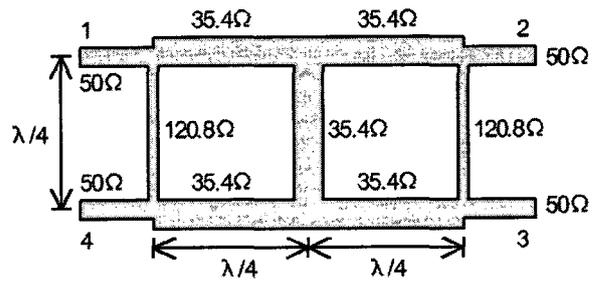


그림 1. Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler[5]
Fig. 1. Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler.

앞에서 검토한 결합기의 특성을 분석하기 위해서 Agilent사의 ADS2003A 시뮬레이션 툴을 사용하였다.

다음 [그림 2]은 Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler의 설계의 모의실험특성 결과이다.

앞의 [그림 2]의 특성을 보면 대역폭은 약 400MHz로 2 GHz에서 20%를 차지하는 것을 볼 수 있으며, 이를 바탕으로 [그림 3]과 같이 Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler를 제작하였다.

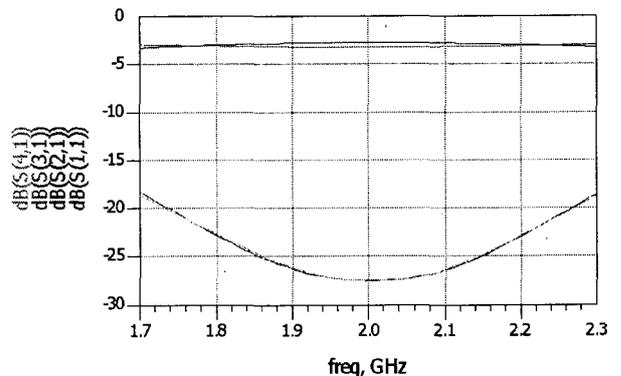


그림 2. Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler의 설계
Fig. 2. Design of Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler.

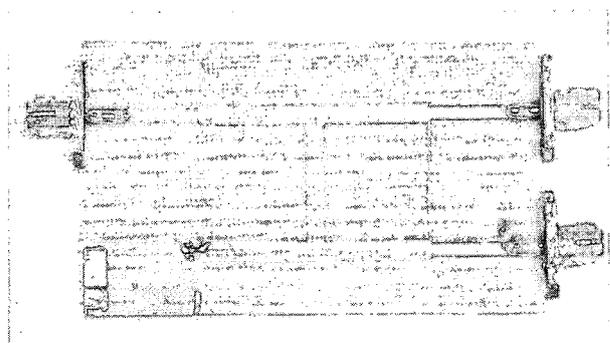


그림 3. 제작된 Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler
Fig. 3. Realization of Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler.

2. 광대역 증폭기의 설계

증폭기 소자로는 NEC사의 NE32584C로 저 잡음용 증폭기 소자의 트랜지스터를 사용하였고, 증폭기 설계를 위해서 Agilent사의 ADS2003A 설계 툴을 사용하였다.

2GHz 대역에서 증폭하는 증폭기를 설계하기 위해 트랜지스터를 구동시키기 위한 직류 바이어스 실험을 하였으며, NEC사에서 제공한 데이터 값을 참조하여 동작점 실험을 하였으며, 실험결과를 바탕으로 VDS=2V, IDS=9mA의 동작 점에서 회로를 모의실험 및 설계하였다.

바이어스 회로를 설계 후 동작 트랜지스터의 안정성 확보를 위하여 소스단에 마이크로 스트립 회로를 추가하여 안정도를 얻은 후, 입력과 출력을 conjugate matching하여 정합회로를 구성하여 회로의 최적화를 수행하였다.

설계된 증폭기의 특성은 2GHz에서 16.2dB 이득을 보였으며, 대역폭은 중심주파수에서 3dB이득이 떨어진 점으로 측정했으며, 그 결과 200MHz로 10%, VSWR의 경우 2GHz 에서 1.208 정도의 특성을 보였다.

일정한 이득특성을 얻기 위해서 보상정합회로 기법에 의한 설계는 입력과 출력의 VSWR을 심각하게 훼손시키는 임피던스 비정합의 결과를 낼 수 있지만, 2개의 동일한 증폭기로 구성되는 평형증폭기 구조를 사용하면 증폭기의 비정합 여부에 관계없이 평탄한 이득과 함께 우수한 입·출력 정재파비 특성을 갖는 광대역 증폭기 설계가 가능하다.

[그림 4]은 구현된 Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler를 이용하여 평형증폭기를 설계한 블록도이다. 앞서 설계된 증폭기를 2개 사용하였으며, 증폭기 양단에 Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler를 사용하였다. 위의 증폭기 설계와 90° Hybrid Coupler의 설계를 바탕으로 하여 Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler를 이용한 평형증폭기를 설계 후 모의 실험을 통하여

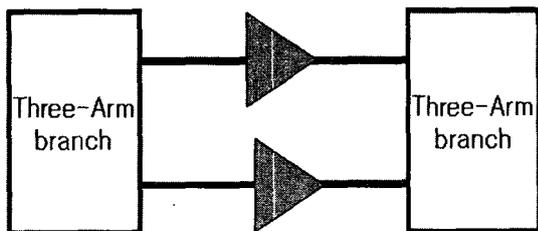


그림 4. Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler를 이용한 평형증폭기 설계 블록도

Fig. 4. Circuit diagram for balanced amplifier using Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler.

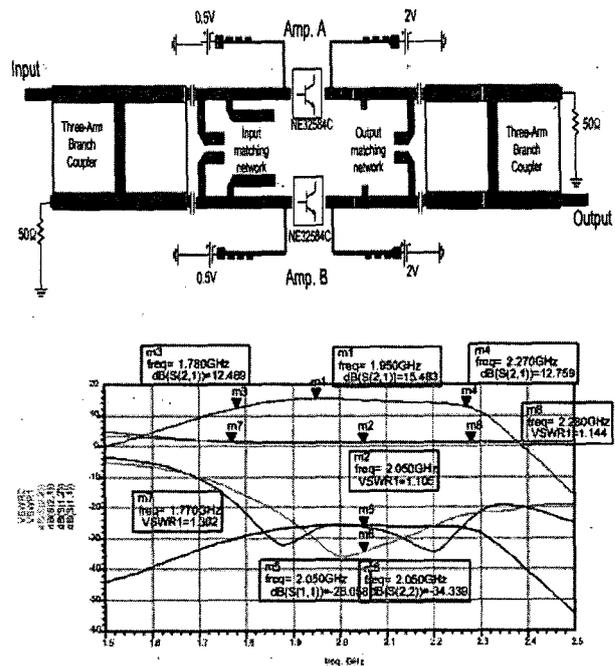


그림 5. Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler를 이용한 평형증폭기 설계

Fig. 5. Design of balanced amplifier using Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler.

표 1. 단일증폭기와 Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler를 이용한 평형증폭기의 특성 비교

Table 1. comparison amplifier with design of the balanced amplifier using Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler.

구분	단일증폭기	Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler를 이용한 평형증폭기
Center frequency	2.0 GHz	2.0GHz
Gain	16.2 dB	16.0 dB
bandwidth	1.9~2GHz (10 %)	1.79~2.27GHz (24.5 %)
VSWR	1.2	1.06

특성을 분석하였다. [그림 5]은 Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler를 이용한 평형증폭기의 모의실험 결과이다.

모의실험결과 Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler를 사용한 평형증폭기는 입력(S11)과 출력(S22)의 반사 손실 모두 -20dB 이하에서 넓게 나타내었다. 입출력 VSWR도 유효대역 전 범위에서 1.3 이하의 매우 안정적인 특성으로 보였으며, 이득은 15.47dB, S21의 이득 대역폭은 490MHz로 24.5%를 나타내었다. [표 1]에서 단일 증폭기와 Three-Arm Branch 90° Hybrid

Coupler를 이용한 평형증폭기의 실험결과를 비교하여 나타내었다.

3. 광대역 증폭기 제작 및 측정 결과

앞에서의 모의실험 결과를 바탕으로 하여 Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler를 이용한 평형증폭기를 [그림 6]와 같이 제작 하였으며, 측정 결과는 [그림 7]와 같다. 제작 된 회로는 두께 0.76mm, 비유전율 3.2의 기판으로 구현되었다.

제작된 Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler를 이용한 평형증폭기의 측정 결과 중심 주파수 1.95GHz와 이득은 16.3dB를 얻을 수 있었으며, 대역폭은 370MHz를 얻어 18.5%의 대역폭을 나타냈다. 본 논문에서 제안한 Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler를 이용한 평형 증폭기의 모의실험 결과와 제작 측정된 결과를 [표 2]에서 비교 하였다.

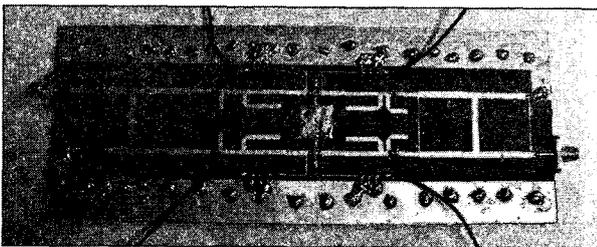


그림 6. 제작된 Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler를 이용한 평형증폭기

Fig. 6. Realization of balanced amplifier using Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler.

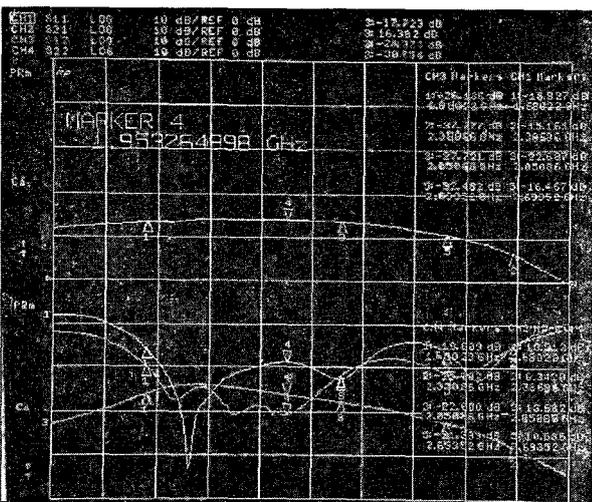


그림 7. 제작된 Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler를 이용한 평형증폭기 측정결과 (Center:2Ghz Span:1GHz 10dB/div)

Fig. 7. Measurement of balanced amplifier using Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler.(Center:2Ghz Span:1GHz 10dB/div)

표 2. Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler를 이용한 평형증폭기의 설계 및 제작 결과 비교

Table 2. result comparison of the design of the measurement of balanced amplifier using Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler.

구분	설계 결과	제작 측정결과
Center frequency	2.0GHz	1.95GHz
Gain	15.47 dB	16.3 dB
bandwidth	1.79~2.27GHz (24.5 %)	1.68~2.05GHz (18.5 %)
VSWR	1.06	1.4

설계된 평형증폭기의 경우 24.5 %이상의 대역폭과, 1.23 이하의 VSWR 특성을 얻을 수 있었고, 이를 바탕으로 하여 제작한 결과 1.95 GHz에서 18.5%정도의 대역폭을 얻어 광대역 특성을 나타냄을 알 수 있었다. 모의실험결과와 비교했을 때 중심주파수는 50 MHz 떨어졌으며, 이득은 1.1dB 정도 상승된 것을 볼 수 있었다. 대역폭의 경우는 모의 실험결과 보다 적은 370 MHz로 기대치에 못 미치는 결과를 얻었다. 이는 제작 시 미숙으로 인한 오차로 볼 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 중심주파수 2GHz대역에서의 3dB Coupler를 이용하여 광대역 증폭기를 설계하였다.

먼저 90° Hybrid Coupler 중에서 기존의 평형증폭기에서 사용되고 있는 90° Hybrid Branch-Line Coupler와 Three Arm Branch 90° Hybrid Coupler를 설계 비교하였으며, 실험결과 Branch-Line Coupler 보다 Three-Arm Branch 90° Hybrid Coupler가 2배 이상의 대역폭을 확보함을 확인하였으며, 90° Hybrid Branch-Line Coupler의 단점인 협대역 특성을 보완할 수 있음을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] 장석윤, “국내 PWLAN의 전파정책 동향,” 전파진흥, 2002년 12월.
 [2] 이동호, 박창근, 한정후, 김윤석, 홍성철, “단말기용 전력증폭기 기술동향,” 정보통신연구진흥원, 2005년 8월.
 [2] 한금구, 신현섭 “Design of Wireless Transceiver for CDMA Cellular/PCS Dual mode Mobile Sation,” ICU internal report code-99-03, Aug,

- 1999.
- [3] Guillermo Gonzalez, "Microwave Transistor Amplifiers Analysis and Design," Prentice-Hall, Inc., pp. 71, pp. 213-222, pp. 327-331, 1997.
- [4] http://rfdh.com/invite/ilab/k7_1.htm
- [5] David M. Pozar, "Microwave Engineering," Addison-Wesley Publishing Company, Inc., pp. 379-383, pp. 632-634, 1990.
- [6] Reinhold Ludwig, Pavel Bretchko, "RF Circuit Design," Prentice-Hall, Inc., pp. 515-516, pp. 616-619, 2000.
- [7] 신일영, "2GHz에서 동작하는 저 잡음 평형 증폭기의 설계 및 제작", 한국과학기술원, 1988.
- [8] Peter Vizmuller, "RF Design Guide", Artech House, 1995.
- [9] Peter B. Kenington, "High-Linearity RF Amplifier Design", Artech House, pp. 35-37, 2000.
- [10] Steve C. Cripps, "RF Power Amplifiers for Wireless Communication," Artech House, 1999.
- [11] Robert J. Weber, "Introduction To Microwave Circuits," Wiley-IEEE Press, 2001.
- [12] Samuel Y. Liao, "Microwave Circuit Analysis And Amplifier Design," Prentice Hall, 1987.

저 자 소 개



김 선 숙(학생회원)
 2003년 숭실대학교 산업기술정보
 대학원 석사졸업
 2004년~현재 숭실대학교 일반대
 학원 박사과정 재학중

서 철 현(정회원)
 대한전자공학회논문지 vol. 31, no. 6 참조

<주관심분야: RF Front_End System 및 소자>