논 문
60-12-21

메타물질 전송선로를 이용한 이중대역 평형증폭기

A Dual-band Balanced Amplifier Using Meta-material Transmission Line

임 종 식† · 이 재 훈* · 이 준* · 전 역 환* · 정 용 채** · 한 상 민*** · 안 달§
(Jongsik Lim · Jaehoon Lee · Jun Lee · Yuckhwan Jeon · Yongchae Jeong · Sang-Min Han · Dal Ahn)

Abstract - This paper describes a design of dual band balanced amplifier using a lefted handed meta-material transmission line structure for high frequency application. Meta-material transmission lines have been known to have dual band frequency responses. A dual band branch line hybrid coupler is designed using the meta-material transmission lines, and measured at first. Two identical dual band amplifiers are also designed, built and tested using the same meta-material transmission structure. The proposed dual band balanced amplifier is composed of those dual band branch line hybrid coupler and amplifiers. In order to suggest an design example, a prototype of dual band balanced amplifier is built and measured at the dual frequencies, 1800MHz(f_1) and 2300MHz(f_2). The simulation and measurement show that the fabricated balanced amplifier operates well at the desired dual frequencies bands with the gain of 11.12dB and 17.67dB at f_1 and f_2, respectively, with a good agreement with the simulation results.

Key Words : Dual band amplifier, Meta-material, Left handed transmission line

1. 서 론

높은 주파수대의 TEM 전자기파 신호 전달에 널리 사용되는 일반적으로 구조의 전송선로(transmission line)들은 그림 1(a)와 같이 단위 길이당 직렬의 인덕턴스(L_R)와 병렬의 션트(shunt) 커패시턴스(C_R)로 이루어진 등가회로를 갖는다[1,2]. 이상적인 전송선로는 전대역 통과(all pass) 특성을 갖게 되는데, 실제로는 기생성분(parasitic elements)에 의한 제약으로 어떤 특정한 주파수에서 차단(cutoff) 특성을 보이는 저역통과(low pass) 특성을 갖는다. 초고주파 회로 분야에서 오랫동안 널리 사용해온 전송선로는 모두 그림 1(a)와 같은 등가회로 구조를 지녀왔다.

그런데 그림 1(b)와 같이 직렬의 커패시턴스(C_L)와 션트 인덕턴스(L_L)로 표현되는 인위적인 전송선로 구조가 최근에 많이 제안되어 연구되고 있다[3-8]. 이 구조는 기본적으로 고역통과(high pass) 특성을 갖는데, 신호의 전송속도(군속도)와 위상속도의 진행방향이 서로 반대인 특징이 있다. 그래서 그림 1(b)와 같은 구조의 전송선로를 좌향(left handed, LH) 전송선로라고 부르고, 이와 대비되는 종래의 전송선로는 군속도와 위상속도가 같으므로 우향(right handed, RH) 전송선로라고 한다. LH 전송선로를 구성하는 구조나 물질을 메타(meta)구조 또는 메타 물질이라고 한다.

† 교신저자, 정회원 : 순천향대 전기통신공학과 부교수 · 공박
E-mail : jslim@sch.ac.kr
* 비 회 원 : 순천향대 전기통신공학과 석사과정
** 정 회 원 : 전북대 전자정보공학부 교수 · 공박
*** 비 회 원 : 순천향대 정보통신공학과 조교수 · 공박
§ 비 회 원 : 순천향대 전기통신공학과 교수 · 공박
접수일자 : 2011년 8월 9일
최종완료 : 2011년 11월 17일

메타물질 전송선로의 중요한 특징 가운데 하나는 바로 이중대역 특성을 갖는다는데 있다[5,7]. 따라서 이중대역에서의 전기적인 특성을 얻어내고자 하는 초고주파 대역의 전자파 회로에 있어서 메타물질 전송선로의 응용은 매우 유익한 장점을 제공한다. 실제로 메타물질 전송선로를 이중대역 회로에 응용하기 위한 연구가 최근에 국내외에 몇 차례 발표된 적이 있다[9-13].

본 논문에서는 메타물질 전송선로의 고유한 특성을 이용하여 설계한, 이중대역에서 이득특성을 갖는 평형증폭기에 대하여 기술한다. 선행 연구들에서 이중대역 특성을 갖는 몇 가지 회로들이 발표되었으나, 저자들이 파악하는 한 아직 이중대역 평형증폭기에 관한 사례는 발표된 적이 없다. 이에 본 논문에서는 이중대역 회로에 관한 선행 연구 결과들을 발판으로 이중대역 평형증폭기의 프로토타입 회로를 구성하고, 실제로 측정한 결과를 제시함으로써, 메타물질 전송선로 구조를 높은 초고주파대 회로에 응용하는 연구의 범위를 확대하는데 기여하고자 한다.

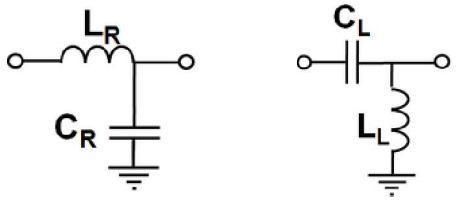


그림 1 초고주파대 전송선로의 단위 등가회로 구조 (a) RH 구조 (b) LH 구조

Fig. 1 Unit equivalent circuit of transmission lines for microwave wave (a) RH structure (b) LH structure

2. 이중대역 평형증폭기의 요소 회로

메타물질 전송선로의 이중대역 특성에 대한 이론적 고찰은 선행 연구들을 통하여 널리 알려져 있으므로, 본 논문에서는 이를 별도로 언급하지 않는다. 대신 바로 본론으로 들어가기 위하여 이중대역 평형증폭기를 구성하는 개별 요소 회로에 대하여 기술하고자 한다.

평형증폭기(balanced amplifiers, BA)는 그림 2에 보인 바와 같이 두 개의 동일한 단일증폭기(single-ended amplifier)가 전력분배기/결합기에 의하여 연결되는 구조의 증폭기이다. 평형증폭기를 구성하면 단일증폭기일 때에 비하여 안정적인 증폭이득, 개선된 정합특성, 광대역 특성, 상위 레벨 시스템 응용시 부품 손상에 따른 대체 경로(redundancy) 확보 등의 장점이 있다[14]. 전력 분배기/결합기로는 단순하게는 윌킨슨 전력분배기 형태가 쓰일 수 있으나, 정합특성 개선 및 광대역 특성을 위하여 브랜치 라인 하이브리드 커플러(branch line hybrid coupler, BLHC)나 레인지 커플러(lange coupler)가 많이 사용된다[1,14]. 레인지 커플러는 광대역 특성이 요구될 때 사용되나, 고도의 제작 기술 및 고비용을 필요로 하므로 실험실 수준의 프로토타입(prototype) 회로 제작에서는 거의 구현이 불가능하여 널리 사용되는 구조는 아니다. 따라서 제작의 난이도와 가격을 고려할 때, 프로토타입 회로 제작에서는 브랜치 라인 커플러를 적용한 평형증폭기가 매우 널리 사용되고 있다.

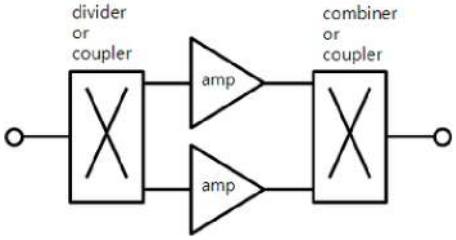


그림 2 평형증폭기의 기본 구조
Fig. 2 Basic configuration of balanced amplifiers

그림 2에 보인 바와 같은 일반적인 평형증폭기(balanced amplifiers, BA)는 단일증폭기(그림 2에서 "amp"라고 표시)에 비하여 상대적으로 넓은 광대역 특성을 보일 수 있으나 여전히 단일 대역 특성으로서의 광대역 특성을 갖는다. 일반적인 평형증폭기에서는 커플러 회로가 기본적으로 10~20% 이상의 대역폭을 보장하며, 여기에 다시 단일증폭기가 광대역이면, 광대역 이득특성을 보이는 주파수대역 안에서 어떤 불필요한 주파수 대역이 부분적으로 인접해 있을 경우에도 여전히 이득 특성을 제공하게 된다.

이에 비하여 제안하는 이중대역 평형증폭기에서는 사용되는 단일증폭기가 어느 특정한 두 주파수 대역에서만 증폭 동작을 하는 이중대역 특성을 명확하게 가지고 있다. 또한 여기에 사용되는 결합기 회로도, 일반적인 평형증폭기에서의 결합기 회로와 달리, 해당되는 이중 주파수 대역에서만 비교적 협대역에서 이중대역 특성을 갖는다. 따라서 커플러 회로나 단일증폭기 회로가 필요한 두 주파수대에서만 특성을 보이므로, 원하는 주파수 대역이 아닌 인접 불요 주파수대에서는 이득 특성이 없는 이상적인 이중대역 평형증폭기의 개념이 가능하다. 이제 중요한 두 구성요소인 이중대역 결합기와 이중대역 단일증폭기 회로에 대하여 간략히 살펴보기로 하겠다.

2.1 이중대역 브랜치라인 커플러

본 연구에서 사용된 이중대역 커플러는 RH 전송선로와 LH 메타 전송선로 부분이 혼용된 CRLH(composite right/left handed) 전송선로로 구성하였다. RH 전송선로 부분은 종래에 널리 알려진 일반적인 전송선로 부분으로, 고주파 대역에서는 마이크로스트립(microstrip) 구조로 쉽게 구현된다. 메타 전송선로 부분은 이중대역의 특성을 얻기 위해 삽입되는 부분에 그치며, 회로의 입출력 단자 연결을 위한 전송선로 부분이나, 트랜지스터, 커패시터, 인덕터와 같은 구성 소자들을 실제로 부착할 물리적인 기반 선로는 종래의 RH 전송선로가 사용되어야 한다.

메타 전송선로 구조는 인위적으로 그림 1(b)의 등가회로 구조를 갖도록 구현해 줘야 한다. 종래의 일반적인 전송선로 구조로는 메타 구조를 구현할 수 없으므로, 보통 집중 소자(lupmed element)를 사용하여 구현한다.

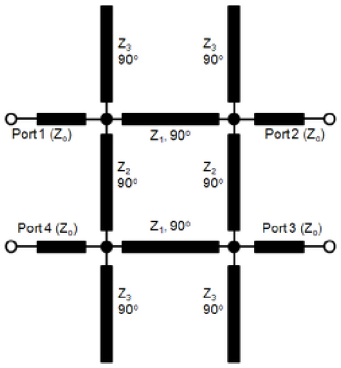
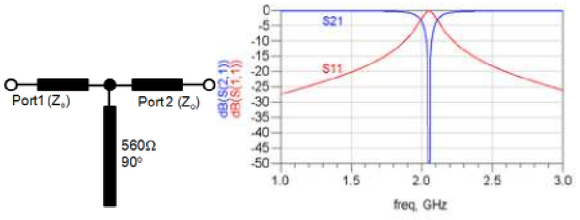


그림 3 개방 스터브를 갖는 이중대역 브랜치 라인 커플러
Fig. 3 Dual band branch line coupler using open stubs

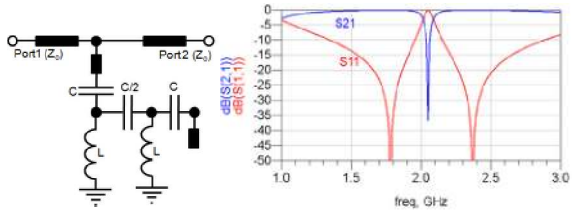
이중대역 브랜치라인 커플러는 이미 선행 연구를 통해서도 설계 이론과 방법이 제시된 적이 있어서, 본 절에서는 자세한 기술은 하지 않고 다만 선행 연구 과정과 결과를 이용하여 설계한 회로의 결과를 간략히 소개한다[10,12,15]. 이중대역 커플러는 그림 3에 보인 것처럼 개방 스터브를 갖는 구조를 기본구조로 갖는다. 본 논문에서는 f_1, f_2를 각각 1800MHz, 2300MHz로 취하였는데, Cheng에 의한 설계에 따르면 2050MHz에서 $\lambda/4$의 길이를 갖는 개방 스터브의 특성 임피던스가 무려 560Ω 이상으로 구현불가능한 수치이다. 이 문제는 Lin의 방법을 이용하여 개방 스터브 부분을 LH 메타 전송선로로 구현하면 해결된다[10].

그림 4는 560Ω 개방 스터브에 대한 전달 특성과, 이를 메타 전송선로로 대체했을 때의 전달 특성이 f_1, f_2에서 유사함을 보이고 있다. 그림 4(a)의 경우는 이중대역 특성 여부와 무관하게 그냥 f_1, f_2에서 평범한 전송특성을 보이고 있으나, 그림 4(b)의 경우에는 f_1, f_2에서 그림 4(a)보다 더 우수하면서도 명확한 정합특성을 보이는 이중대역 전송특성을 보이고 있다

는 차이가 있다. 한편 그림 4(b)에 사용된 C와 L의 값은 Lin의 방법에 의하여 각각 20pF, 1.7nH로 계산되었다[12]. 그림 5는 구현한 이중대역 커플러의 사진과 특성을 보여준다. 예상대로 f_1, f_2에서 커플러로서의 특성을 보임을 알 수 있다.



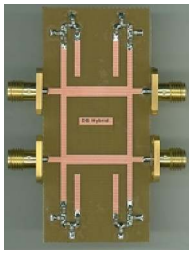
(a)



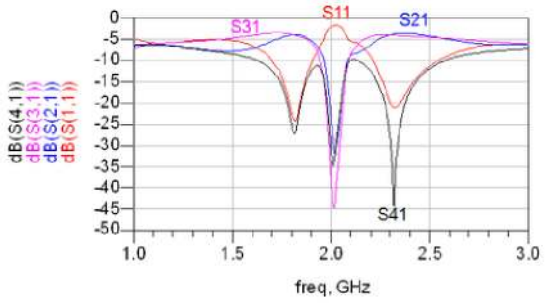
(b)

그림 4 개방 스터브를 갖는 2단자 회로망과 전송특성 (a)고임피던스 개방 스터브 (b)LH 메타 전송선로형 개방 스터브

Fig. 4 Two-port network with the open stub and transmission characteristics (a)open stub with a very high line impedance (b)open stub with the LH meta transmission line



(a)



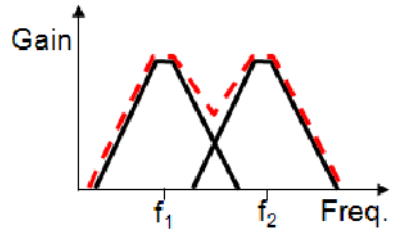
(b)

그림 5 이중대역 커플러의 제작 사진과 성능

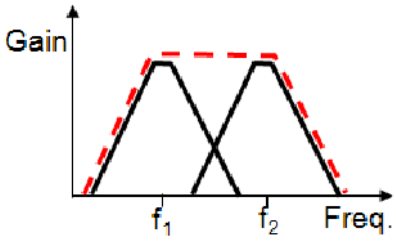
Fig. 5 Fabricated dual band coupler and performances

2.2 이중대역 단일증폭기

그림 6(a)는 단일증폭기(single-ended amplifier)의 이중대역 이득특성을 나타내는 개념도인데, 원하는 두 주파수대에서 이득을 갖는다. 실선은 개별 주파수대에서의 이득을, 점선은 합성되어 나타나는 특성을 의미한다. 참고로, 광대역 증폭기의 이득특성과 비교하기 위하여 그림 6(b)에 광대역 이득특성의 개념도를 보였다. 광대역 이득 특성은 두 주파수 대역을 포함하는 넓은 대역에서 이득특성을 보인다.



(a)



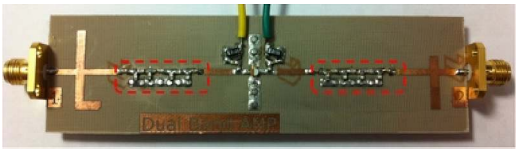
(b)

그림 6 두 주파수 f_1과 f_2 주파수를 포함하는 (a) 이중대역 증폭기와 (b) 광대역 증폭기의 이득 특성 개념도

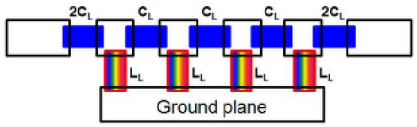
Fig. 6 Gain responses of (a) dual band amplifiers and (b) broadband amplifiers containing f_1 and f_2

이중대역 특성은 메타 전송선로가 갖는 중요한 특징을 이용한 것인데, 단일증폭기의 이중대역 증폭특성은 정합회로 내에 삽입된 전송선로 부분을 메타 전송선로 구조로 삽입하여 얻을 수 있다. 이러한 이중대역 증폭기 특성은, 경우는 많지 않았으나 선행 연구를 통하여 개념과 초기적인 연구성과가 발표된 적이 있다[11,13]. 따라서 본 절에서는 이에 대하여 자세하게 기술하지는 않고 다만 본 연구에서 구성하고자 하는 이중대역 평형증폭기에 사용된 이중대역 단일증폭기의 결과만 소개하고자 한다.

그림 7은 f_1, f_2를 각각 1800MHz, 2300MHz로 하여 설계한 이중대역 단일증폭기를 보여주고 있다. 유전율이 2.6이고 두께가 20mils인 유전체 기판과 고주파용 소신호 트랜지스터인 FHX35LG를 이용하였다. 이중대역 정합회로 설계를 위하여, '$2C_L$(직렬 커패시터) - L_L(션트 인덕터) - $2C_L$(직렬 커패시터)'로 구성되는 메타 전송선로 단위(unit)를 네 개 사용하였다. 각 단위가 만나는 부분에서는 $2C_L$ 두 개가 직렬로 연결되므로 C_L이 된다. Lin에 의하여 발표된 선행 연구의 이론에 의하여 설계된 C_L과 L_L값은 각각 1.2pF와 3.9nH이다[10,13].



(a)



(b)

그림 7 LH 전송선로로 정합회로를 구성한 이중대역 단일증폭기 (a) 제작 사진 (b) LH 전송선로 부분의 구성도

Fig. 7 Fabricated single-ended dual band amplifier with LH matching network (a) photograph (b) LH transmission line section

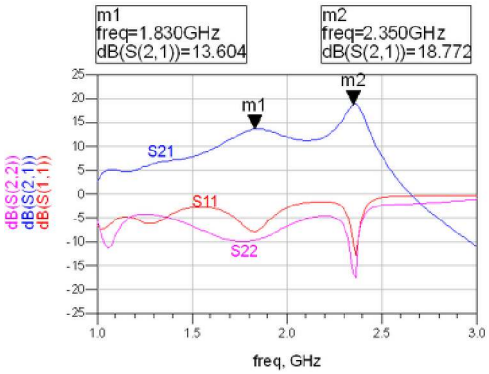


그림 8 LH 전송선로로 정합회로를 구성한 이중대역 단일증폭기의 측정 성능

Fig. 8 Measured performances of the single-ended dual band amplifier with LH matching network

그림 8은 이중대역 단일증폭기의 측정 성능을 보여주고 있다. 1830MHz와 2350MHz에서 각각 13.6dB와 18.77dB의 이득을 보여주고 있다. 1800MHz와 2300MHz로부터 약간의 주파수 이동 현상이 있으나, 이것은 사용한 커패시터와 인덕터 값의 오차에 기인한 것으로 보인다. 이것은 고정밀 소자를 사용하면 해결할 수 있는 문제이며, 오히려 이중대역 증폭특성이 얻어졌다는데 더 주목할 필요가 있다.

한편 그림 8을 보면 두 주파수 사이에 걸쳐있는 주파수 대역(예를 들면 2100MHz)에서 더 작은 이득이 존재하는 것을 알 수 있다. 이것은 원하는 두 주파수에서만 비교적 이득이 높게 나타나고 그 사이에서는 이득이 감소하는 골짜기와 같은 형태를 보이는 것으로, 그림 6(a)에 보인 점선의 이득 특성을 의미한다. 그러나 이것은 두 주파수 사이에 걸쳐 넓게 나타나는 광대역 이득특성인 그림 6(b)의 점선을 의미하는 것이 아니다.

3. 이중대역 평형증폭기의 구성 및 성능

이제 이중대역 평형증폭기의 프로토타입 회로 구성 및 측정에 대하여 기술해 보기로 하겠다. 본 연구에서는 그림 2에 보인 평형증폭기의 구성에서 커플러와 단일증폭기 부분을 모두 이중대역 회로로 구성한다. 이것은 광대역 특성을 갖는 커플러를 사용한다거나 또는 단일 광대역증폭기를 사용하여 구성하는 것과는 다소 차이가 있다. 광대역 커플러와 광대역증폭기를 이용하여 평형증폭기를 구성할 경우, 그림 6(b)처럼 사용자가 원하는 두 주파수 대역(f_1,f_2)를 포함하는 광대역 특성을 얻을 수는 있으나, 이중대역 평형증폭기와는 다음과 같은 차이가 있다.

첫째, 본 연구에서 얻게 되는 이중대역 평형증폭기의 성능에서는 원하는 이중대역 이외의 불요 주파수 대역(특히 이중대역 사이에 걸친 주파수 대역)에서의 이득이 완전히 억제된다. 따라서 인접 주파수에 의한 불필요한 불요파가 확실히 차단되어야만 하는 상황에서 더 유리하다. 둘째, 광대역 특성에 의존하여 원하는 두 주파수 대역에서의 이득을 얻고자 하는 경우에 발생하는 문제점에 관한 것이다. 만약에 두 주파수 대역이 서로 멀리 떨어져 있을 경우에 커플러와 광대역 증폭기의 광대역 성능이 더욱 넓은 주파수에서의 성능을 보장하여야 하는데, 이 경우에 설계를 위한 기술적인 부담, 비용, 복잡도가 크게 증가한다는 점이다. 따라서 어느 특정한 두 주파수대를 목표로 하는 이중대역 평형증폭기를 설계하고자 할 때는, 단일 광대역 커플러 및 증폭기를 이용하는 것보다는 본 연구에서처럼 이중대역 커플러와 이중대역 단일증폭기를 이용한 구성이 더 유리하다.

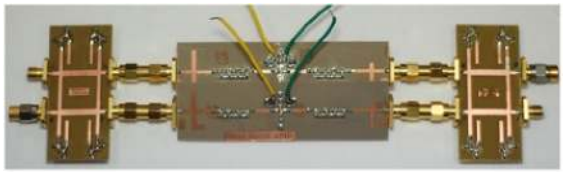


그림 9 이중대역 커플러와 이중대역 단일증폭기를 이용하여 구성한 이중대역 평형증폭기의 프로토타입

Fig. 9 Prototype of the dual band balanced amplifier using dual band coupler and dual band single-ended amplifier

그림 9는 이중대역 커플러와 이중대역 단일증폭기로 구성한 이중대역 평형증폭기의 프로토타입(prototype) 회로를 보여주고 있다. 개별 회로의 성능은 전술한 바와 같다. 프로토타입 회로이므로 크기에 대한 고려는 하지 않았고, 다만 제안하고자 하는 기술적 목표인 이중대역 평형증폭기의 이득 특성을 얻는 것에 주안점을 두었다.

그림 10은 구성된 이중대역 평형증폭기의 성능을 시뮬레이션한 결과이다. 시뮬레이션이 정확하게 이루어질 수 있도록 하기 위하여 증폭기 부분은 단일증폭기 상태에서 측정된 성능을 이용하였다. 이중대역 주파수에서 별도의 이득특성을 가지면서 동시에 불요 주파수 대역의 이득은 차단하고 있으며, 특히 두 주파수대 사이의 인접주파수에서의 불필요한 이득을 철저하게 억제하고 있다. 이것은 전술하였듯이,

인접주파수에서 단일증폭기의 이득특성이 약하게 존재한다고 하더라도 이중대역 커플러에 의하여 원하는 두 주파수대에서만 철저하게 전력분배와 결합이 이루어지고 있기 때문이다.

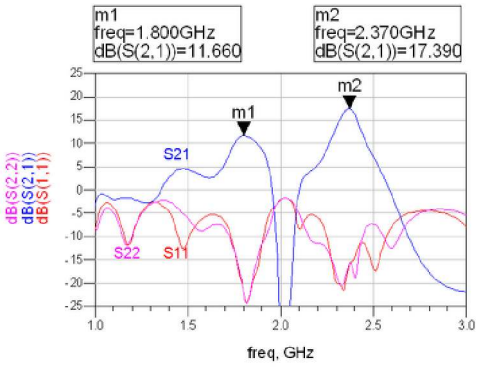


그림 10 이중대역 평형증폭기의 시뮬레이션 성능

Fig. 10 Simulated S-parameters of the dual band balanced amplifier

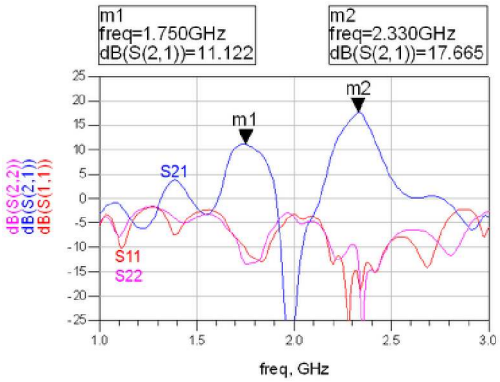


그림 11 이중대역 평형증폭기의 측정 성능

Fig. 11 Measured S-parameters of the dual band balanced amplifier

그림 11은 이중대역 평형증폭기의 측정 결과이다. 기대한 것처럼 이중대역에서의 증폭특성을 잘 나타내고 있다. 약간의 주파수 이동현상이 있으나 이는 프로토타입 제작과정에서 사용한 정밀하지 못한 회로 소자 및 제작 공정으로 이해된다. 두 주파수대역에서의 최고 이득특성은 각각 11.12dB와 17.67dB이며, 시뮬레이션 결과와 아주 유사한 성능을 보여주고 있음을 알 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 LH 메타 전송선로의 이중대역 특성을 고주파 회로에 응용하는 연구를 확장고자 하고자, 이중대역 특성을 갖도록 설계된 커플러와 단일증폭기를 이용하여 이중대역 평형증폭기를 설계하고, 프로토타입 회로에 대하여 실제로 성능을 측정한 결과를 제시하였다. 일반적인 광대역 커플러와 광대역 증폭기를 이용한 종래의 평형증폭기에서 얻을 수 있는 특성과의 차이점을 설명하고, 시뮬레이션 및 측정을 통하여 인접 주파수 대역에서의 불필요한 증폭특성을 철저하게 억제하는 이중대역 평형증폭기의 특징이 부각되는 결과를 얻었다. 예로서 1800MHz대와 2300MHz대의 두 주파수에서 동작하는 평형증폭기의 프로토타입 회로를 구성하여 각각 11.12dB와 17.67dB의 이득특성과, 불요파 대역에서의 매우 우수한 이득 차단 특성을 얻었다. 또한 측정 결과가 시뮬레이션 결과와도 매우 잘 일치함을 확인하였다. 본 논문에서 제안하고자 하는 기술적 개념은 향후 다중 대역 초고주파 대역의 전자파 회로 및 부품, 시스템 구성에서 효과적으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] D. M. Pozar, *Microwave Engineering*, 3rd edition, John Wiely and Sons, Inc., 2003.

[2] K. C. Gupta, et al., *Microstrip Lines and Slotlines*, 2nd edition, Artech House, Boston, 1996.

[3] R. A. Shelby, D. R. Smith, and S. Schultz, "Experimental verification of a negative index refraction," *Science*, vol. 292, pp. 77-79, Apr. 2001.

[4] Caloz and T. Itoh, "Novel microwave devices and structures based on the transmission line approach of meta-materials," in *IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig.*, vol. 1, 2003, pp. 195-198.

[5] K. Iyer and G. V. Eleftheriades, "Negative refractive-index metamaterials supporting 2-D waves," in *IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig.*, vol. 2, Seattle, WA, June 2002, pp. 1067-1070.

[6] G. V. Eleftheriades, A. K. Iyer, and P. C. Kremer, "Planar negative refractive index media using periodically L-C loaded transmission lines", *IEEE Trans. on Microwave Theory Tech.*, vol. 50, no. 12, pp. 2702-2712, Dec. 2002.

[7] C. Caloz, T. Itoh, "Application of the transmission line theory of Left-Handed(LH) materials to the realization of a microstrip LH transmission line", *IEEE-APS Int'l Symp.*, vol. 2, pp. 412-415, San Antonio, TX, Jun. 2002.

[8] C. Caloz and T. Itoh, "Unusual propagation characteristics in CRLH periodic structures," in Proc. IEEE AP-S International Symposium USNC/URSI National Radio Science Meeting, Special session EBG/PBG-Based Antennas and Wave-Guiding Structures, Monterey, CA, USA, June 2004, CD-R 55.7.

[9] I. H. Lin, C. Caloz, and T. Itoh, "A branch-line coupler with two arbitrary operating frequencies using left-handed transmission lines", *Proc. IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig., Special Session Metamaterials*, Philadelphia, USA, pp. 325-327, Jun. 2003.

[10] I. H. Lin, M. DeVincentis, C. Caloz, and T. Itoh, "Arbitrary Dual-Band Components Using Composite Right/Left-Handed Transmission Lines," *IEEE Trans. on Microw. Theory Tech.*, Vol. 52, No. 4, pp. 1142-1149, Apr. 2004.
[11] S. H. Ji, C. S. Cho, J. W. Lee, and J. Kim, "Concurrent Dual-Band Class-E Power Amplifier Using Composite Right/Left-Handed Transmission Lines," *IEEE Trans. on Microw. Theory Tech.*, Vol. 55, No. 6, Part 2, pp. 1341-1347, Jun. 2007.
[12] 박민우, 구자경, 임종식, 정용채, 안달, "CRLH 전송선로 구조를 이용한 이중대역 브랜치 라인 커플러 설계", 대한전기학회논문지, 제 58권 제 12호, pp. 2462~2467, 2009년 12월.
[13] 임종식, 이재훈, 이준, 구자경, 정용채, 한상민, 안달, "LH 전송선로를 이용한 이중대역 증폭기의 설계", 대한전기학회논문지, 제 59권 제 11호, pp. 2032~2037, 2010년 11월.
[14] J. L. B. Walker, *High Power GaAs FET Amplifiers.* ARTECH HOUSE, Boston, 1993.
[15] K. K. M. Cheng and F. L. Wong, "A novel approach to the design and implementation of dual-band compact planar 90° branch-line coupler", IEEE Transactions on Microwave Theory and Technology, vol. 52, no. 11, pp. 2458-2463, November 2004.

저 자 소 개

임 종 식 (林 鍾 植)

1991년 서강대 전자공학과 졸업(공학사). 1993년 동대학원 전자공학과 졸업(석사). 2003년 서울대 대학원 전기컴퓨터공학부 졸업(공박). 1993~2005 한국전자통신연구원(ETRI) 선임연구원, 2005~현재 순천향대학교 전기통신공학과 부교수.
Tel : (041)530-1332
Fax : (041)530-1548
E-mail : jslim@sch.ac.kr

이 재 훈 (李 在 訓)

2010년 순천향대 정보기술공학부 졸업(공학사). 2010년 동대학원 전기통신공학과 석사과정 재학중.
Tel : (041)530-1607
Fax : (041)530-1735
E-mail : ours_soul@naver.com

이 준 (李 準)

2010년 순천향대 정보기술공학부 졸업(공학사). 2010년 동대학원 전기통신공학과 석사과정 재학중.
Tel : (041)530-1607
Fax : (041)530-1735
E-mail : darkyijun@naver.com

전 역 환 (全 力 煥)

2011년 순천향대 전기통신공학과 졸업(공학사). 2011년 동대학원 전기통신시스템공학과 석사과정 재학중.
Tel : (041)530-1607
Fax : (041)530-1735
E-mail : juhdang@nate.com

정 용 채 (鄭 龍 采)

1989년 서강대 전자공학과 졸업(공학사). 1991년 동대학원 전자공학과 졸업(석사). 1996년 동대학원 전자공학과 졸업(공박). 1991~1998 삼성전자 정보통신본부 선임연구원, 1998~현재 전북대학교 전자정보공학부 교수.
Tel : (063)270-2458
Fax : (063)270-2461
E-mail : ycjeong@jbnu.ac.kr

한 상 민 (韓 相 敏)

1996년 고려대 전파공학과 졸업(공학사). 1998년 동대학원 전파공학과 졸업(석사). 2003년 동대학원 전파공학과 졸업(공박). 2003년 10월~2004년 11월 UCLA Post Doc., 2005년 1월~2007년 8월 삼성종합기술원 전문연구원, 2007년 9월~현재 순천향대학교 정보통신공학과 조교수.
Tel : (041)530-1348
Fax : (041)530-1548
E-mail : smhan@sch.ac.kr

안 달 (安 達)

1984년 서강대 전자공학과 졸업(공학사). 1986년 동대학원 전자공학과 졸업(석사). 1990년 동대학원 전자공학과 졸업(공박). 1990~1992 한국전자통신연구원(ETRI) 선임연구원, 1992~현재 순천향대학교 전기통신공학과 교수.
Tel : (041)530-1331
Fax : (041)530-1609
E-mail : dahnkr@sch.ac.kr