

입력단 반사전력을 이용하는 새로운 구조의 평형전력증폭기 설계

박천선¹, 임종식^{1*}, 차현원¹, 한상민¹, 안달¹
¹순천향대학교 대학원 전기통신시스템공학과

Design of a New Balanced Power Amplifier Utilizing the Reflected Input Power

Chun-seon Park¹, Jong-sik Lim^{1*}, Hyeon-won Cha¹, Sang-Min Han¹ and Dal Ahn¹

¹Department of Electrical and Communication System Engineering, Graduate School, Soonchunhyang University

요약 본 논문에서는 하이브리드 커플러를 이용하여 구성하는 종래의 평형전력증폭기의 입력측 반사전력을 별도의 보조증폭기의 입력으로 활용하여 성능을 개선한 새로운 구조의 평형전력증폭기를 제안한다. 평형증폭기 내의 개별 단일 증폭기의 정합이 완벽하지 못하므로 여기에서 반사된 전력이 하이브리드 커플러의 격리단자에서 터미네이션 시키는 것이 종래의 구성이었다. 본 논문에서는 격리단자에 터미네이션 대신 보조증폭기를 연결하여 누설전력이 입력되고, 보조증폭기의 출력이 최종적인 평형증폭기의 출력에 더해지므로 출력전력과 효율이 개선된다. 제시한 구조를 검증하기 위하여 종래의 평형전력증폭기와 제안된 평형전력증폭기를 실제 제작하고 측정된 결과를 보인다. 제시한 평형전력증폭기는 종래의 평형전력증폭기보다 약 3dB의 출력전력특성, 5.2%의 전력부가효율, 그리고 5~10 dBc의 IMD3 개선효과를 갖는다.

Abstract This paper proposed a new balanced power amplifier using the reflected input of conventional balanced power amplifiers composed of branch line hybrid coupler. In general, the single-ended amplifier in balanced amplifiers does not have the perfect matching, so the reflected input power, in other words the leakage power, is terminated conventionally at the isolation port of hybrid coupler. However in this work, the leakage power is injected into the auxiliary amplifier, and its output power is combined to the output power of balanced amplifier. Therefore output power, efficiency, and 2-tone IMD3 performances of the proposed balanced amplifier are highly improved compared to the conventional balanced amplifier. For the verification of the proposed balanced amplifier, a conventional balanced amplifier and the proposed balanced amplifier are designed, fabricated and measured, and the measured results are compared. The proposed balanced amplifier shows the improvement in the output power(Pout), power added efficiency (PAE), and 2-tone IMD3 by 3dB, 5.2%, and 5~10dBc, respectively, from the measurement.

Key Words : balanced amplifiers, auxiliary amplifiers, branch hybrid coupler, power amplifiers

1. 서론

고품질의 통신시스템을 실현시키는 이동통신용 부신 부품들의 성능은 여기에 직접 사용되는 고주파 증폭소자 및 회로들에 의하여 크게 좌우되므로 고주파 회로소자들에 대한 설계기술은 매우 중요하다. 특히 이동통신용 고주파 회로 소자는 시스템의 성능을 좌우하는 핵심부품으로 출력전력, 효율 및 선형성 향상 측면에서 다양한 연구

가 필수적이다. 계속 증가하는 이동통신 사용자들을 한정된 주파수 자원으로 원활히 수용하기 위하여 우수한 출력전력, 선형성 및 고효율 특성이 반드시 필요한 기술적 요구사항이며, 이런 항목들이 그간 이동통신 부품 분야에서 중요한 연구 대상이 되어 왔다[1,2].

전력증폭기 관련 연구개발의 핵심은 기본적으로 출력전력 향상과 효율의 개선, 그리고 이미 널리 보편화된 WCDMA 방식의 경우에서처럼 소자의 비선형성에 의한 혼변조 왜곡으로 인한 통신의 방해 요소들은 최소화하여

* 교신저자 : 임종식(jslim@sch.ac.kr)

접수일 09년 03월 05일

수정일 09년 04월 20일

게재확정일 09년 05월 27일

통신의 성능을 저하시키는 요인을 충분히 제거하고자 하는 것이다. 통신의 성능을 저하시키는 요인으로 진폭 및 위상의 비선형 특성으로 인하여 혼변조 왜곡 성분(IMD : Inter Modulation Distortion)이 발생하고 이러한 혼변조 왜곡 성분은 출력신호를 왜곡시키고, 스펙트럼 재생장(Spectrum regrowth)에 의한 인접채널 간섭을 일으키는 원인이 된다.

전력증폭기는 기본적으로 그 출력이 클수록 선형 동작에 유리하다. 그러나 제한된 출력특성 하에서 입력전력이 커지면 비선형 특성이 급격하게 증가하므로 출력을 어느 정도 유지하면서도 비선형특성을 줄이기 위한 선형화 기법이 많이 연구되었다. 많이 연구된 증폭기의 선형화 방안으로 Feedback 방식, Back-off 방식, 아날로그 및 전치 왜곡(Predistortion) 방식 그리고 Feedforward 방식 등이 있다[3,4].

선형화 기법과 더불어 증폭기의 전력효율 개선이 큰 연구방향이다. 증폭기는 출력전력이 커질수록 소모되는 DC 전력이 커지고 열이 다량 발생하는데, 효율이 낮을수록 소모되는 DC 전력이 열로 손실되며 이 때 고열에 의한 전력소자의 열화현상으로 소자 자체의 수명이 짧아지는 문제점이 있다.

가용할 수 있는 DC 전력자원이 한정되어 있어서 전력 증폭기를 구동시 필요한 배터리 수명이나 DC전력 소모 등의 문제로 인하여 전력증폭기의 수명을 단축시킬 수도 있다. 바이어스에 따른 효율을 개선하기 위하여 A급에서 C급 동작으로 이동시킬 수 있으나, 동시에 이득과 출력 레벨의 감소하고 비선형 현상의 증가하는 단점이 있다[5].

선형성과 효율을 향상시키기 위한 방법에 많은 관심이 기울여지고 있다. 효율과 선형성은 서로 타협(trade-off) 관계로 선형성이 좋으면 효율이 나쁘거나 출력전력이 낮아지며, 효율이 좋으면 비선형성분이 크게 발생하여 신호의 왜곡 성분이 커지는 관계가 상존한다. 그래서 최근에는 선형성과 효율을 동시에 조금이라도 향상시키는 방향으로 연구가 이루어지기도 한다[6].

증폭기 구조상 평형증폭기는 두 단일증폭기(single ended amplifier)의 출력전력을 합하여 두 배의 출력을 낼 수 있는 구조로 특히 고출력증폭기에 매우 널리 사용된다. 사실 상기에서 언급한 전력증폭기의 선형성, 효율을 논하기에 앞서 전력증폭기 자체의 출력특성이 주어진 전력 트랜지스터 조건에서 가능하면 높게 형성되는 것이 유리함은 당연하다. 그래서 단일증폭기보다 두 배의 출력전력을 얻을 수 있는 평형증폭기가 매우 널리 사용된다[7]. 그런데 평형증폭기 구성에 사용되는 두 개의 동일한 단일증폭기가 보통 입력정합이 좋지 않기 때문에 입력측 반사파가 많이 존재한다. 그런데 평형증폭기 구성에 가장

널리 사용되는 90° 브랜치 라인 하이브리드 커플러(이하 "90° 하이브리드" 또는 "커플러")는 이용하는 경우 두 반사파가 입력단자에서는 서로 상쇄되어 결과적으로 입력 단자에 반사파가 나타나지 않으므로 정합이 우수하게 되고, 이 때 격리단자(isolation port)에 나타나는 반사파는 터미네이션(termination)으로 처리하게 된다.

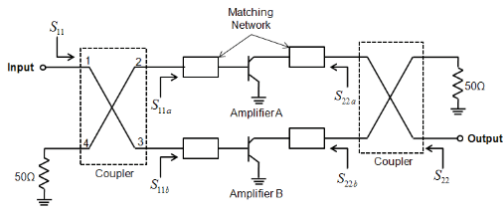
본 논문에서는 이 격리단자에 나타나는 반사파를 또 하나의 보조 증폭기의 입력으로 사용하여, 즉 반사파를 재활용하여, 보조증폭기의 출력을 기존 평형증폭기의 출력에 합하여 최종적으로 성능을 개선시킨 새로운 구조의 평형전력증폭기에 대하여 제안한다. 제안한 평형증폭기는 기존 평형증폭기에 비하여 출력전력이 개선되므로, 동일한 크기의 출력으로 비교할 때 효율, 선형성 등에서도 유리한 특성을 갖는다.

2. 하이브리드를 이용한 종래의 평형전력증폭기

일정한 이득특성을 얻기 위해서 보상정합회로 기법으로 단일증폭기를 설계할 때는 입력과 출력 정재파비를 심각하게 훼손시키는 임피던스 비정합의 결과를 초래할 수 있다. 그런데 동일한 두 개의 단일증폭기와 90° 하이브리드로 구성되는 평형증폭기는 가장 널리 사용되기는 하나, 하이브리드의 격리단자(isolation port)를 강제적으로 터미네이션 시켜주어야 하는 구조임에 주목할 필요가 있다. 이것은 그간 90° 하이브리드를 이용한 평형증폭기의 장점으로 인식되어 온 점이기도 하다.

그림 1은 90° 하이브리드를 이용하여 구성된 아주 널리 사용하는 평형증폭기의 구성도이다. 입력전력은 3dB 분배기 기능을 하는 하이브리드 커플러를 통해서 두 단일증폭기 A와 B로 똑같이 분배된다. 그리고 출력 3dB 커플러는 각각의 증폭기로부터 신호를 합하게 된다.

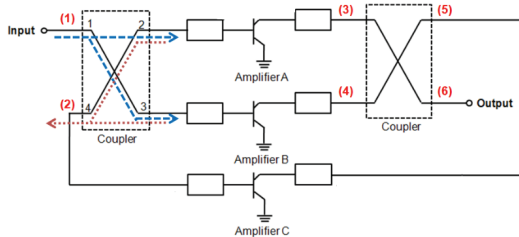
이 구조에서는 두 단일증폭기의 입력반사계수(S11a, S11b)가 설령 나쁘다 하더라도 입력단에서 서로 0도와 180도 위상차를 가지므로 서로 상쇄된다. 결과적으로 전체입력단에 반사파가 나타나지 않으므로 단일 증폭기의 비정합 여부에 관계없이 평탄한 이득과 함께 우수한 입력 정재파비 특성을 갖는 광대역 증폭기 설계가 가능하다[5,7]. 한편 격리단자에는 두 반사파가 동위상으로 서로 합쳐져서 나타나게 되는데 이것을 제거하기 위하여 터미네이션으로 처리한다.



[그림 1] 90° 하이브리드를 이용한 평형증폭기의 구성도

3. 입력단 반사전력을 활용하는 구조의 평형전력증폭기

그림 2는 본 논문에서 제안한 평형증폭기 구조를 보여 준다. (1)에 입사된 입력전력은 단일증폭기 A,B의 입력 정합이 완전하지 않기 때문에 반사파가 존재한다. 반사파는 다시 (1)과 (2) 지점으로 나뉘어 되돌아가는데, (1) 지점에서는 서로 역위상으로 상쇄되어 나타나지 않는다. 그러나 (2) 지점에서 나타난 반사전력은 그림 1에서와 달리 증폭기 C의 입력으로 사용될 수 있다. 여기서 증폭된 신호는 보조증폭기의 출력에 대한 하모닉의 위상을 결정하는 딜레이 라인을 거쳐서 출력측 하이브리드로 인가되어, 입력측에서와 같은 원리에 의하여 출력단에 더해진다. 본 논문에서는 편의상 증폭기 A,B로 구성되는 기존의 평형증폭기를 BA(Balanced Amplifier), 증폭기 C를 보조증폭기라 하고, 그림 2와 같이 제안된 구조를 NBA(New Balanced Amplifier)라고 부르기로 한다.



[그림 2] 반사된 누설전력을 보조증폭기에서 활용하는 새로운 구조의 평형전력증폭기

NBA의 구조에서 (2)는 하이브리드의 격리단자 (isolation port)인데, 이곳에 전달되는 입력전력은 보조증폭기의 입력으로 사용되는데, BA의 동작상태 특히, BA를 구성하는 두 단일증폭기 A와 B의 동작특성에 의하여 결정된다. 일반적으로 단일증폭기 A,B 자체는 정합상태가 좋지 않아서 반사파가 상당부분 존재하게 된다.

또한 동일한 정합회로에 대하여도 증폭기의 바이어스

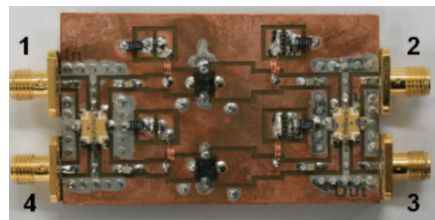
모드에 따라서도 (2)에 나타나는 전력의 크기가 결정된다. 가령 입력전력이 매우 작을 때 class A 동작에서는 증폭이 이루어지나, class B나 C에서는 증폭이 거의 이루어지지 않고 반사가 많으므로 (2)에 더 많은 입력전력이 나타나게 된다. 따라서 이때는 보조증폭기의 증폭작용에 의하여 부족한 출력전력을 보충하기 때문에 출력전력 성능이 개선되는 효과가 있다. 또한 출력전력이 충분히 큰 경우에 BA에서 포화가 되면 더 이상의 입력전력이 BA로 계속 인가되는 것이 큰 의미가 없으나, 이 때 입력의 일부가 보조증폭기로 인가되므로 보조증폭기에 의한 출력이 최종적으로 합쳐져서 더 큰 포화출력전력 특성을 얻어낼 수 있게 된다. 따라서 제안하는 구조는 기존의 BA보다 더 큰 출력전력을 선형적 영역에서 얻어낼 수 있으며, 동시에 포화출력을 높이므로 효율까지 일정량 개선하는 효과가 있다.

4. 평형전력증폭기의 제작 및 성능 측정

이제 제안한 NBA 구조를 검증하기 위하여 본 논문에서는 2GHz대에서 동작하는 BA와 NBA를 제작하고 그 성능을 측정하여 결과를 제시하고자 한다.

4.1 BA의 제작 및 측정결과

그림 3은 설계, 제작된 2GHz대 BA의 사진을 보여주고 있다. 90° 하이브리드가 차지하는 면적이 넓으므로 소형화를 위하여 BA의 입출력단에 RN2社의 RCP2150Q03 LTCC 90° 하이브리드를 사용하였다. LTCC 구조는 회로의 고집적화와 소형화를 위하여 무선 주파수 영역에서 많이 사용된다[8,9]. BA용 증폭소자로는 전력트랜지스터인 NE6510179A를 사용하였다.

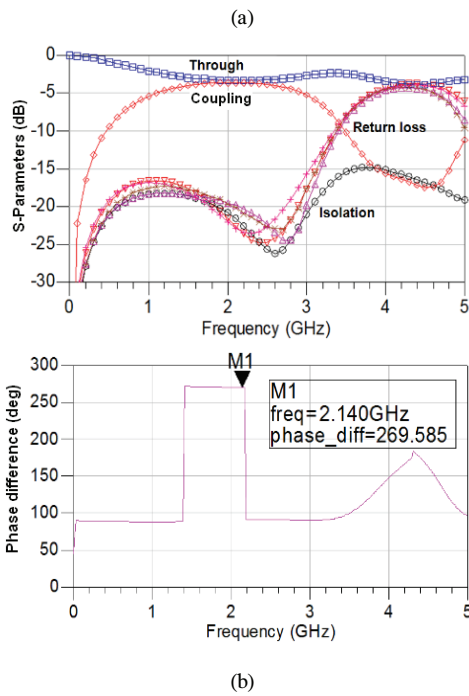
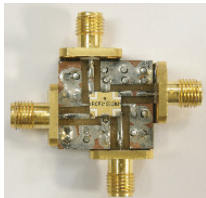


[그림 3] 제작된 평형전력증폭기 사진

그림 4는 사용한 LTCC 90° 하이브리드의 성능을 별도로 측정하기 위한 회로와 측정 성능을 보여준다. 입력단자 1에서 입사된 전력이 through 단자 2와 coupling 단자 3으로 1/2씩 정확하게 분배되고 있음을 알 수 있다. 그리

고 단자 2와 단자 3 사이에 90°의 위상차가 정확하게 유지되고 있음을 알 수 있다.

이제 제작한 BA의 성능을 측정된 결과를 제시하고자 한다. 그래야만 그림 3의 BA와 본 논문에서 제안하고자 하는 NBA의 특성을 비교할 수 있기 때문이다.

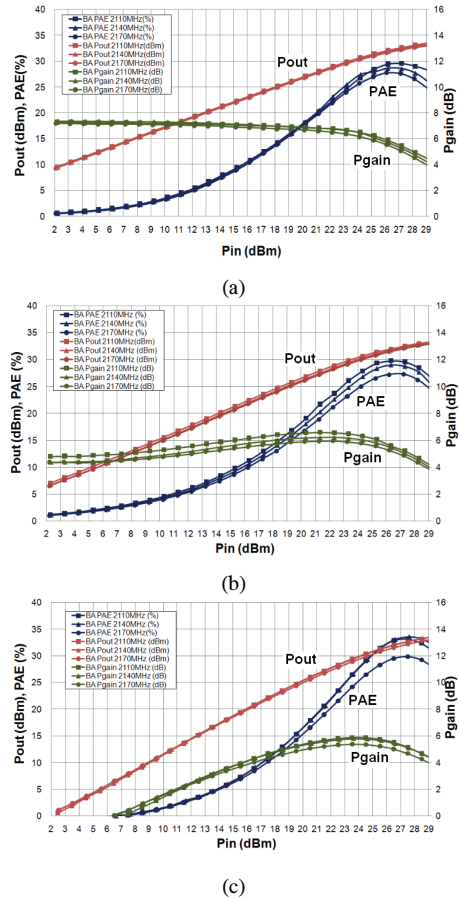


[그림 4] LTCC 90° 하이브리드 회로 (a) 사진 (b) 측정된 S-파라미터와 위상차 성능

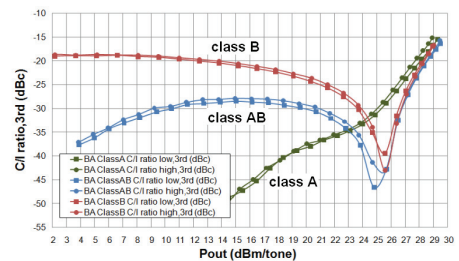
그림 5와 그림 6은 제작한 평형전력증폭기의 측정된 1-tone test, 2-tone test 결과를 보여주고 있다. 측정을 위해서 단자2, 4를 터미네이션 시키고 단자 1과 단자 3을 입력력 2단자 회로로 보고 측정하였다. 바이어스 모드별 전력특성을 자세하게 알아보기 위하여 class A, class AB, class B의 세 가지 모드에서의 결과를 비교하고 이것을 표 1에서 정리하였다.

측정결과를 보면 class A에서 가장 이득이 높은 반면, class B에서 가장 효율(PAE, power added efficiency)이

좋음을 알 수 있는데 이는 전력증폭기의 전형적인 동작 특성을 보여준다. 또한 선형영역 동작의 경우에 class A에서 3차 혼변조 성분이 가장 적은 양으로 검출되는데 이는 전력증폭기에서 전형적으로 나타나는 측정결과이다.



[그림 5] 그림 3에 보인 평형전력증폭기의 바이어스 모드에 따른 측정된 성능 (a) A급 (b) AB급 (c) B급



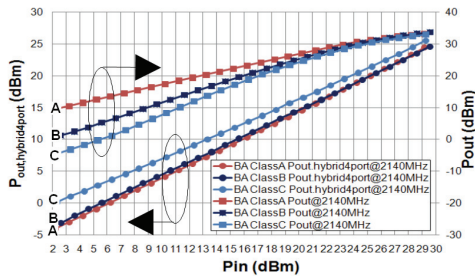
[그림 6] 그림 3에 보인 평형전력증폭기의 측정된 2-tone IMD3 성능

[표 1] 평형전력증폭기의 전력성능 측정결과 요약 (@2140MHz)

	P1dB (dBm)	Pgain @P1dB (dB)	PAE (%)
Class A	32	6.2	28.9
Class AB	32.1	5.7	29
Class B	32.9	5	33.5

4.2 제안하는 NBA의 제작 및 측정결과

그림 7은 그림 3의 BA 회로에서 하이브리드의 격리단자(단자 4)에서의 검출되는 누설입력전력을 나타낸다. Class A의 경우 다른 동작의 증폭기보다 같은 입사전력에 대하여 더 Pout을 나타내는 반면, 더 작은 전력이 누설되는 것을 알 수 있다. 또한 그 반대로 동작 모드가 B 급이나 C급에서는 A급일 때에 비하여 Pout이 더 낮으면서 누설되는 전력의 크기가 더 크음을 알 수 있다. 따라서 누설전력을 보조증폭기(증폭기 C)의 입력으로 재활용할 경우 별도의 추가적인 출력전력을 얻을 수 있음을 예상할 수 있다.

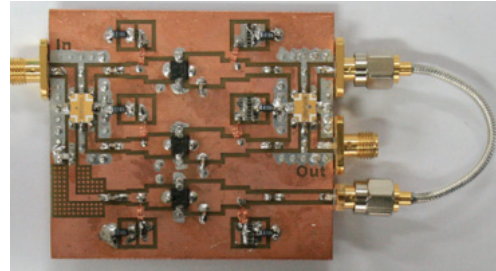


[그림 7] 그림 3에 보인 BA 구조에서 입력측 하이브리드의 격리단자로 누설되는 입사전력의 측정 결과

또한 가지 주목할 현상은 높은 입력전력 영역에서는 평형증폭기가 포화되고 있음에도 불구하고 하이브리드 격리단자의 누설전력은 일정한 선형성을 가지고 유지하고 나타나므로 보조증폭기가 선형적인 동작에 해당하는 입력전력을 가짐과 동시에 그 출력이 충분히 예측가능하다는 것이다. 실제로 평형증폭기가 Class C 동작을 할 경우 하이브리드 격리단자 단자에서의 검출된 누설전력은 0dBm~27dBm 출력율, Class AB 동작의 경우는 -3dBm~25dBm, Class A의 경우는 -4.5dBm~24dBm의 누설출력을 나타냈으며 증가시키는 입력(Pin)에 따라 선형적으로 증가하였다. 따라서 보조증폭기에 입력되는 전력은 Pin의 증가에 비례함을 알 수 있는데, 이로써 보조증폭기의 입력으로 사용되기에 충분한 조건을 갖추었음을 알 수 있다.

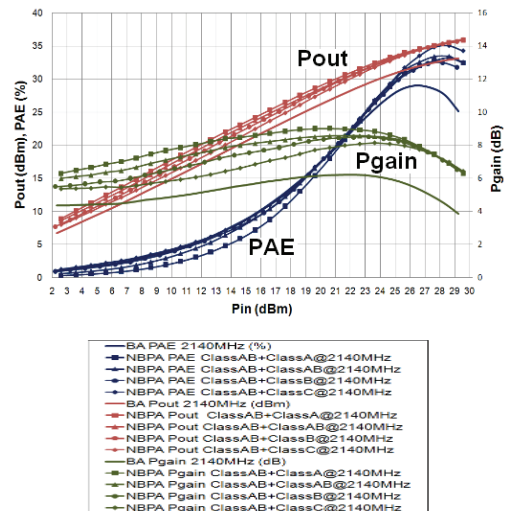
그림 8은 제안한 NBA의 제작사진이다. 종래의 BA 부

분은 그림 3에 보인 것을 사용하였는데, 이렇게 해야 종래의 BA와 제안한 NBA의 비교가 가능하기 때문이다. 제안한 NBA에는 보조증폭기에서 증폭된 출력전력을 출력측 하이브리드에 결합시키기 위한 연결선로가 필요하다.



[그림 8] 제안한 NBA의 제작사진

그림 9는 종래의 BA와 제안하는 NBA의 성능을 비교하기 위하여 측정된 결과를 같이 그려놓은 그래프이다. BA와 보조증폭기의 동작 모드를 각각 class A, AB, B, C의 네 가지로 설정하더라도 서로 다른 조합이 16가지가 가능하다. 제한된 지면에 이 모든 경우를 다 설명하기가 곤란하므로 본 논문에서는 대표적인 예로 BA의 동작 모드를 class AB로 설정하고 이에 대하여 측정된 특성을 비교하고자 한다.



[그림 9] BA와 NBA 1-tone 측정 결과 비교 (BA 동작 모드 : class AB)

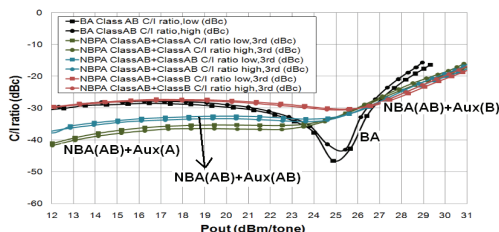
그림 9에 의하면 BA만 있을 때에 비하여 제안하는 NBA의 출력전력(Pout), 전력이득(Pgain), 효율(PAE) 특성이 더 우수한 것으로 측정되었다. 비록 보조증폭기의

동작모드에 따라서 다소의 차이가 있으나 보조증폭기가 있는 경우가 없는 경우보다 더 높은 포화전력과 효율특성이 더 우수함을 알 수 있다. BA의 동작 모드가 AB급으로 고정된 상황에서 비교해 보면, 보조증폭기의 동작모드가 A급일 때 전력 이득이 BA에 비하여 가장 크게 증가하고, 보조증폭기의 동작 모드가 C급일 때 PAE가 BA에 비하여 가장 크게 증가한 것으로 측정되었다. 따라서 보조증폭기에 인가되는 누설전력이 동일한 상황에서는 보조증폭기의 동작상태가 전체 NBA의 동작 특성을 좌우할 수도 있음을 알 수 있다. 표 2에 BA와 NBA의 측정된 결과를 비교하기 쉽게 정리하여 놓았다.

[표 2] 제안하는 새로운 구조의 평형전력증폭기의 전력성능 측정결과 요약(@2140MHz)

	P1dB (dBm)	Pgain @P1dB (dB)	PAE @P1dB (%)	PAE, max (%)
Class AB BA	32.1	5.7	28.3	28.96
Class AB(NBA) +class A (보조증폭기)	34.96	8	31.98	33.18
AB + AB	34.9	7.7	33.34	33.36
AB + B	34.78	7.1	32.33	32.33
AB + C	35	6.8	33.5	36

그림 10은 BA와 NBA의 2-tone C/I3rd ratio에 대한 측정 결과를 나타낸다. 2-tone 테스트를 하기 위하여 2140MHz와 2141MHz 두 개의 신호를 1MHz offset으로 설정하여 성능을 측정하였다. 보조증폭기의 동작 모드에 따라서 선형화 정도가 다소 차이가 있으나 sweep spot을 제외한 모든 입력조건에서 C/I3rd ratio가 5~10dbc 향상되었다. 따라서 제안한 NBA가 종래의 BA에 비하여 더 우수한 선형성을 가짐을 알 수 있다.



[그림 10] BA와 NBA 2-tone C/I ratio, 3rd 측정결과 비교 (BA 동작 모드 : class AB)

NBA의 경우 기존의 BA와 비교하여 대역폭에 있어서 손해가 없으며, feedforward나 predistortion 구조처럼 별

도의 선형화 회로를 추가하지 않아도 일정량의 선형성 개선을 얻을 수 있는 구조임이 측정을 통하여 확인되었다.

5. 결론

본 논문에서는 기존의 평형전력증폭기를 이용하여 출력전력 성능과 효율 및 선형화 개선 효과가 있는 새로운 구조의 평형전력증폭기를 제안하고, 이를 검증하기 위하여 실제로 측정하여 그 성능을 측정된 결과를 제시하였다. 평형전력증폭기에 사용된 단일증폭기의 입력정합이 완전치 않음으로 인하여 발생할 수밖에 없는 입사전력에 대한 누설반사파를 보조증폭기의 입력으로 이용하는 구조를 제안하였다. 누설된 반사파는 하이브리드의 격리단자를 통하여 보조증폭기의 입력으로 입사되고, 보조증폭기의 출력은 평형증폭기의 출력단 하이브리드에서 재결합되어 최종적인 전력증폭기의 출력전력, 효율, 선형성 개선에 기여를 하게 된다.

제안한 구조에 대한 타당성을 측정을 통하여 검증하고자 하여 비교대상인 종래의 평형전력증폭기와 제안한 구조인 평형전력증폭기를 설계, 제작하여 그 특성을 측정하여 제시하였다. 기존 평형전력증폭기의 경우에 1-tone 테스트의 결과 기존의 평형증폭기가 AB급의 동작의 경우에 32.1dBm의 Pout 성능을 가졌으나, 제안한 구조에서는 약 35dBm에 가까운 출력성능을 가졌다. 이것은 전력 트랜지스터가 2개에서 3개로 증가한 것에 기인하는 개선 팩터(factor)가 1.77dB인 것과 비교할 때 약 3dB의 출력전력 특성개선이 이루어진 것이므로 매우 우수한 성능 개선이라 할 수 있다. 또한 제안한 구조는 기존 평형증폭기에 비하여 전력 이득이 최대 2.3dB(class A급 보조증폭기), PAE@P1dB가 최대 5.2%(class C급 보조증폭기)만큼 개선되는 측정결과를 보여주었다. 2-tone 측정에 있어서도 선형적 입력구간 또는 포화에 가까운 입력구간에 있어서도 5~10dBc의 성능개선이 이루어졌음이 확인되었다.

본 논문에서 제안한 구조에 대한 검증이 측정을 통해서도 이루어졌으므로 제시된 구조는 전력 트랜지스터의 출력 용량이 어떻게 되든지 이용이 가능하다. 본 논문의 구조를 이용한 전력증폭기의 경우 자체적으로 출력전력, 전력이득, 효율, 선형성에 있어서 개선된 특성을 지니므로, 선형화기와 결합된 전력증폭기와 같이 상위 레벨의 부품이나 시스템 응용시 전체적인 성능 개선에 유리하고 또 선형화기의 성능 부담을 덜어줄 수 있는 장점이 있다. 따라서 추가 연구개발을 통해서 무선시스템분야에서 응용 분야를 매우 넓게 확장할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] M. Iwamoto, A. Williams, P.F. Chen, A. G. Metzger, L. E. Larson, P. M. Asbeck, "An Extended Doherty Amplifier With High Efficiency Over a Wide Power Range", *IEEE Trans. Micro. Theory Tech.*, vol. 49, No. 12, pp. 2472-2478, Dec. 2001.
- [2] P. B. Kenington, R. J. Wilkinson, and J. D. Marvill, "Power Amplification Techniques for Linear TDMA Base Station", *IEEE Global Telecommunication Conf.*, vol. 1, pp. 74-78, Dec. 1992.
- [3] S. C. Cripps, *RF Power Amplifier Wireless Communication*, Artech House, 1999.
- [4] 정용채, "이동통신기지국용 대전력 증폭기 설계 기술", 전자파기술, 14권, 4호, pp. 39-49, 10월. 2003.
- [5] D. M. Pozar, *Microwave Engineering*, 2nd ed. New York: Wiley, pp. 570-573, 1998.
- [6] J. H. Kim, C. S. Cho, J. W. Lee, J. Kim, "Linearity improvement of class-E Doherty amplifier using gm3 cancellation", *Electronics Letters*, Vol. 44, No. 5, pp. 359-360, Feb. 2008.
- [7] J. L. B. Walker, *High Power GaAs FET Amplifiers*. Artech House, 1993.
- [8] O. H. Murphy and P. J. Murphy, "Low Temperature Co-Fired Ceramic (LTCC) and its Applications at High Frequencies", *ISSC Proceeding*, Jun. 2002.
- [9] K. L. Wu and Y. Huang, "LTCC Technology and Its Applications in High Frequency Front End Modules", *Propagation and EM Theory, 6th International Symposium*, pp. 730-734, Nov. 2003.

박 천 선(Chunseon Park)

[준회원]



- 2007년 2월 : 순천향대학교 정보기술공학부 (공학사)
- 2009년 2월 : 순천향대학교 대학원 전기통신시스템공학과 (공학석사)
- 2009년 2월 ~ 현재 : 쉐웨이브텍 근무중

<관심분야>

초고주파 무선 회로/부품 설계, 고출력증폭기 분야 등

임 종 식(Jongsik Lim)

[종신회원]



- 1991년 2월 : 서강대 전자공학과 (공학사)
- 1993년 2월 : 서강대 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 2003년 2월 : 서울대 대학원 전기컴퓨터공학부 (공학박사)
- 1993년 2월 ~ 2005년 2월 : 한국전자통신연구원 선임연구원
- 2005년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 전기통신공학과 재직중

<관심분야>

초고주파 무선 회로/부품 설계, 능동/수동 소자 모델링 및 회로 응용, 주기 구조의 모델링 및 회로 응용 등임.

차 현 원(Hyeonwon Cha)

[준회원]



- 2008 2월 : 순천향대학교 정보기술공학부 (공학사)
- 2008년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 대학원 전기통신시스템공학과 석사과정 재학중

<관심분야>

초고주파 무선 회로/부품 설계, 증폭기 분야 등

한 상 민(Sang-Min Han)

[정회원]



- 1996년 2월 : 고려대 전파공학과 (공학사)
- 1998년 8월 : 고려대 대학원 전파공학과 (공학석사)
- 2003년 8월 : 고려대 대학원 전파공학과 (공학박사)
- 2003년 3월 ~ 2004년 11월 : UCLA Post Doc.
- 2007년 9월 ~ 현재 : 순천향대학교 재직중

<관심분야>

RF 시스템, Low power RF transceivers, Active integrated antenna systems 등임.

안 달(Dal Ahn)

[종신회원]



- 1984년 2월 : 서강대 전자공학과 (공학사)
- 1986년 8월 : 서강대 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 1990년 8월 : 서강대 대학원 전자공학과 (공학박사)
- 1990년 8월 ~ 1992년 2월 : 한국전자통신연구원 선임연구원
- 1992년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 전기통신공학과 재직 중

<관심분야>

.RF, 마이크로파 수동소자 해석 및 설계 등임.