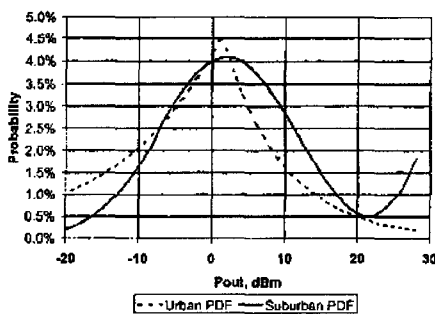


I. 개 요

최근 무선 휴대폰의 컬러 동영상 및 기능의 다양화로 인해 휴대폰 업체들로부터 저전력 부품에 대한 요구가 커지고 있다. 이에 따라, 현재 휴대폰에서 전력 소비가 가장 큰 부품인 RF 송신부의 전력 증폭기에 대한 고효율 기술 개발이 주요 업체와 대학들을 통해 활발히 진행되고 있다. 본 고에서는 IS-95 CDMA 전력 증폭기를 중심으로 최근 진행되고 있는 고효율 기술 동향을 간략히 소개한다.

II. 고효율 전력 증폭기들의 구조와 원리

일반적으로 CDMA 휴대폰용 전력 증폭기는 최대 RF 출력 (IS-95 CDMA에서는 28 dBm)에서 선형성과 효율을 우선적으로 만족시키는 범위에서 동작 전류, 전압, 부하 임피던스 정합을 결정한다. 따라서, [그림 1]에서와 같이 실제 사용 빈도가 95%가 넘는 출력 16 dBm 이하의 저출력 동작에서는 최대 출력으로부터



[그림 1] IS-95 환경에서의 전력 증폭기 확률 밀도 함수^[1]

터 크게 backed-off된 상태이므로 매우 낮은 전력 효율을 겪게 된다. 이러한 실상을 고려하여, 최근 전력 증폭기는 저출력 동작의 효율을 높이는 방향으로 개발이 되고 있다. 전력 증폭기에서 효율을 높이기 위해서 증폭기의 동작점을 B급, E급, F급 등으로 사용할 수 있지만 높은 선형성을 요구하는 CDMA 전력 증폭기는 A급 또는 AB급으로 동작된다. 이러한 고 선형성 CDMA 휴대폰용 전력 증폭기의 소비 전력대 RF 출력 전력의 효율을 높이는 방법은 최근 크게 두 가지로 진행되고 있다. 첫째, RF 출력 크기에 따라 전력 증폭기에 공급되는 dc 전류 및 전압을 조절하는 것이다. 둘째, RF 출력 크기에 따라 전력 증폭기 출력부 부하 임피던스 정합을 조절하는 것이다.

2-1 출력 전력에 따른 dc 공급 전력 조절형 전력 증폭기

전력 증폭기에서 RF 출력이 낮을 때는 RF 출력이 dc 공급 전력을 충분히 사용하지 못하므로, 출력 전력에 따라 공급 전원을 조절하면 소비 전력을 효과적으로 줄일 수 있다. 최근 전력 증폭기 모듈 개발 업체의 동향을 보면, 기본적으로 배터리 전원 전압은 고정된 채 증폭기 출력에 따라 동작 Idle 전류(I_{qc})를 2-step으로 조절하는 방식을 주류로 채택해 왔다. 2003년 초 이후에는 출력 전력에 따라 전력 증폭기의 동작 Idle 전류(I_{qc})를 2-step이 아닌 연속적으로 조절하는 analog bias 조절 방식의 전력 증폭기가 휴대폰에 급속히 적용되고 있다. 모델 칩 MSM6500 시리즈와 이와 연동하여 복수 개의 dc-dc converter 기능을 포함한 PMIC(power management IC) 칩이 선보이

는 2003년 말 이후부터는 dc 공급 전류 및 전압을 동시에 조절하는 형태로 전력 증폭기가 발전할 전망이다.

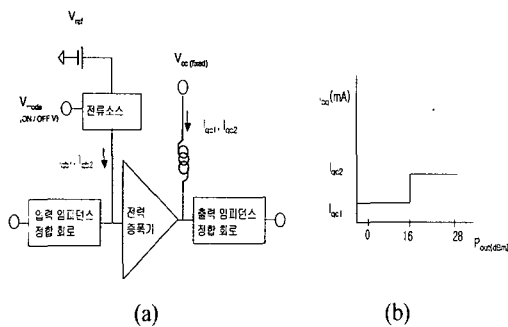
2-1-1 2-step 모드 소자 단일형 전력 증폭기

일반적으로 전력 증폭기에서 출력 전력이 높아지면 전력 소자에서 발생하는 열에 의해 전력 소자의 접합 turn-on 전압이 낮아져 dc 공급 전류가 자동적으로 높아지는 현상이 발생하지만, 실제 0 dBm 이하의 낮은 출력에서는 공급 전류가 Idle 전류(I_{qc})로 일정하게 유지된다. 따라서, 저출력 모드의 전력 효율은 Idle 전류(I_{qc})를 낮추어 간단히 개선할 수 있다. [그림 2] (a)의 2-step 모드 소자 단일형 전력 증폭기는 이러한 이유에서 적용된 고효율 전력 증폭기 구조로서 최근까지 휴대폰에 가장 많이 사용되고 있다 (예를 들면, Skyworks사의 CX77140, CX77153, Anadiscs사의 AWT6301, AWT6302). [그림 2]의 (b)와 같이 출력 전력 16 dBm을 기준으로 전력 증폭기를 저출력과 고출력 모드로 나누고, ON(2.85 V)/OFF(0 V) 2-step 형태로 모드 전압(V_{mode})을 전력 증폭기의 전류 소스 회로에 가해 이때 해당되는 각 모드의 Idle 동작 전류(I_{qc})를 조절하는 방식이다. 공급 전압은 배터리 전압으로 고정된 상태이다. 이 전력 증폭기의 장점은 기존 단일 모드 전력 증폭기에 비교적 간단

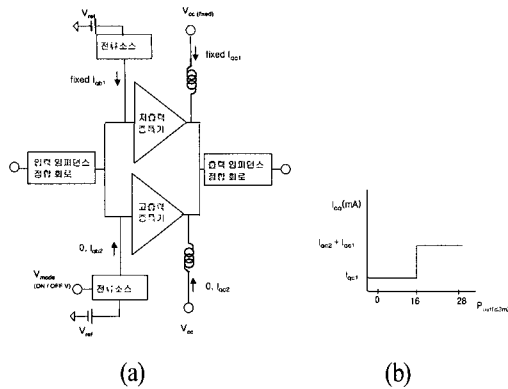
한 2-step 모드 Idle 전류 (I_{qc}) 조절 회로만 추가한 형태라는 점이다. 또한, 저출력 효율을 개선하기 위해 추가한 2-step 모드 Idle 전류(I_{qc}) 조절 회로가 고출력 모드의 RF 특성에 거의 영향을 주지 않는다는 것이다. 단점은 전력 증폭기의 부하 임피던스가 28 dBm의 고출력에 최적으로 설계되어, 고정되어 있기 때문에 저출력 모드에서(출력이 16 dBm 이하) 10% 이하의 비교적 낮은 전력 효율을 보이는 것이다. 저출력 모드의 Idle 동작 전류(I_{qc})는 16 dBm까지 AC-PR을 1.25 MHz off set에서 50 dBc 이상의 선형성을 보장하는 범위에서 결정되어야 한다. 현재 시판되고 있는 이러한 전력 증폭기의 고출력 모드/저출력 모드의 Idle 동작 전류(I_{qc})은 70~110 mA / 45~60 mA 정도이고 이에 따른 전력 이득은 2~3 dB 차이가 난다. 고출력 모드 전력 이득은 28~29 dB, 저출력 모드 전력 이득은 26~27 dB이다.

2-1-2 2-step 모드 소자 분할형 전력 증폭기

2-1-1의 2-step 모드 소자 단일형 전력 증폭기 경우, 저출력 모드와 고출력 모드에서 똑같은 RF 전력 소자를 구동하기 때문에 저출력 모드에서 Idle 동작 전류(I_{qc})가 비교적 큰 편이다. HBT 전력 증폭기를 예를 들면, 이 이유는 비록 저출력시 고출력에 비해 Idle 동작 전류(I_{qc})를 낮추지만 고출력 특성을 위해 사용했던 에미터 면적이 큰 RF HBT를 저출력 모드에서도 선형적으로 동작시킬 수 있는 Idle 동작 전류(I_{qc})를 공급해야 하기 때문이다. 저출력시 Idle 동작 전류(I_{qc})를 더욱 낮추는 방안은 RFMD사의 PA3100 시리즈와 RF3300 시리즈 전력 증폭기를 통해 최근 [그림 3]과 같이 시도되었다^{[2],[3]}. 이 구조에서는 RF 전력 소자의 일부는 항상 ON 되어 저출력 및 고출력 모드 모두에서 동작하고, 나머지 RF 소자는 2-step 모드 전압 스위칭에 의해 고출력 모드에서만 ON되고, 저출력 모드에서는 OFF 된다. 이 경우 고출력 모드에서는 2-1-1의 2-step 모드 소자 단일형 전



[그림 2] (a) 2-step 모드 소자 단일형 전력 증폭기 구조, (b) 출력 전력에 따른 Idle 동작 전류



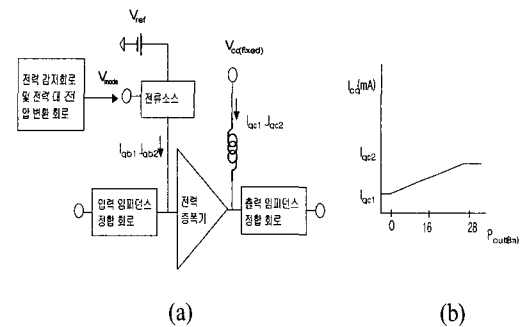
[그림 3] (a) 2-step 모드 소자 분할형 전력 증폭기 구조, (b) 출력 전력에 따른 Idle 동작 전류

력 증폭기와 같이 동작하지만, 저출력 모드에서는 RF 전력소자의 일부만 동작하므로 보다 낮은 Idle 동작 전류(I_{qc})로 RF 전력 소자의 선형성을 확보할 수가 있다. 이때, 고출력 모드의 전체 소자 대 저출력 모드의 분할 소자의 크기 비율은 저출력 모드에서의 전력 이득, 최대 출력 용량, 선형성 등을 고려하여 결정한다. RFMD의 2단 전력 증폭기 PA3100에서는 구동단에서는 2:1, 출력단에서는 5:1 정도로 구현되었다. 이러한 구조의 단점은 저출력 모드시 OFF된 전력 증폭 소자가 ON 상태로 동작하는 전력 소자와 병렬로 연결되어 동작 주파수 대역 내에서 발진 가능성이 높은 Feedback loop를 형성한다는 것이다. 이러한 현상은 800 MHz DCN 대역보다는 1900 MHz PCS 대역에서 더욱 심한데, 이것은 최대 출력을 위해 사용하는 전력 증폭기의 출력단 HBT array 에미터 면적이 주파수 대역에 상관없이 비슷하지만 실제 OFF된 HBT array의 콜렉터-베이스 캐패시터를 통해 feedback 되는 양은 고주파일수록 크기 때문이다. 따라서, 이러한 구조의 전력 증폭기를 설계할 때는 이 점을 고려하여 회로 안정성을 높이는 방안이 도입되어야 한다. 이러한 전력 증폭기의 고출력 모드/저출력 모드의 Idle 동작 전류(I_{qc})는 70~110 mA

/35~50 mA 정도이고 이에 따른 전력 이득은 6~8 dB 차이가 난다. 고출력 모드 전력 이득은 26~28 dB, 저출력 모드 전력 이득은 19~22 dB이다.

2-1-3 아나로그 바이어스 조절형 전력 증폭기

앞서 기술된 2-1-1의 2-step 모드 소자 단일형 전력 증폭기와 2-1-2의 2-step 모드 소자 분할형 전력 증폭기는 출력 전력이 낮을 때 Idle 동작 전류(I_{qc})를 낮추는 방법으로 저출력 모드에서 효율을 개선시켰다. 그러나, 이 두 구조에서 저출력 모드의 Idle 동작 전류는 저출력 모드의 최대 출력인 16 dBm까지 전력 증폭기가 높은 선형성을 확보하도록 결정되는데, 현재 대체적으로 35 mA 이상으로 여전히 높게 소비된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 최근 출력 전력에 따라 전력 증폭기의 Idle 동작 전류(I_{qc})를 아나로그 형태로 조절하는 방식이 도입되었다^{[4],[5]}. 현재 휴대폰용에 실제 적용되고 있는 아나로그 바이어스 조절형 전력 증폭기는 [그림 4]에 나타난 바와 같이, 기존 2-1-1의 2-step 모드 소자 단일형 전력 증폭기를 기본 구조로 하고, 출력에 따라 모드 전압(V_{mode})을 연속적으로 조절하여, 전력 증폭기에 공급되는 Idle 동작 전류(I_{qc})를 연속으로 가변시키는 형태이다. 이 경우 2-1-1의 2-step 모드 소자 단일형 전력

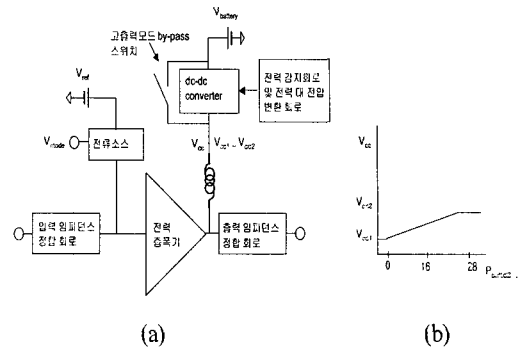


[그림 4] (a) 아나로그 바이어스 조절형 전력 증폭기 구조, (b) 출력 전력에 따른 Idle 동작 전류

증폭기와 달리 16 dBm 출력 이하의 저출력 모드에서도 선형성이 유지되는 범위 내에서 출력에 따른 Idle 동작 전류(I_{qc})를 조절할 수가 있다. 이러한 바이어스 조절용 연속 모드 전압 신호는 baseband 칩 내의 AD converter를 통해 공급받을 수도 있고^[5], 전력 증폭기 자체 MMIC내에 설계된 출력 감지부와 출력 대 전압 변환부를 통해 공급받을 수도 있다^{[6],[7]}. 현재 이러한 아날로그 바이어스 조절형 전력 증폭기의 최소 Idle 동작 전류(I_{qc})는 20 mA 정도이다. 출력에 따른 Idle 동작 전류(I_{qc})의 변화를 통해 전력 이득은 20~28 dB 내에서 연속적으로 변한다. 전력 증폭기 자체 MMIC내에 출력 감지부와 출력 대 전압 변환부를 추가하고자 설계할 땐 온도에 따른 이 회로들의 특성 변화를 줄이는 방안이 요구되어진다.

2-1-4 dc-dc converter를 이용한 공급 전압 조절형 전력 증폭기

dc-dc converter를 이용한 전력 증폭기는 출력에 따라 전력 증폭기의 동작 전압을 조절하여 저출력 모드에서 간단히 효율을 높일 수 있다^{[8]~[11]}. 그러나 dc-dc converter를 사용함으로써 가격 상승과 부피 증가가 발생하므로 실제 휴대폰 전력증폭기 모듈 자체에는 dc-dc converter가 최근까지 거의 적용되지 않았다. 휴대폰의 기능이 다양화됨에 따라 배터리 사용 시간을 늘리기 위해 복수개의 dc-dc converter들을 내장한 PM6650 IC(power management IC) 칩이 향후 몇 개월 내로 휴대폰에 사용될 예정이다. 이 PM6500칩은 휴대폰의 MSM digital 칩, RF transceiver 칩, LED backlight, camera flash 회로 등에 동작 전압을 공급하고, 아울러 전력 증폭기의 효율 개선에도 매우 효과적으로 이용될 전망이다^[12]. 전력 증폭기 출력에 따른 공급 전압 조절의 원리는 [그림 5]에 나타난 바와 같이 전력 감지 회로에서 증폭기의 출력을 감지하고 전력 대 전압 변환 회로에서 이 전력 세기에 비례하



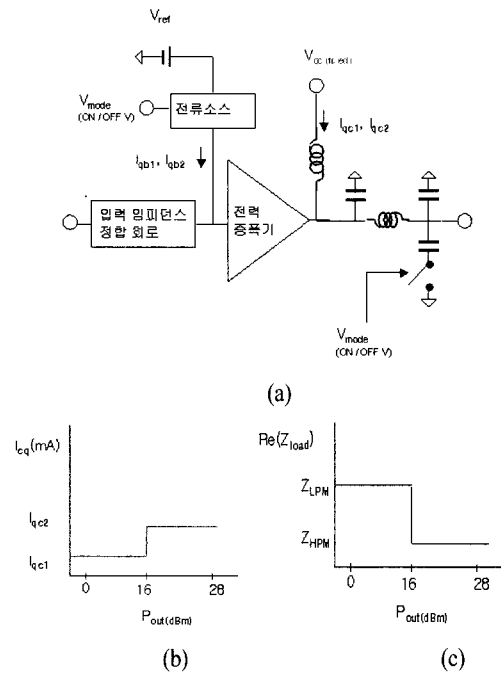
[그림 5] (a) dc-dc converter를 이용한 공급 전압 조절형 전력 증폭기 구조, (b) 출력 전력에 따른 동작 전압

는 전압을 dc-dc converter에 공급한다. 이 전압은 dc-dc converter에서 구동 clock의 duty cycle을 변환시킨다. 이 펄스 폭 변조 신호는 dc-dc converter의 스위치를 구동하고, 배터리 전압 크기의 진폭을 가진 펄스 폭 변조된 신호가 저주파 통과 필터를 통해 전력 증폭기의 dc 동작 전압으로 공급된다. 이때 전력 증폭기에 사용된 dc-dc converter는 buck converter이다. PM6650 경우, 전력 증폭기용 출력 전압은 0.75 V~3.05 V이고, 최대 공급 전류는 300 mA이다. 따라서 공급 전류가 300 mA 이상일 경우, by-pass 스위치를 구동시켜, 전력 증폭기에 배터리 전압을 직접 공급한다. 이 경우, 전력 증폭기의 고출력 모드 효율과 선형성을 그대로 유지하기 위해서는 by-pass 스위치의 ON 저항이 매우 작아야 한다. 그리고 dc-dc converter의 저주파 통과 필터에서 저손실인면서 4.7 uH 정도의 큰 인덕터가 필요한 것도, 현재 가격과 부피면에서 단점으로 지적되고 있다. HBT 전력 증폭기 경우 매우 낮은 출력에서는 공급 전압이 베이스-에미터 접합 turn-on 전압 근방까지 낮아질 수 있으므로, Triquint사에서는 GaAs HBT($V_{be} \approx 1.3$ V) 대신 SiGe HBT($V_{be} \approx 0.6$ V)를 사용하여 저출력 효율을 더욱 개선시키는 노력을 하고 있다^[6]. By-pass 스위

치의 사용과 회로 구성의 간단함을 고려하면, 우선 기존에 개발된 2-step 모드 소자 단일형 전력 증폭기나 아날로그 바이어스 조절용 전력 증폭기의 공급 전압부에 dc-dc converter를 채용할 가능성이 높다. 기존에 기술적으로 성숙해 있는 출력에 따른 전류 조절형 전력증폭기를 고려할 때, dc-dc converter가 실제 휴대폰에 채택된다면 향후 출력에 따라 공급 전류 및 전압을 동시에 조절하는 형태의 전력 증폭기가 급속히 개발될 것으로 판단된다.

2-2 출력 전력에 따른 부하 임피던스 조절형 전력 증폭기

현재 휴대폰에 사용되고 있는 1 W급 전력 증폭기의 부하 임피던스는 대략 3 Ohm 근방으로 매우 낮다. 이는 전력 증폭기에 공급되는 배터리 전압이 3.2~4.2 V로 낮기 때문에 전력 증폭기에서 28 dBm까지의 출력을 높은 선형성을 유지하며 출력시키기 위해서는 전류 소비를 크게 할 수 있는 낮은 부하 임피던스를 택할 수 밖에 없기 때문이다. 이러한 상황에서 현재 휴대폰 전력 증폭기의 기본이라 할 수 있는 2-1-1의 2-step 모드 단일형 소자 전력 증폭기 경우, 출력 28 dBm에서는 효율이 39% 이상이지만, 저출력 모드 경우 16 dBm에서 10% 이하의 낮은 효율을 보인다. 이러한 현상은 2-1-2의 2 step 모드 분할형 소자 전력 증폭기 경우에도 마찬가지다. RF 출력이 매우 작은 0 dB 근방에서는 Idle 전류가 소비 전류와 거의 같기 때문에 효율이 높아지는 점이 있지만, RF 전력에 의해 소모 전류가 증가하는 16 dBm 근방에서는 출력에 따른 소비 전류가 구동되는 HBT의 에미터 면적보다는 공급 전압과 부하 임피던스에 의해 결정되기 때문이다. 따라서 전력 증폭기의 공급 전압이 배터리 전압으로 고정된 상황에서 저출력 모드의 소비 전류를 감소시킬 수 있는 방안은 RF 출력에서 RF 전압 스윙을 높여 고정된 배터리 전압을 충

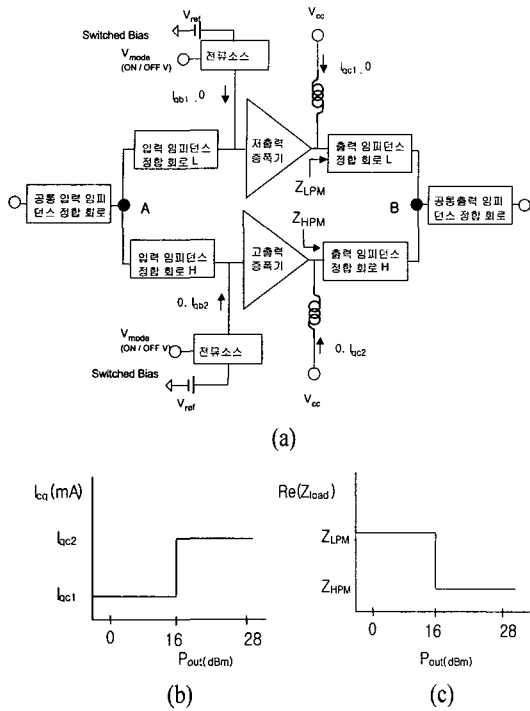


[그림 6] (a) Switchable capacitor를 이용한 부하 임피던스 가변형 전력 증폭기 구조, (b) 출력 전력에 따른 동작 Idle 전류, (c) 출력 전력에 따른 부하 임피던스

분히 활용할 수 있도록 전력 증폭기의 부하 임피던스를 높이는 것이다^{[13][14]}. 이와 관련된 전력 증폭기 구조는 대부분 dual band 전력 증폭기 구조^{[15]~[17]}와 유사하며, 주파수 정합 변환 구조를 임피던스 정합 변환 구조로 전환시킨 형태이다.

2-2-1 Switchable capacitor를 이용한 부하 임피던스 가변형 전력 증폭기

[그림 6](a)의 Switchable capacitor를 이용한 부하 임피던스 가변형 전력 증폭기는 2-1-1의 2 step 모드 단일형 소자 전력 증폭기에 가변형 부하 임피던스의 기능이 추가된 형태로서, 2000년도에 Anadigics사의 Genius PA Module (AWT6115)에 적용되었다. 고출력



[그림 7] (a) Switchable 병렬 2-path 전력 증폭기 구조, (b) 출력 전력에 따른 동작 Idle 전류, (c) 출력 전력에 따른 부하 임피던스

모드에서 스위치가 ON 되어 병렬 캐패시터가 커져 부하 임피던스가 낮아지고, 저출력 모드에서 스위치가 OFF 되어 병렬 캐패시터가 작아져 부하 임피던스가 높아진다^[15]. 간단한 구조가 장점이지만, off-chip 형태의 스위치를 사용하는 번거로움이 있고, 또한 스위치의 ON 저항과 비선형성으로 말미암아 28 dBm의 고출력에서 효율과 선형성이 악화될 소지가 있다.

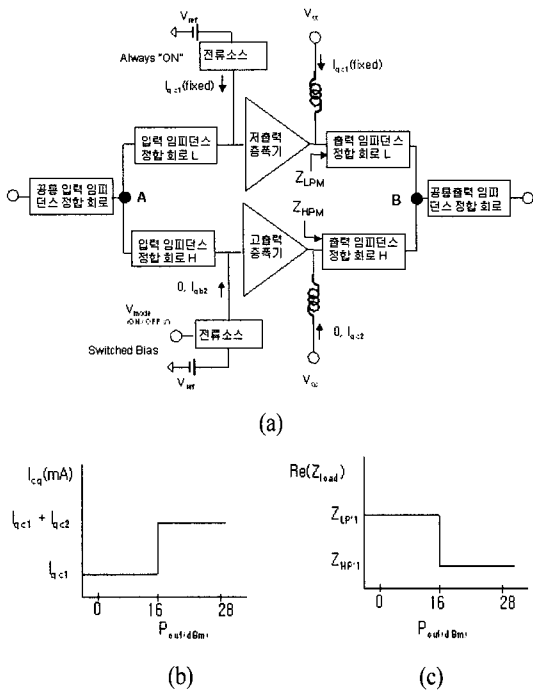
2-2-2 Switchable 병렬 2-path 전력 증폭기

[그림 7](a)의 Switchable 병렬 2-path 전력 증폭기는 고출력 모드 전력 증폭기와 저출력 모드 전력 증폭기를 병렬 형태로 결합한 다음, 모드 스위치를 통해 각 모드에 해당하는 전력 증폭기만 동작하고, 다

른 전력 증폭기는 OFF된다. HBT 전력 증폭기 경우, 일반적으로 전력 증폭기의 OFF는 모드 전압(V_{mode})의 ON/OFF 스위칭을 통해 전류 소스에서 전력 증폭기에 공급하는 전류를 제거하므로 구현된다. 이 구조는 각 모드별 전력 증폭 path(A-B)에 각각의 입출력 임피던스 정합 회로를 포함시킬 수 있으므로 각 모드별 전력 증폭기를 최적으로 구현할 수 있는 장점이 있다. 고출력 모드에서는 고출력 증폭기가 동작하고 이 때, 부하 임피던스는 3 Ohm 근방의 Z_{HPM} 이다. 저출력 모드에서는 저출력 증폭기가 동작하고 이 때, 부하 임피던스는 25 Ohm 근방의 Z_{LPM} 이다. 그러나, 고출력 모드시 출력 전력이 B점에서 OFF된 저출력 모드 전력 증폭기 쪽으로 빠져나가지 않도록 출력 임피던스 정합회로 L을 설계해야 한다. 한 예로, [13]에서는 출력 임피던스 정합회로 L을 공진구조로 설계하여 B점에서 저출력 증폭기를 바라본 임피던스가 매우 높게 하여 고출력 모드에서 두 모드 증폭기간의 출력부 Isolation을 높였다. 그리고 고출력 모드에서 저출력 증폭기가 약하게 OFF되어 있을 경우, A 점이나 B점에서 입력되는 큰 RF 전력에 의해 OFF된 저출력 증폭기 커질 수 있으므로, 고출력 모드시 저출력 증폭기가 매우 강력하게 OFF 되도록 설계되어야 한다.

2-2-3 전력 결합형 병렬 2-path 전력 증폭기

[그림 8](a)의 전력 결합형 병렬 2-path 전력 증폭기는 2-1-2의 2-step 모드 분할형 소자 전력 증폭기와 마찬가지로 고출력 모드 전력 증폭기와 저출력 모드 전력 증폭기를 병렬 형태로 결합한 다음, 저출력 모드에서는 저출력 전력 증폭기만 ON 되고, 고출력 모드에서는 저출력 증폭기와 고출력 증폭기가 동시에 ON 되는 구조이다. 이 구조는 [그림 7](a)의 switchable 병렬 2-path 전력 증폭기에 비해 고출력 모드시 두 전력 증폭기를 동시에 ON 함으로써 RF 소자 활용도를 높이는 이점이 있다. 고출력 모드시 ON된 두



[그림 8] (a) 전력 결합형 병렬 2-path 전력 증폭기 구조, (b) 출력 전력에 따른 동작 Idle 전류, (c) 출력 전력에 따른 부하 임피던스

전력 증폭기의 RF 출력 전류가 B점에서 결합되어 공통 출력 임피던스 정합회로로 전달될 수 있도록 두 전력 증폭기의 입출력 임피던스 정합 회로간 (A-B)에 위상 균형을 잘 형성해야 한다. [14]에서는 입력단엔 1/4 파장 커플러, 출력단엔 1/4 파장 임피던스 변환회로를 형성하여 위상 균형을 구현하였다. 실제 전력 증폭기 모듈에 적용되기 위해서는 보다 compact한 입출력 임피던스 정합 회로가 요구되어 진다.

III. 결론 및 향후 전망

CDMA 전력 증폭기를 중심으로 최근 진행되고 있는 고효율 기술 동향을 간략히 소개하였다. 출력

크기에 따라 전력 증폭기에 공급되는 dc 전류 및 전압을 조절하거나, 또는 RF 출력 크기에 따라 전력 증폭기 출력부 부하 임피던스 정합을 조절하는 형태로 분류하고 회로 구조와 원리를 설명하였다. 전력 증폭기의 고효율 기술 개발은 앞에서 언급한 기술들의 복합적 형태로 진행될 것이다. 출력 전력에 따라 공급 전류 및 전압을 동시에 연속적으로 조절하는 구조나, 부하 임피던스 조절은 2-step으로 하고 출력에 따라 공급 전류 및 전압을 연속적으로 조절하는 구조의 전력증폭기가 점차 개발될 것으로 전망된다. 더불어, 앞으로 휴대폰을 통해 동영상과 같은 고속 data전송의 빈도가 매우 커질 것을 예상하면 선형화와 효율을 동시에 높은 수준으로 만족시키는 전력 증폭기에 대한 요구가 커질 것으로 전망된다.

참 고 문 헌

- [1] T. Fowler, K. Burger, N.-S. Cheng, A. Samelis, E. Enobakhare and S. Rohlfing, "Efficiency Improvement Techniques at Low Power Levels for Linear CDMA and WCDMA Power Amplifiers", *IEEE RFIC Symposium Digest*, pp. 41-44, 2002.
- [2] PA3100 Series Device Specification(Preliminary information), 80-V1186-1X3, Dec. 14, 2000.
- [3] RFMD3300-3 data sheet, Rev A3 020129.
- [4] SKY77147 data sheet, Skyworks, Mar. 7, 2003.
- [5] Skyworks, Next Generation Power Amplifier Talk Time Consideration, Skyworks 내부 기술 문건, Feb. 2003.
- [6] TriQuint Semiconductor, Ind., Next Generation PA module Challenges and Opportunities, TriQuint 내부 기술 문건, Feb. 2003.
- [7] RFMD, Ind., Apollo CDMA PA Module Series, RFMD 내부 기술 문건, Apr. 2003.
- [8] G. Hanington, P. F. Chen, V. Radisic, T. Itoh and

- P. M. Asbeck, "Microwave Power Amplifier Efficiency Improvement with a 10 MHz DC-DC Converter", *IEEE MTT-S Digest*, Jun. 1998.
- [9] US patent 6148220, TriQuint Semiconductor, Ind.
- [10] US Patent 6163706, Conexant Systems, Ind.
- [11] K. Yang, G. I. Haddad and J. R. East, "High-Efficiency Class-A Power Amplifiers with a Dual-Bias-Control Scheme", *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. 47, no. 8, pp. 1426-1432, Aug. 1999.
- [12] PM6650 IC manual.
- [13] Joon H. Kim, Ji H. Kim, Y. S. Noh, Y. S. Kim, S. G. Kim and C. S. Park, "An MMIC Smart Power Amplifier of 21 % PAE at 16 dBm Power Level for W-CDMA Mobile Communication Terminals", *GaAs IC Symposium*, 2002.
- [14] S. Bae, J. Kim, I. N. Nam and Y. Kwon, "Bias-Switching Quasi-Doherty-Type Amplifier for CD-MA Handset Applications", *IEEE MTT-S Digest*, Jun. 2003.
- [15] US patent 5774017, Anadigics, Ind.
- [16] US Patent 6078794, Motorola, Ind.
- [17] US papent 6043721, Motorola, Ind.

≡ 필자소개 ≡

박 공 만



1982년 02월: 서울대학교 전자공학과 (공학사)

1984년 02월: 한국과학기술원(KAIST) 전기 및 전자공학과 (공학석사)

1995년 08월: 한국과학기술원(KAIST) 전기 및 전자공학과 (공학박사)

1997년 03월: LG이노텍(주) 연구소 전문

화 그룹장

2000년 03월: LG이노텍(주) 연구소 기술전략실장 (임원선임/연구위원)

2001년 02월: LG이노텍(주) 기술전략담당

2001년 09월~현재: LG이노텍(주) 부품연구소장

[주 관심분야] 마이크로파 및 밀리미터파 부품, 레이더, 차량 충돌방지 시스템