

이동통신용 전력증폭기 신기술 개발현황

웨이브일렉트로닉스 박천석

이동통신용 고출력 증폭기의 최근 기술동향

2004. 11.

웨이브일렉트로닉스

1



목차

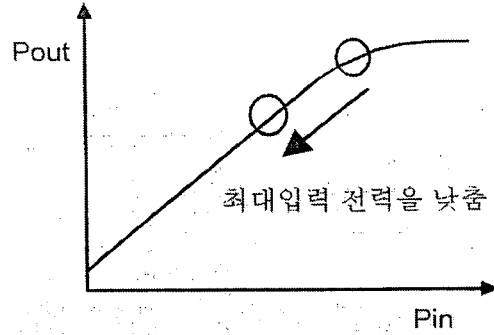
- * 전력 증폭기의 선형화 기법
 - * Back off method
 - * Analog Predistortion
 - * Feedback
 - * Feedforward
- * 전력증폭기의 최근 기술 발전 방향
- * 고효율 증폭기
- * Digital Predistortion 증폭기
- * 고효율 증폭기와 F/F 방식의 조합
- * 선형화 방식에 따른 비교

2



전력 증폭기의 선형화 기법

Back off

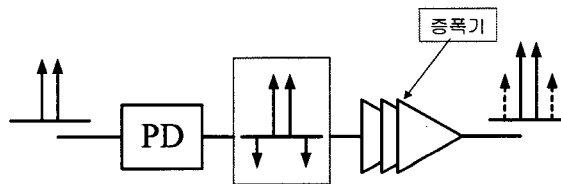


- 사용하고자 하는 전력보다 큰 증폭기를 사용하여 입력 전력을 낮추어 사용하는 방식. 증폭기는 낮은 출력에서는 선형적으로 동작하는 특징을 이용한 것, 효율이 낮음

3



Analog PreDistortion

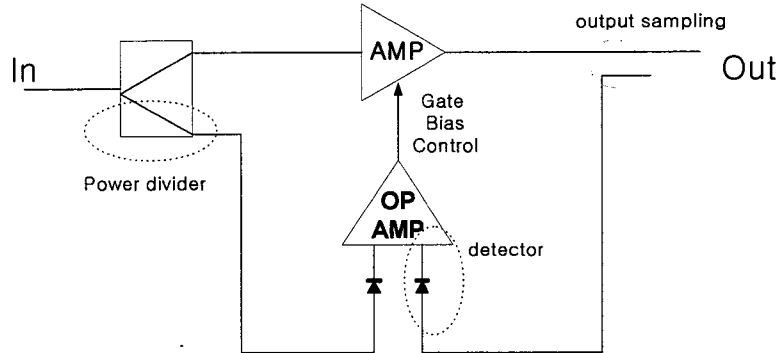


- 증폭기 전단의 전치 왜곡기(PD)에서 적절한 크기와 위상을 가지는 비선형 신호를 생성하여 증폭기의 비선형 성분을 상쇄하게 하는 방식이다.
- 회로가 단순하며, 가격이 저렴하다.
- PD에서 생성한 비선형신호와 증폭기에서 발생하는 비선형 신호성분이 동일하지 않아 선형화 성능이 제한적임.
- 신호의 주파수 성분에 따른 IMD 특성이 일정하지 않아 이를 일률적으로 보상하기 어려움 (memory effect 에 의해 제한적 => 신호의 대역폭에 제한을 받음)

4



Feed Back method

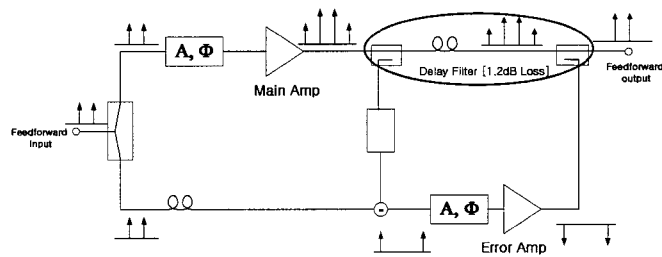


- 입력신호와 출력신호를 detection하여 입출력의 이득이 감소하는 것을 monitor하여 능동소자 (BJT, FET, HEMP, HBT)의 게이트나 드레인의 전압을 바꿔주어 이득이 일정하도록 보상해 주는 방식
- 이 방식은 기본적으로 feed back 신호와 출력 신호사이의 delay차가 있기 때문에 성능 개선에 한계가 있다.

5



Feed Forward linear 증폭기



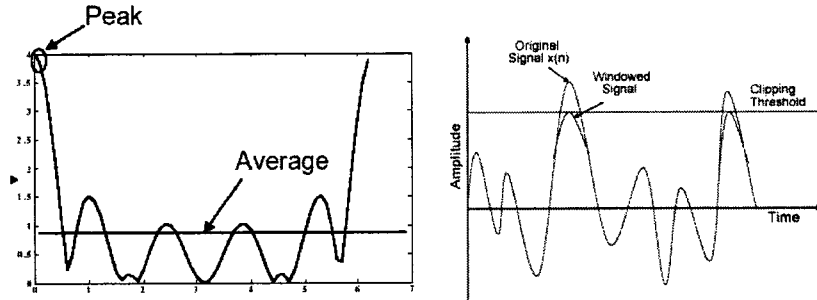
- Main Amp의 출력 신호를 Coupling하여 Error 신호를 만들고 크기와 위상을 적절히 조절하여 Main Amp의 비선형 성분을 상쇄하게 하는 방식임.
- Main Amp에서 발생한 비선형 성분을 그대로 활용하여 선형화 하는 방식으로 선형화 특성이 우수함.
- 선형화 특성이 우수하여 광대역, 고출력 증폭기에 사용하고 있음.
- 회로가 복잡하며, 효율이 떨어짐, 가격이 높음

6



전력 증폭기의 최근 기술 발전 동향

- 저가: Crest Factor Reduction => 증폭기의 급을 낮춤
- 고효율: doherty 기법 등 => 저전력 => System size 줄임

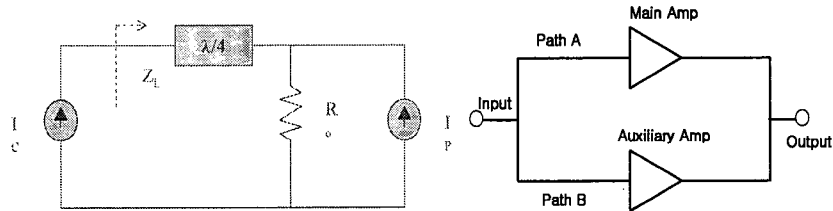


- PAR = Peak to Average Ratio = P_{peak}/P_{signal_av}
- 보통 0.01 % 에너지 기준으로 PAR을 정의
- CRSET FACTOR = $|V_{signal_peak}|/|V_{signal_avg}|$
- PAR 이 크면 클수록 증폭기의 back off 를 많이 줘야 하므로 가격 상승
- 신호의 Crest Factor 를 줄여 => 증폭기의 급을 내림 => cost reduction

7



Doherty 증폭기의 원리



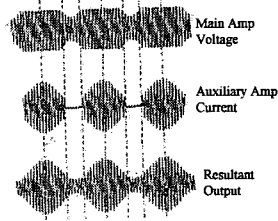
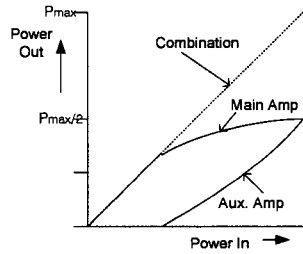
$$Z_{c,n} = \frac{2R_o}{1+\alpha} \quad (0 \leq \alpha \leq 1)$$

- Doherty 증폭기의 기본적인 구성은 Main Amp와 Auxiliary Amp로 되어 있다.
- Doherty 증폭기는 Input신호의 Level이 적은 경우 Main Amp만 동작하게 되고, Input 신호 Level이 증가 되면 Auxiliary Amp가 동작하게 된다.

8



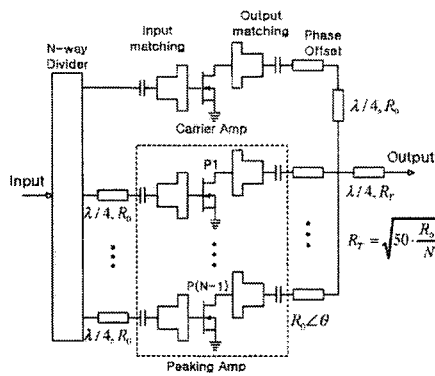
Doherty 증폭기의 원리



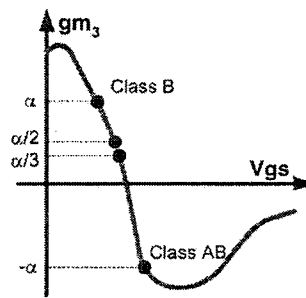
• Power 에 따른 동작 원리

• 시간 영역에서의 분석

고효율 증폭기 - Doherty Amplifier

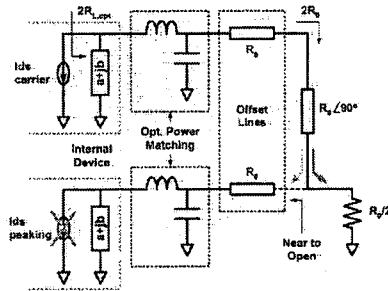


N-way Doherty 증폭기 회로도

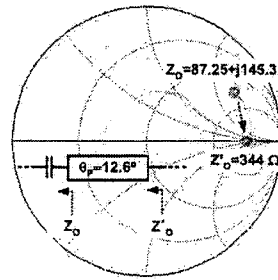


Gate Bias에 대한 gm3 특성

고효율 증폭기 - Doherty Amplifier



부하 임피던스 변조 관련 간략한 회로도

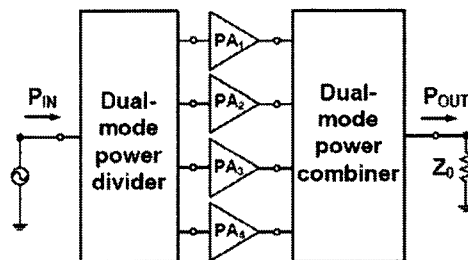


Offset Line을 적용한 출력 임피던스 변환

11



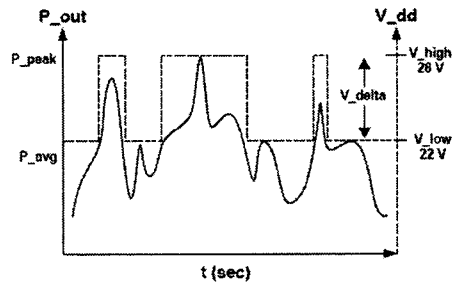
Dual Mode Power Amplifier 구성



12



Efficiency Enhancement by Dynamic bias switching



고효율 증폭기와 F/F 기법을 결합한 증폭기

High Efficiency Feed forward AMP. (RF PD + Doherty)

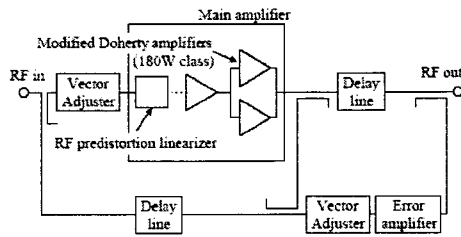


Fig. 5 The equivalent circuit of the overall feed-forward amplifier

High Efficiency Feed forward AMP. (RF PD + Doherty)

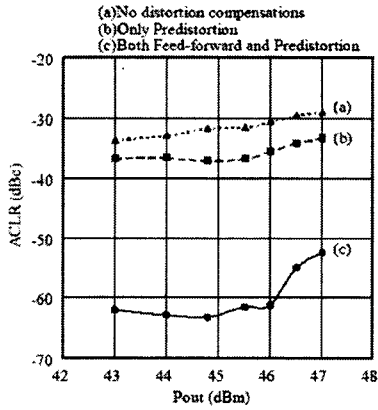


Fig. 8 The measured ACLR versus Pout of the developed feed-forward amplifier

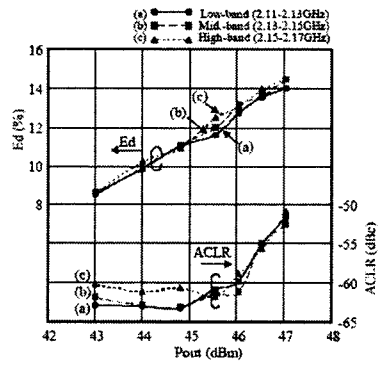


Fig.9 The measured frequency characteristics of Ed and ACLR of the developed feed-forward amplifier 3GPP test model-1, 2tone test. 32-multiplexed signal, Room temp. of +25deg.C B/W=3.84MHz. PAR=6.4dB(@0.01%)

Dynamic Switching 기법 + FF

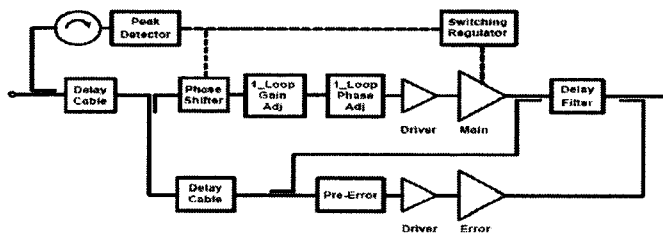


Fig. 3. Block diagram of Feedforward system.

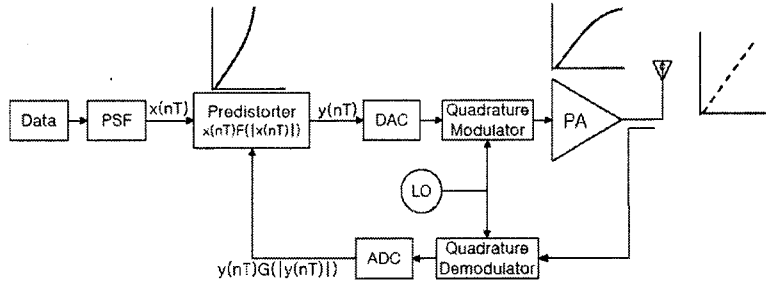
TABLE 1

COMPARISON OF BASELINE AND ENHANCED FFPA SYSTEM

Status	RF Power	Supply Voltage	Supply Current	DC Power	Efficiency
Baseline	32 W	28 V	10 A	280 W	11.4 %
Enhanced	32 W	22 V 6 V	10 A 4 A	220 W 24 W	13.1 %

Digital Predistortion Amplifier

구조 및 원리



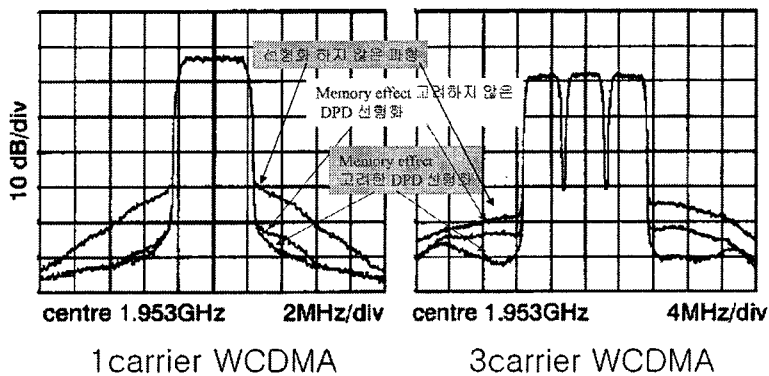
$$x(nT) = x(nT) * F(|x(nT)|) * G(|x(nT) * F(|x(nT)|)|)$$

- Tuning이 필요 없음
- Adaptive algorithm 채택으로 앰프 특성 변화에 강인함
- 상대적으로 저렴하고 효율이 높음 (15% 이상)

17



DPD 증폭기와 Memory effect



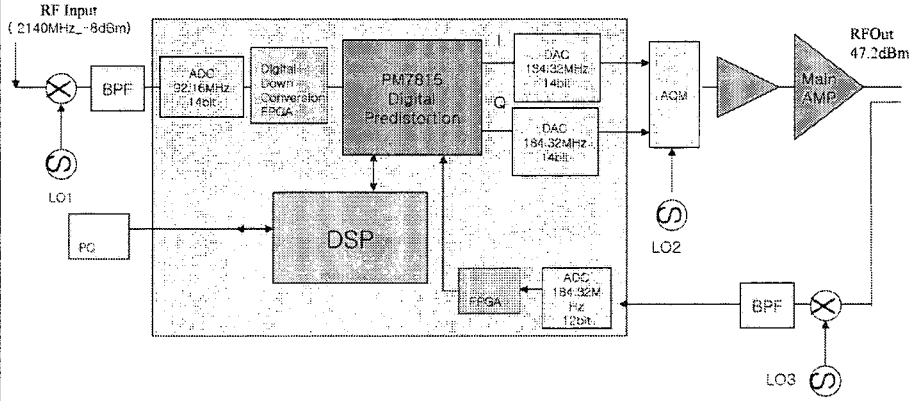
Memory Effect 개선 방법

- 1 : DPD algorithm 에 memory effect 고려한 predistorter 사용.
- 2 : HPA 자체의 memory effect 를 감소시킨다.

18



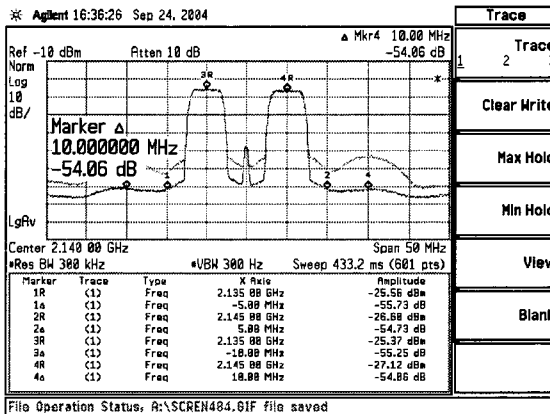
Digital Predistortion Amplifier – (RF interface) 기구편



19



Test 결과 2FA-52watt No clipping



52watt
 64DPCH_2FA
 MHA21190 x2
 设置 = 13.6%
 HPA : 12A x27V
 UDCU+DPD = 1.6A x 27V

20



DPD 증폭기와 F/F 증폭기의 비교

	Main Amp	Drive Amp	Error Amp	Digital B'd / UDCU	기 타	전류 합계	효율
기존 F/F LPA (A)	19.5	3	3		0.5	26	8.5%
고효율 F/F LPA (A)	11.5	3.5	3		0.5	18.5	12.0%
DPD (A)	11	2.5		1.5		15	14.8%
DPD (Doherty적용시)	8.6	2.8		1.5		12.9	17.2%

선형화 방식에 따른 비교

효율적 측면

- 고효율 증폭기(Doherty)를 적용하면 기존의 F/F 방식에서 29%정도의 효율 개선이 가능하다.
- DPD 방식을 적용하면 기존의 F/F 방식에서 43%정도의 효율 개선이 가능하다.
- Clipping을 적용하여 CFR을 낮추면 추가적인 효율 개선이 가능하다.
- DPD방식과 Doherty Amp를 결합하여 구현하면 추가적인 효율개선인 될 것으로 예상됨.