비선형 증폭기의 선형화를 위한 다항식 기반의 사전왜곡 기법

정 의 림, 최 성 호, 오 영 석, 이 용 훈
한국과학기술원 전자전산학과 전기 및 전자공학 전공
yohlee@ee.kaist.ac.kr

Polynomial-Based Digital Predistortion for Linearizing Nonlinear Amplifier

Eui-Rim Jeong, Sungho Choi, Youngseok Oh, and Yong H. Lee
Division of Electrical Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST)

요 약

비선형 전력 증폭기 (PA; power amplifier)의 선형화를 위한 새로운 사전왜곡 (PD; predistortion) 기법이 제안된다. 제안된 기법의 사전왜곡기 (predistorter)는 복소수의 계수를 갖는 다항식으로 구성되며, 계수들은 회귀 최소 자승 (RLS; Recursive least squares) 기법에 의해 갱신된다. 제안된 사전왜곡 기법은 기존 간접학습구조 (indirect learning architecture)의 다항식 기반 사전왜곡 기법과 비슷한 성능을 가짐에도 그 구조에 있어서는 더 간단하다. 또한, 컴퓨터 모의 실험은 제안된 기법이 기존 간접학습구조 기법에 비해 사전왜곡기의 초기 탭 계수에 강인함을 보여준다.

I. 서론

이동 통신 환경에서 높은 주파수 효율이 요구됨에 따라 전송신호는 높은 PAR (peak to average ratio)를 가지는 경향이 있으므로, 전력 증폭기의 선형화는 중요한 문제로 부각되고 있다. 이중에서 널리 쓰이는 선형화 기법은 비용 면에서 매우 효율적인 기저대역 디지털 사전왜곡기이다.

지금까지 여러 가지 디지털 사전왜곡 기법이 제안되었는데, 이들은 LUT (look up table) 기법 [1]-[4]과 다항식 기반 기법 [5]-[7]으로 분류될 수 있다. LUT 기법은 부분 선형 함수들의 집합으로 비선형 사전왜곡기 특성을 구현하는 기법이다. LUT 기법의 가장 큰 문제점은 LUT 크기에 비례하는 긴 수렴 시간이다. 반면 다항식 기반 기법은 몇 차의 차수를 가진 다항식으로 사전왜곡기를 나타낸다. 이 기법은 LUT 기법에 비해 빠른 수렴 특성과 더 좋은 성능을 보인다. 더욱이 메모리 효과를 가진 광대역 전력 증폭기 (wideband PA)로의 확장이 용이하다[8]-[9]. 대부분의 다항식 사전왜곡기의 계수들은 간접학습구조에 의해 효과적으로 구해진다[6]-[9]. 여기서 계수 획득은 되먹임 (feedback)루프의 사후왜곡기 (*postdistorter* or training block) 에서 이루어지고, 획득한 계수들이 앞으로먹임 (feedforward)루프의 실제 사전왜곡기에 복사된다. 하지만 이러한 간접 학습구조의 문제점은 앞으로 나오게 될 내용처럼 사전왜곡기의 초기 탭 계수 값에 매우 민감하다는 것이다.

본 논문에서는, 새로운 다항식 기반 사전왜곡 기법이 개발되었다. 제안된 기법은 되먹임 루프의 사후왜곡기 없이 앞으로먹임 루프에서 직접 사전왜곡기 다항식을 조정해 나간다. 제안된 기법은 메모리 효과가 없는 증폭기에서 유도되며, 컴퓨터 모의 실험을 통해 제안된 기법이 간접학습구조에 비해 초기 탭 계수에 강인함을 보인다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서 제안된 사전왜곡 기법의 구조가 소개되며, 3절에서 제안된 알고리즘이 유도된다. 그리고 4절에서 모의 실험 결과를 보인다.

II. 제안된 사전왜곡 구조

그림 1은 간접학습구조 [7]-[9]에 기반한 기법과 제안된 기법의 사전왜곡 구조 비교 그림이다. 그림 1-(a)의 간접학습 구조는 사전왜곡기와 전력 증폭기를 잇는 연결 (*predistorter*-PA)에서보다는 전력 증폭기와 사후왜곡기를 잇는 연결 (PA-*postdistorter*)에서의 선형화를 통해 사후왜곡기 매개변수를 적응적으로 구해낸다. 구해진 계수들은 매번 [7] 혹은 가끔 [9] 사전왜곡기 블록으로 복사된다. 간접학습구조는 그림 1-(a)에서 $\xi(n)$를 최소화하는 것이다. 만약 사전왜곡기의 초기 탭 계수값이 적응 알고리즘 (adaptive algorithm)에서 일반적으로 사용되는 0으로 설정되면, 사전왜곡기의 출력신호는 0이고 결국 전력 증폭기의 출력 또한 0이다. 이 경우에 $\xi(n)$값이 항상

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 육성·지원사업의 연구결과로 수행되었음.