

디지털 사전왜곡기를 이용한 아날로그 레이저 변조 선형화에 관한 연구

Linearization of Analog Laser Modulation using Digital Predistorter

홍승모, 김종훈

송실대학교 정보통신전자공학부

Seungmo Hong, Chonghoon Kim

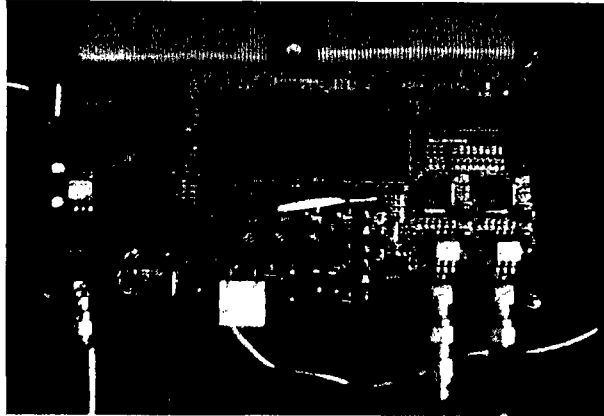
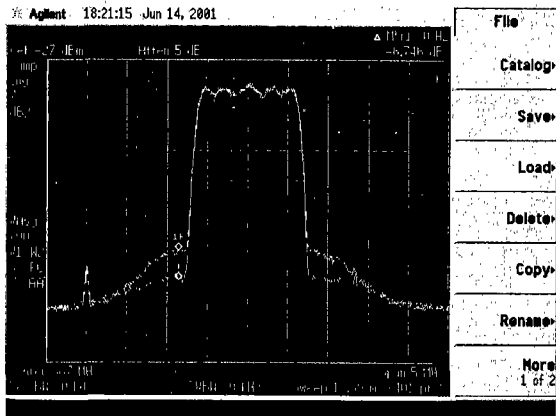
School of Electronic Engineering Soongsil University

alex72@hanmail.net

CATV는 세분된 시청자를 대상으로 전문화된 프로그램을 제공하는 narrowcasting으로서 여러 가입자가 통신채널을 공동 이용하므로 다수 가입자가 동시 사용할 때 전송 시 인접채널간의 간섭이 생겨 고화질의 다 채널 전송이 어렵게 되며 한편으로 아날로그 광 증계기 시스템에서도 기지국으로부터 받은 CDMA RF 신호를 광신호로 변환하여 전송부분과 광 신호를 받아 다시 CDMA신호로 변화하여 송출하는 부분으로 구성되어 있어 전송 시 채널간의 간섭으로 인하여 통화품질이 떨어지게 된다.

즉 시스템에서 사용되는 고출력증폭기의 비 선형 특성으로 인해, 시스템의 송신 신호는 심각한 비 선형 왜곡을 겪게되고 이는 결국 시스템의 성능을 크게 악화시키는 요인으로 작용한다. 이러한 고출력 증폭기의 비 선형성은 출력 신호 레벨을 선형 영역으로 충분히 backing-off 시킴으로서 감소시킬 수 있다. 그러나 이는 송신 신호의 출력을 과도하게 감소시키게 되어 결국 fade margin을 감소시키는 결과를 가져온다⁽¹⁾. 시스템에서 증폭기에 의한 비 선형 왜곡을 보상하기 위한 방법으로 다양한 방법이 있지만 비 선형 왜곡의 근원이 송신단에 있으므로 본 논문에서는 송신단 Baseband 디지털 부분에서 사전 왜곡기(predistorter)를 사용하는 방법을 사용하였다. 즉 다양한 진폭 레벨의 입력 신호와 이에 대한 사전 왜곡기 출력 신호의 매핑을 LUT(look up table) 형태로 오프라인에서 소프트웨어적으로 구한 후 이를 하드웨어 메모리에 저장하여 이용하는 방식으로 구현하였다. 최근 들어 디지털 기술의 발전으로 인해, 디지털 처리하는 선형화 기술이 우수한 성능과 저렴한 가격 등으로 인해 크게 각광을 받고 있다. 본 논문에서는 FPGA, RAM등을 이용하여 디지털 선형화 모듈 하드웨어를 구현하였다. 따라서 본 논문에서는 하이퍼브릭 탄젠트 모델링에 기반한 디지털 사전 왜곡기를 하드웨어적으로 직접 구현 아날로그 광 변조를 통해 다시 광 검출기를 거쳐 analog RF신호의 비 선형 왜곡을 보상하는 성능을 검증하였다. 이를 위하여 디지털 Baseband 부분에 Xilinx사의 Sparatan2(xc2s200) 디바이스 사용하였고, ADC(analog to digital) AD6644AST 사용하였으며 DAC(digital to analog) AD9857를 이용 FPGA board를 실제 구현하였다⁽²⁾. 더불어 Baseband 디지털 신호를 셀룰라 CDMA 대역으로 올리기 위해 UPC(up converter) 사용하였고, 충분한 IMD성분을 만들기 위해 광 모듈 앞단에 Pre-amplifier를 사용하였으며, 광 변조를 위해 LD/광 검출기 PD사용하였다. 디지털 보드로 Feedback신호를 들여보내기 위해 DNC(down

converter) 통해 IMD 선형화 실험을 하였다. signal source로 agilent E4432B CDMA신호를 사용하였다. 다음은 구현된 FPGA 모듈 및 LD 증폭된 출력 신호와 알고리즘 적용 후 신호



레이저 모듈에서 사용되는 레이저 다이오드를 통해 입력 신호를 높이면 신호를 고출력 증폭기의 비선형 포화 영역에서 생기는 비선형 왜곡과 같은 현상이 발생하여 이를 알고리즘을 적용 -6.7dB를 보상하였다. SFDR(spur-free dynamic range) $SFDR = 2/3 (IIP3_{dBm} - noise_{channel, dBm})$

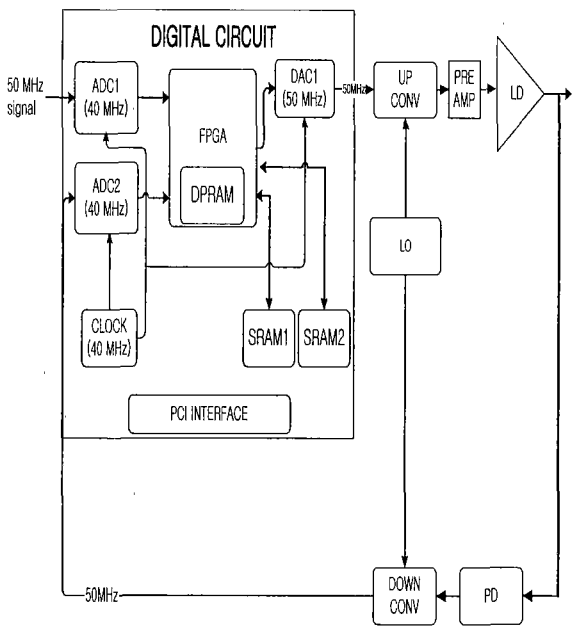


그림 : FPGA 및 RF block.

$$SRDR = 2/3 (IIP3_{dBm} - EIN_{dBm/Hz} - 10 \log BW)$$

위 식에서 The third order 값을 계산 IMD 값을 산출하여 CDMA 신호를 사용하여 S/N 약 35 dB IMD를 10dB이상 발생시켜 사전 왜곡기를 이용하였다. 옆 그림은 실험 Block도를 나타낸 그림이다. 본 논문에서 디지털 사전 왜곡기 성능을 검증할 레이저 모듈에 실제 적용 test 그것의 성능 검증을 실험을 통해 실행하여 CDMA 신호를 약 -6.7dB 보상을 하였다. CDMA 신호를 광 변조하여 광선로를 전송 수신단 PD를 통한 디지털 사전 왜곡기를 이용 비 선형 왜곡보상을 하는 실험을 계속적으로 하면서 데이터를 채취 보다 더 효과적으로 보상하는 연구가 남아있다.

1) G. Karam and H. Sari, "Analysis of predistortion, equalization, and ISI cancellation techniques in digital radio systems with nonlinear transmit amplifier," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 37, no. 12, pp. 1245-1253, December 1989.

2) 김형호, 임성빈, 김중훈, 신요안 "이동통신용 고출력 증폭기를 위한 적응사전왜곡기의 설계". 2000년도 제 13회 신호처리합동학술대회 pp.573~576

FD