

# 퍼지제어기를 이용한 CDMA중계기의 최적동작점 결정

## Decision making for CDMA HPA Bias used Fuzzy Logic Controller

\*김성식, \*홍광진, \*조현찬, \*오창현, \*\*김두용, \*\*\*이규영

\*한국기술교육대학교 정보기술공학부, \*\*순천향대학교 정보기술공학부, \*\*\*㈜VSWR

\*Sung-Sik Kim, \*Kwang-Jin Hong, \*Hyun-Chan Cho, \*Chang-Heon Oh

\*\*Doo-Yong Kim and \*\*\*Kyu-Young Lee

\*School of Information Technology Eng. Korea University of Technology and Education .

\*\*Division of Information Technology Eng. Soon Chun Hyang University.

\*\*\* VSWR Inc. Co.

E-mail : [wait-lu@mail.kut.ac.kr](mailto:wait-lu@mail.kut.ac.kr)

### ABSTRACT

Generally, the repeater in CDMA(Code Division Multiple Access) included HPA(HI-Power Amplifier) to amplifier communication signals. Also, HPA contained PD(Predistorter) to maintain the linearization of amplifier characteristics. A configuration component of PD have been used electricity nonlinear devices such that diode. But this diode takes many influences at the circumstance temperature. Consequently, it can't maintain output linearization, and drop the communication quality. The manufacturer set bias of the circuit to the manual at the first out of ware-house low. But the Q-point changes according to the change of the high temperature or low temperature. Therefore, we designed a system to maintain the Q-point by FDM(Fuzzy Decision Maker) in this paper.

**Key words** : PD(Predistorter), HPA, The third harmonic-wave, FDM(Fuzzy Decision Maker)

### 1. 서 론

CDMA와 관련하여 CDMA 및 주변 기술은 상당한 발전을 보여주고 있다. 그러나 CDMA 중계기에 있어서 핵심 역할을 하고 있는 것 중의 하나가 HPA인데, 여기에 two-tone의 CDMA 입력신호가 HPA를 통과하여 증폭되던 비선형소자(Transistor, Diode 등)들의 특성상 왜곡을 일으키게 된다.[1] 즉, 출력에 Harmonic을 발생시키며, 그 중에서도 BPF(band Pass Filter)로도 제거가 되지 않는 제3고조파(3rd IMD) 성분은 CDMA와 같은 광대역 디지털 변조방식에서 치명타를 안겨준다. CDMA의

광대역 채널 안에서, 굉장히 많은 주파수 tone 들을 한꺼번에 처리 하다보면 내부적으로 수많은 3rd IMD항들이 하나의 band를 이루면서 아주 위험한 잡음군을 형성하게 된다. 즉, 통화용량과 품질을 크게 떨어뜨리는 요소가 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 Harmonic Termination을 하는 방법에는 FeedForward, Negative-Feedback, Predistortion type 등이 있다.[2] 본 논문에서는 이들 방법중 CDMA에 이용되는 Predistortion type의 선형화 방법과 문제점에 대해 제시하고 이를 해결하기 위한 FDM 모델을 제시하고자 한다.

## 2. 문제설정

서론부에서 설명한 선형화 방법중 Diode를 이용한 Predistortion 방식은 HPA의 비직선 특성인 진폭의 감소와 위상의 지연 왜곡을 보상해 주기 위해 입력 신호를 역의 왜곡 성분으로 만들어 주어 HPA에서 생기게 될 왜곡 성분을 상쇄시키는 방법을 의미한다. 이 방법은 비교적 간단한 회로로 구성되고 작은 size와 높은 가격 경쟁력을 갖고 있기 때문에 업계에서 많이 사용되고 있다.[3]

그러나, 현재 개발된 Predistortion type의 가장 큰 문제점은 전치왜곡성분을 생성하는 값이 고정되어 현장에 설치되었을 때 다이오드 소자의 특성상 환경적 요인에 대해 능동적인 동작이 불가능한 것이 단점이다. 다시말해서, 현재 PD(Predistorter)회로와 결합된[4] HPA 제품의 경우 제품 출하시에 HPA의 왜곡 출력 신호에 맞는 역의 왜곡 신호성분을 PD회로에서 설정을 하여 출고하게 된다. 그러나, 제품이 설치되는 곳의 온도가 변하면 HPA의 출력 파형이 변화하게 되는데 PD부분의 역 왜곡 입력파형값을 자동으로 조절해주지 못하기 때문에, 결국 통화의 용량과 품질의 저하를 가져오게 된다.

퍼지이론은 HPA의 비선형 특성을 정확하게 모델링 하지 않고 경험적 지식을 퍼지소속 함수와 퍼지 규칙 베이스를 구성하여 언어적 제어전략을 효과적으로 구현할 수 있으므로 HPA의 선형성의 효율을 높일 수 있다. 본 연구는 Fuzzy Logic을 이용하여 Predistorter의 왜곡성분을 능동적으로 적응하게 하여 기존 Predistorter의 단점을 보완 할수 있는 FDM 시스템 개발이 목적이다.

## 3. 지능형 최적 동작점 결정기

전체 회로와 하드웨어 구성은 그림1과 그림2를 참고하여 보면 Predistorter 에서 출력부(Vpd)의 전압값과 Thermistor의 전압값을 FDM의 입력으로 하고, FDM의 출력을 HPA의 입력으로 넣는다. 다시 말해서, Predistorter에서 나온 출력전압과 HPA의 Ther-

mistor에서 나온 전압을 FDM의 입력으로 하고 이를 A/D Converting 하여 퍼지 프로그래밍한 PIC chip의 입력으로 연결한다. 퍼지 로직에 의해 Control된 출력을 D/A Converting 하여 HPA에 다시 입력시킨다.

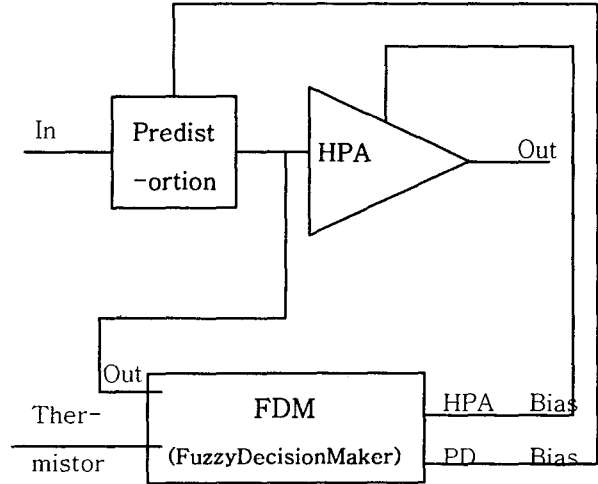


그림 1. 시스템의 전체 구성도

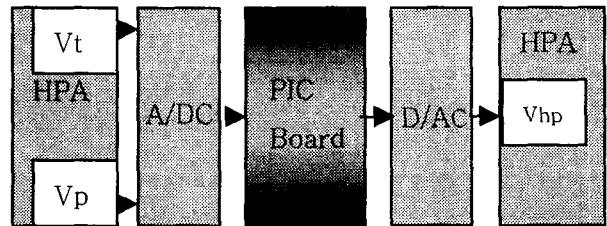


그림 2. 하드웨어구성

## 4. 실험 및 시뮬레이션

HPA의 입력 공급원으로서 그림3의 CDMA Generator를 이용하여 중심주파수 870Mhz, -10dB인 신호를 입력하였다. 그리고 그림4의 스펙트럼 분석기를 이용하여 HPA의 출력 특성을 확인하였다. 실험을 위한 측정에서 스펙트럼 분석기를 보호하기 위해 출력신호 감쇄기인 Attenuator를 연결하였다.[5]

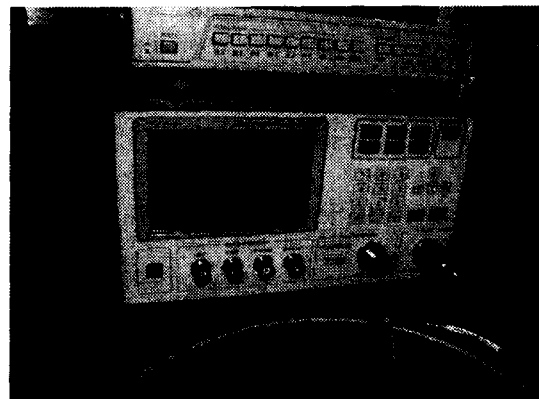


그림3. CDMA Generator

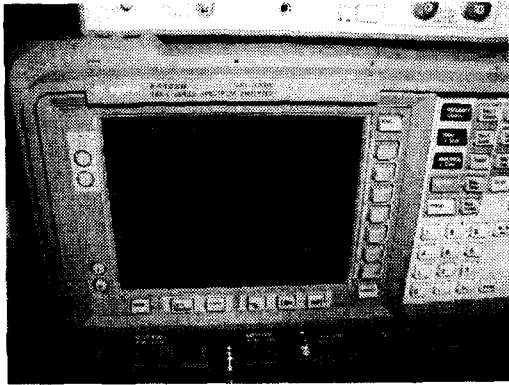
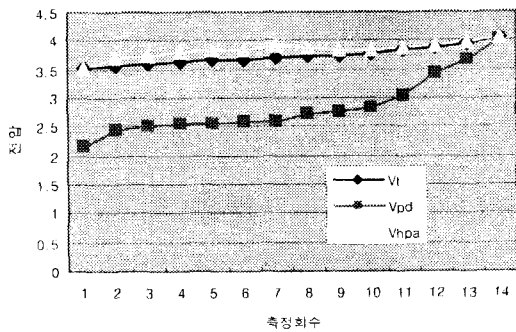


그림4. 스펙트럼 분석기

그림4의 제3고조파성분(IMD3)이 최소가 되면서 출력이 떨어지지 않고 유지되는 파형이 관측 되었을 때의 Vpd 값과 Vt 값을 기록하고, 또한 그 때의 Vhpa 값을 기록하였다.

측정값 그래프



그래프1. 온도변화에 따른 최적동작점 측정

그래프1의 측정결과를 토대로 적응형 FDM을 프로그램으로 구성하였다. 퍼지화기는 이등변 삼각형법을 따랐고, 근사추론은 Mamdani의 Max-Min법을 이용하였다. [6]

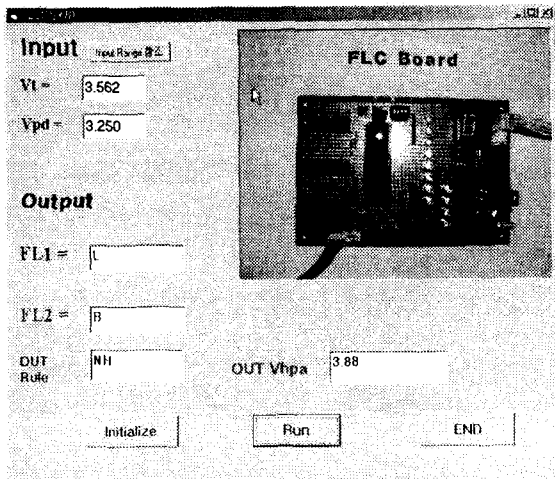
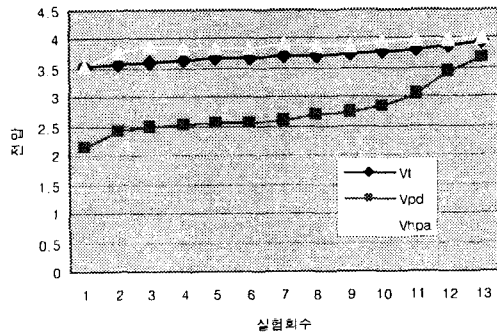


그림 4. 시뮬레이션 프로그램 출력화면

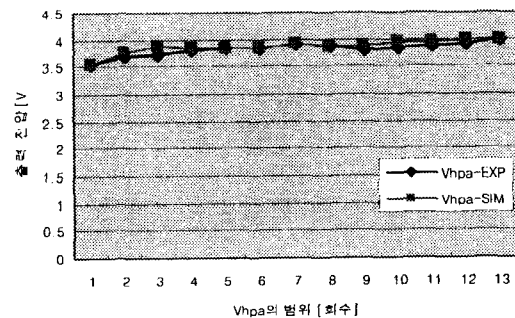
그림4는 FDM 프로그램을 작성하여 시뮬레이션을 돌려 본 화면이다. 그 결과들을 그래프2에 표시해 놓았다. 또한 측정값과 시뮬레이션 결과 값을 비교하여 그래프3으로 표시하였는데, 그래프3에서 보이는 것과 같이 시뮬레이션값들이 측정값과 근사하게 일치 했다. 따라서, 이 프로그램의 알고리즘을 토대로 그림5와 같은 하드웨어를 제작하였다.

시뮬레이션결과 그래프



그래프2. 시뮬레이션 결과 값 그래프

Vhpa결과값비교 그래프



그래프3. 측정값과 시뮬레이션값 비교

하드웨어는 PIC를 메인 프로세서로 하고 입력값의 2진데이터 변환에 필요한 A/D converter는 PIC16F877에 [7] 내장되어 있는 것을 사용하였다. 그리고 출력을 다시 D/A converting 하기 위해 DAC0800을 사용하였다.

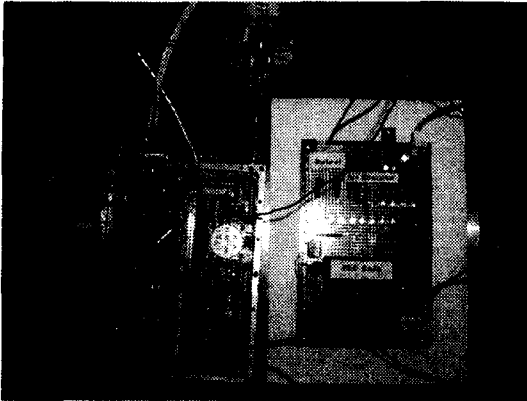


그림5. PIC 프로세서를 이용한 FDM 제작

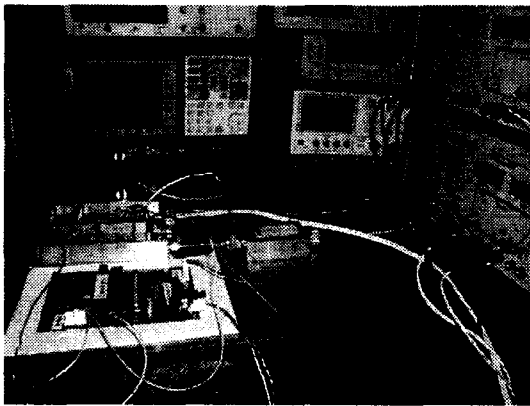


그림6. 하드웨어 연결 실험 측정화면

그림6와 같이 하드웨어를 구성한 것을 제품에 연결하였다. 주변환경의 변화에 따른  $V_t$  값과  $V_{pd}$  값을 8bit A/D Converter로 이진 데이터값으로 변환한 다음, PIC 보드에서 Fuzzy Logic Algorithm에 따른 변화된  $V_{hpa}$  이진 데이터 값을 출력한다. D/A Converter 는 이진 데이터를 다시 전압레벨인  $V_{hpa}$  값으로 변환하여 HPA의 입력단에 재입력하게 되어 HPA의 선형적인 특성을 유지 하도록 하드웨어를 설계하였다.

현재는 그 실험 값들을 계속 측정해보고 있는 상태이다.

본 논문에서는 현재 사용되고 있는 CDMA HPA의 특성상 주변온도 변화와 같은 환경의 영향을 많이 받게 되어있다. 그래서 이 문제를 해결하기 위해서 기존에는 전문가들이 중계기가 설치되어 있는 장소로 이동하여 직접 출력파형을 관찰하면서 조절하였는데 이러한 문제를 해결할 방법으로 Fuzzy를 이용한 적응형 FDM을 연구해본 것이다. 다시말해서 온도 변화에 따른 출력특성을 실험을 통하여 얻고 이를 근간으로 최적의 출력을 낼 수 있는 퍼지 시스템을 구성하여 문제점을 해결하고자 하였

다.

앞으로는 현 Predistorter 방식이 아닌 다른 방식에서의 접근이나 상용화된 전용칩 사용의 효율성 증대방안 연구 및 고출력 HPA등에서의 사용 가능성 연구에 관심을 가져볼 만하다.

## 5. 참고문헌

- [1] 윤상영외, Carrier Complex Power Series 해석을 통한 대전력 증폭기용 전치 왜곡기 설계, 세원텔레텍(주) 부설연구소, 2001. 8.
- [2] Christopher B.Haskins, Diode Predistortion Linearization for Power Amplifier RFICs in Digital Radios, 2000.
- [3] 이원우외, 다이오드를 이용한 Predistortion 선형화기의 설계, 서강대학교전자공학과외, 1992.
- [4] 정용채, 전치 왜곡 혼합기 설계, 2000. 2.
- [5] 방효창외, CDMA 무선기술, (주)세화
- [6] 변증남, 퍼지논리제어, 홍릉과학출판사, 1997.
- [7] 신철호, PIC16C7X 테크니컬 핸드북, 컴파일테크놀로지(주), 2001.