

논문 2010-471E-4-5

# 전력증폭기 성능개선을 위한 디지털 제어장치 설계

## ( Digital Control Unit Design for Power Amplifier Performance Improvement )

이 병 선\*, 노 희 정\*\*

( Byung Sun Lee and Hee Jung Roh )

### 요 약

본 논문에서 DCU는 기지국 전력증폭기의 성능을 안정적으로 유지하여 기지국 전체의 성능과 안정성 유지에 기여한다. 제안된 DCU는 전력증폭기에 공급되는 전력을 제어하며 실험에 사용한 앰프는 정격 입력이 10dBm일 때 정격 출력은 47.8dBm이다. 성능의 비교는 DCU를 적용 했을 때와 미적용 했을 때를 비교하였고 연구결과 DCU가 IMD의 열화 경계에서 안정적으로 잘 동작 하였으며 전력증폭기가 매우 안정적으로 동작했다. DCU 없이 입력을 정격 보다 2dB 올렸을 때 IMD는 3~4dB 정도 나빠짐을 볼 수 있었다. 측정 결과를 보면 DSP를 이용한 제어가 유효하다는 것을 입증한다.

### Abstract

In this paper, we suggest DCU(Digital Control Unit) for performance improvement and stability security of base station power amplifier. The designed DCU controls electric power that is supplied to power amplifier. When the regular input is 10dBm, the regular output is measured 47.8dBm and the results are compared between the case of the applying and the non-applying the DCU. We got the result that PA system is very stable as DCU are very well operating in the boundary degradation of IMD by the over-power level input.

**Keywords :** DCU(Digital Control Unit), PA(Power Amplifier), LNA(low Noise Amplifier), ALC(Auto Level Control), IX EV-DO(Evolution Data Only)

## I. 서 론

선형전력증폭기 등과 같은 부품에 대한 기술 개발은 설계기술의 난이도가 크고, 부가가치가 매우 높아, 무선 통신 제품에 대한 경쟁력의 기본이 되는 기술로서 이에 대한 기술력의 확보는 시급하고 중요한 사항이라 할 수 있다.<sup>[1~2,4]</sup> U는 기지국의 전력증폭기 성능을 안정적으로 유지하여 기지국 전체의 성능과 안정성 유지에 기여한다.

마이크로프로세서를 이동통신에 적용하려는 경향이 국제적인 기술 동향이며 점차로 실시간 처리가 요구되

는 고주파 대역으로 그 영역을 확대하고 있는 실정이다. 이는 1980년대 고속 승산기를 탑재한 고정소수점 연산방식의 전용 LSI(largr scale integrated)화된 저장 가능 프로그램형의 윈-칩프로세서가 등장하게 되면서 부터이다. 현재 상용화된 이동 통신용 단말기에는 모두 DSP 칩을 내장하고 디지털화된 신호를 고속으로 처리하여 실시간 처리가 가능하도록 하고 있다. 그러나 아직 고주파단의 신호처리에는 아날로그적인 방법으로 하드웨어를 사용하고 있는 실정이며, 세계적으로 고속의 디지털신호 처리를 실시간으로 적용하여 기술 우위를 선점하려는 시점에 있다. 본 논문에서의 개발 과정은 기존 이동통신 시스템의 기지국용 전력증폭기를 설계하여 제작하고, 전력증폭기의 출력측정과 시물레이션을 통한 기본 알고리즘을 유도한다.

최종적으로 기지국 전력증폭기에 설계된 DCU를 부착

\* 정희원, 김포대학 유비쿼터스-IT학과  
(Dept. of Ubiquitous-IT, kimpo college)

※ 본 논문은 2010학년도 김포대학 연구비 지원에 의해 연구 되었음.

접수일자: 2010년7월23일, 수정완료일: 2010년12월7일

하고 유도된 기본 알고리즘을 적용한 다음 특성의 관찰과 전력 변화에 따른 측정의 반복적용을 통해 전력 감시 제어 등에 필요한 알고리즘을 유도하고 수정 적용한다. 본 논문에서 제안한 RF Power Amp.(PA)의 성능 개선에 필요한 DCU의 개발은 국제적으로 기술적 우위를 점유할 수 있다는 점에서 지속적인 연구와 개발의 필요성이 절실히 요구된다.<sup>[3]</sup>

## II. 본 론

### 1. DCU 설계 및 제작

본 논문에서는 DCU의 개발을 위해 전력증폭기의 시제품을 제작하였고 모니터링을 위한 제어장치를 개발하였다. 성능 개선과 안정화를 위해 DCU에 적용한 기존

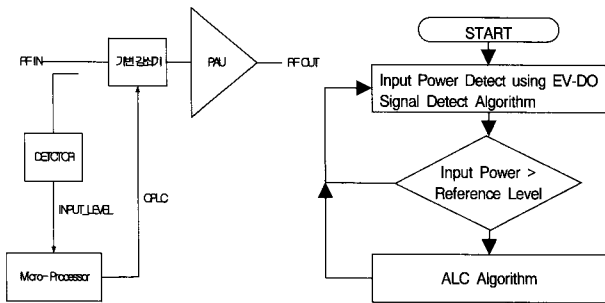


그림 1. Digital ALC 블록도와 알고리즘  
Fig. 1. Digital ALC Block diagram and Algorithm.

### Soft ALC Function

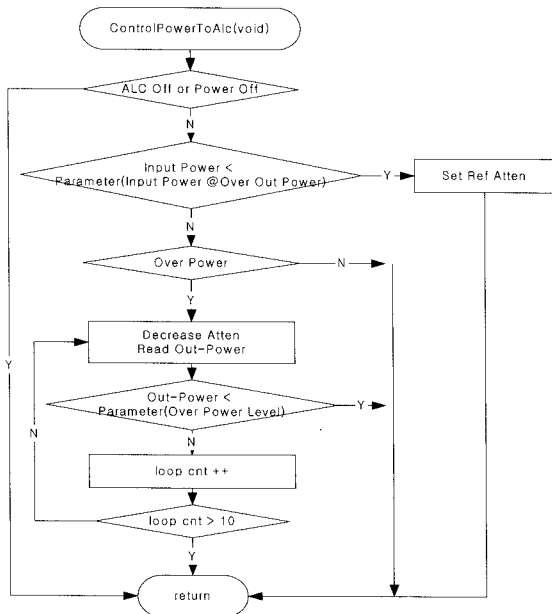


그림 2. Digital ALC 기본알고리즘 프로그램 흐름도  
Fig. 2. Flowchart for Digital ALC Algorithm Program.

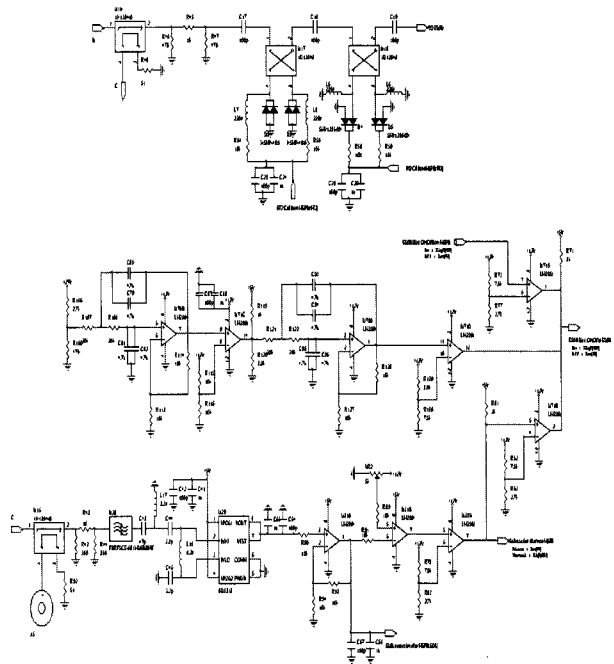


그림 3. DCU 회로도  
Fig. 3. The DCU circuit.

의 Digital ALC 알고리즘<sup>[5~6]</sup>은 그림 1.과 같이 반복 측정을 통하여 개선하였고 전체 디지털 ALC 알고리즘 및 프로그램은 그림 2.와 같다.

요구되는 전기적 규격을 만족 하는 부품은 모토로라사의 MRF9085, MHL9318, MRF21090과 MRF21180인데 중계기용 증폭기로 사용하는데 적합한 소자이다.

MRF21090은 출력전력 11.5 Watts, efficiency 16%, 이득12.2 dB, ACPR -45 dBc, 2110-2179 MHz 동작주파수대역을 가지며 온도특성이 우수하다.

기지국용 모듈의 구성은 PA(Power Amplifier)와 알고리즘을 적용한 DCU 보드로 구성 하였다. DCU의 구성은 그림 3과 같이 AVDA-881 통합모듈과 PIC 2715를 중심으로 구성 하였다.

## III. 실험 및 고찰

기존의 ALC(auto level control)를 디지털화 하여 적용하게 되면 아날로그적 불안정성을 개선하게 되며 현재 서비스를 확대하고 있는 1X EV-DO (Evolution Data Only)의 상용에 따른 전력증폭기의 부하를 안정하게 유지 하게 되어 결과적으로 시스템의 안정화를 꾀할 수 있게 된다.

여기서 1X EV-DO는 패킷 데이터 통신을 위한 전용 프로토콜로서 기존의 CDMA 2000 1x 등의 이동통신

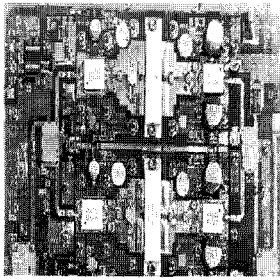


그림 4. 제작된 전력증폭기  
Fig. 4. Manufactured PA.

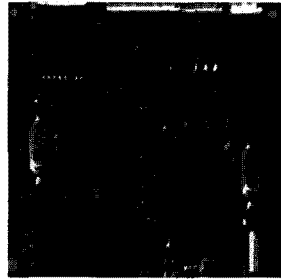


그림 5. 제작된 DCU  
Fig. 5. Manufactured DCU.

시스템과는 별도의 기지국 장치가 필요하며, 나머지 시스템 및 망 구성요소는 공통으로 운용 되고 있으며 장점은 다음과 같다.

1) 패킷 데이터 서비스를 위해 최적화된 고효율의 코드분할 다중접속 기술로서 이동 및 고정된 사용자들에게 인터넷 접속을 제공함으로써 인터넷 접속 시 즉각적인 접속을 제공하며, 또한 고속 무선 인터넷 접속을 위한 시스템 최적화를 구현한다.

2) CDMA 2000 1x 의 진화된 네트워크로 최대 2.4576 Mbps 의 전송 속도를 지원하는 고속 데이터 통신 방법이고 비대칭 서비스로서 인터넷 트래픽의 특성을 감안하여 순방향 링크와 역방향 링크를 비대칭으로 설계하여 순방향의 처리량을 최대화 할 수 있다.

- 순방향링크 : 38.4 Kbps ~ 2.4 Mbps
- 역방향링크 : 9.6 Kbps ~ 153.6 Kbps

3) 순방향링크는 시분할 다중 접속방식(TDM : Time Division Multiplexing)을 채용하여 무선 환경에 따라 차등적으로 데이터전송을 결정 되게 되며 순방향링크의 공유 개념을 사용하므로 좋은 서비스 영역에 있는 AT(Access Terminal)는 매우 높은 피크 전송률을 제공한다.

4) 무선 환경에 따른 가변 변복조 기술을 적용하여 QPSK, 8-PSK, 16-QAM 등의 변조방식을 추가함으로써 주파수 효율을 높이게 된다.

5) IS-95 시스템과의 호환이 가능하다. 망구조 및 RF 부문에서 호환성을 유지하므로 경비 절감(동일한 Cell Site, 타워, 안테나를 이용)이 된다.

- 1x EV-DO Cell 은 기존의 Cell 중에서 선택적으로 배치 가능.

- IS-95 시스템과 동일한 주파수 대역(1.25MHz) 사용.

6) 이러한 장점 등이 있는 반면 전력증폭기에는 과중한 부하가 물릴 수 있게 되어 시스템의 안정적 동작에 문제를 야기 할 수 있게 되고 수명의 단축 등에 따른 유지보수 및 관리에 따르는 경비의 추가 지출이 예상되므로 기지국 전력 증폭기의 관리를 위한 알고리즘을 개발함으로써 기지국의 효율을 높이고 안정화 시켜 경비의 절감 등에 따르는 이득을 얻게 된다.

### IV. 측정

1) 측정에 사용된 장비 및 제원

- (1) Signal Generator : E4438C(Agilent사) ESG
- (2) Spectrum Analyzer : E4443A(Agilent 사) PSA
- (3) PAU 사양 : DCS MCPA 60W  
(Pavg=47.8dBm(60W), Gain=58dB)

2) EVDO Idle 상태 측정 데이터

측정한 결과 그림 6에서 그림 11까지의 결과를 보면

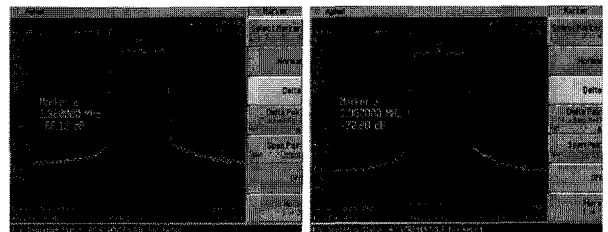


그림 6. ALC 미적용 (1FA, Pin= -8dBm, Po= 49.8dBm)  
그림 7. ALC 적용 (1FA, Pin = -8dBm, Po= 47.8dBm)  
Fig. 6. Before using ALC. Fig. 7. Using ALC.

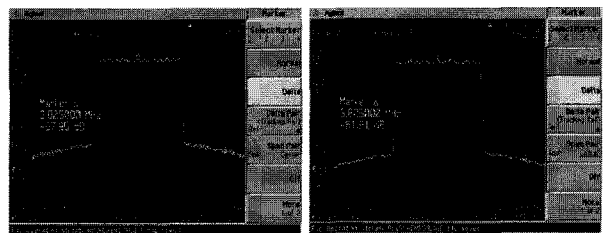


그림 8. ALC 미적용 (3FA, Pin = -8dBm, Po= 49.8dBm)  
그림 9. ALC 적용 (3FA, Pin = -8dBm, Po= 47.8dBm)  
Fig. 8. Before using ALC. Fig. 9. Using ALC.

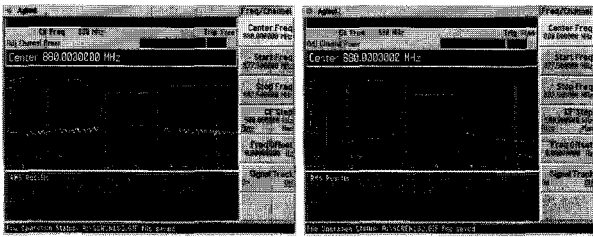


그림 10. ALC 미적용 (1FA, Pin = -8dBm, Po= 49.8dBm)      그림 11. ALC 적용 (3FA, Pin = -8dBm, Po= 47.8dBm)  
 Fig. 10. Before using ALC. Fig. 11. Using ALC.

ALC가 없는 경우에는 과다입력에 따른 IMD가 열화됨을 볼 수 있었으며 실험에 사용한 앰프는 정격 입력이 10dBm일 때 정격 출력은 47.8dBm이다. DCU에 ALC 없이 입력을 정격 보다 2dB 증가하였을 때 IMD는 3~4dB 정도 나빠짐을 볼 수 있다. EV-DO의 휴지기 상태에서도 ALC는 잘 적용됨을 알 수 있었다.

또한 측정 결과를 보면 DSP를 이용한 제어가 유효하다는 것을 입증한다.

### V. 결 론

현재 국내외적으로 이동통신 시스템은, 전기적 특성 및 무선접속 기술과 연계하여 RF단의 전력증폭기가 멀티미디어 전송도 가능해야 하기 때문에 광대역 방식이 고려되어야 한다. 특히 기지국용 RF 전력증폭기의 성능과 신뢰성은 이동통신 시스템 전체의 통화품질에 미치는 영향이 절대적 이므로 디지털 기술을 이용한 DSP(Digital Signal Processor)를 적용하여 관리와 성능개선의 기술적 우위를 확보하려는 것이 국제적인 추세이다. 그러나 디지털 기술의 한계성 때문에 이의 적용이 매우 어려워 이에 대한 기술개발이 경쟁적으로 요구되고 있는 실정이다.

따라서, 본 논문의 최종 목표는 DSP의 고주파 회로 적용 기술 개발에 따른 RF단 성능의 안정적 동작을 위한 알고리즘이 적용된 DCU의 개발에 있다. 이에 기본적인 아날로그 ALC를 대신하는 알고리즘과 1X EVDO가 적용된 경우를 대비한 알고리즘을 적용한 DCU의 설계와 제작과 측정을 하였다.

실험에 사용한 앰프는 정격 입력이 10dBm일 때 정격 출력은 47.8dBm이다. DCU에 ALC 없이 입력을 정격 보다 2dB 증가하였을 때 IMD는 3~4dB 정도 나빠짐을 볼 수 있다. 게다가 ALC가 없는 경우에는 과다

출력으로 인한 앰프 내 전력용 트랜지스터의 수명이 짧아짐은 명확하다.

본 논문에서 개선된 알고리즘을 적용하여 설계하고 제안한 DCU로 실시간을 충족시키고 데이터 전송량의 폭주에도 기지국의 전력증폭기가 안정적으로 동작할 수 있도록 안정화 연구가 지속 되어야 할 것이다.

### 참 고 문 헌

- [1] 김준형, 정재호, 권현국, 이광천, “차세대 RF 트랜시버 기술 동향” ETRI, 전자통신동향분석 제23권 제3호, pp.72-81, 2008. 6
- [2] Chul D Kim, Soon C Jung, Y. Kim, Ieek S. Jang, “Linear Power Amplifier for System”, Workshop of IEEK, pp.213-224, 1995.1
- [3] Sang D. Nam, Wong H. Park, Ik S. Jang, Won T. Kang, “Design of Feedforward Type Linearizer Using ALC and Micro-Controller”, Proc. of IEEK, vol.21, no.1, pp.103-106, 1998. 5
- [4] 박타준, 변우진, “휴대 단말 시스템용 전력증폭모듈(Power Amplifier Module)의 기술동향”, 한국전자과학기술, 전자과학기술 제14권 제4호, pp.61-69, 2003. 10
- [5] yung. M. Huh, Ju J. Eom, “Development of Automatic ALC Block Measurement Algorithm using Image Processing”, J of IEEK, vol.41-SC, no.5, pp.1-8, 2004.9
- [6] Jae W. Choi, Chul H Seo, “A Fully-Integrated Low Phase Noise Multi-Band 0.13-um CMOS VCO using Automatic Level Controller and Switched LC Tank”, J. of IEEK, vol.44-TC, no.1, pp.7-84, 2007.1

— 저 자 소 개 —



**이 병 선(정회원)**  
 1985년 서울 산업대학교  
 전자공학과 학사 졸업.  
 1992년 건국대학교 전자공학과  
 석사 졸업.  
 2000년 단국대학교 전자공학과  
 박사 졸업.

1997년~현재 김포대학 유비쿼터스 -IT 교수  
 <주관심분야 : 통신, 신호처리, 고주파 증폭기 및  
 발진기 >



**노 희 정(정회원)**  
 1985년 아주대학교 전자공학과  
 학사 졸업.  
 1995년 서울시립대학교  
 전자공학과 석사 졸업.  
 2010년 인천대학교 전자공학과  
 박사 졸업.

1998년~현재 김포대학 유비쿼터스 -IT 교수  
 <주관심분야 : 통신, 마이크로파 회로 및 모듈설  
 계>