

TDD 방식의 WiBro 기지국용 RF PA 설계 및 제작에 관한 연구

A Study on a RF PA Design and Fabrication
for a WiBro BTS with TDD Structure

최두헌, 이봉균*, 연종현*, 김강산*, 최영완
Doo-Hun Choi, Bong-Kyun Lee*, Jong-Hyun Yeon*, Kang-San Kim*, Young-Wan Choi
Microwave and Lightwave Telecommunications Laboratory
School of Electrical & Electronics Engineering, Chung-Ang University
*Danam Communications Inc.

Abstract

국내에서는 언제 어디서나 휴대용 단말을 이용하여 저렴한 요금으로 고속의 무선인터넷을 사용할 수 있는 휴대인터넷 서비스를 2006년부터 서비스 할 계획이다. 앞으로 서비스 될 WiBro 휴대인터넷 서비스 방식은 기존 이동통신 방식과 달리 RF 송신 주파수와 수신 주파수가 동일한 TDD (time division duplexing) 방식을 사용한다.

WiBro 무선통신 기지국 장비에 있어서도 기존 CDMA 이동통신 기지국 장비에서와 마찬가지로 RF Power Amplifier (PA)가 매우 고가의 핵심 부품이라 할 수 있다. 물론, 기존 FDD (frequency division duplexing) 방식의 CDMA 기지국 PA와 달리 WiBro 용 기지국 PA는 TDD 신호를 처리할 수 있는 새로운 기술을 필요로 한다.

TDD 방식인 WiBro 기지국용으로 사용할 수 있는 새로운 2.3 GHz 42 W PA를 설계, 제작한 결과를 본 논문에서는 발표하고자 한다.

Keywords

WiBro, TDD, 기지국, RF Power Amplifier

I. 서 론

현재 이용되고 있는 이동통신 시스템은 기지국 구축비용이 높아 무선 인터넷의 이용 요금이 높고 단말기 화면이

작기 때문에 콘텐츠의 제약이 발생하는 등 문제점이 존재하여 초고속 무선인터넷을 제공하기에는 한계가 있다. 그리고 기존에 사용되고 있는 ISM 대역을 이용한 무선 LAN 기술은 홈 LAN 등에는 가능하나 전파간섭, 좁은 사용영역 등으로 공중서비스 제공에 역시 한계가 있다. 이를 위해서 무선 LAN보다 셀 크기가 크고 중 저속의 이동성을 지원하면서 심리스(seamless)한 서비스를 제공할 수 있는 초고속 휴대 인터넷 (High-speed Portable internet: HPI) 시스템이 절실히 요구되고 있다. 이와 같이 급증하는 무선 인터넷 서비스 요구에 효과적으로 대처하기 위해 국내에서 세계 최초로 휴대성과 이동성이 보장되며 저렴한 요금을 지향하는 새로운 형태의 무선데이터 시스템인 WiBro라는 초고속 휴대 인터넷 시스템의 표준화가 TTA에서 진행 중이며, 2006년부터 상용서비스를 목표로 하고 있다.

이에 대응하여 본 연구에서는 WiBro 기지국용 RF Power Amplifier (PA)를 개발하였다. 본 연구는 OFDM (orthogonal frequency division multiplexing) 방식에 기반을 둔 TDD 시스템에 사용되는 RF PA에 관한 것이다. OFDM 방식의 가장 큰 특징은 서브 캐리어간 직교성을 갖는다는 것으로, 다중경로 페이딩에 우수한 특성을 가질 수 있으며 특정 부반송파에서의 신호 대 잡음비에 따라 각 부반송파에 대한 데이터 전송률을 적응적으로 조절하여 전송용량을 크게 향상시킬 수 있다. TDD 기술방식은 양방향 통신을 위해 uplink와 downlink에 다른 주파수 대역을 사용하는 FDD 방식과 달리 주파수 효율을 높이기 위하여 동일한 주파수 대역을 이용한 양방향 전송을 지원한다.

이론적으로 FDD보다 적은 타임슬롯(time slot)을 사용하여 동일한 전송속도 지원이 가능하다는 것과 타임슬롯의 동적할당으로 비대칭(asymmetric)이나 버스티(bursty)

한 전송에 적합하다는 기술적 특성이 있다. 그 동안 타임 슬롯의 동적할당에 따른 애플리케이션의 타이밍과 동기화 작업이 매우 어려워, 전송거리에 따른 신호 지연 문제를 해결하지 못해 매크로 환경에 적합하지 못한 기술로 인식되어 왔으나 최근에 TDD 기술의 동기화 문제 극복으로 서비스 커버리지를 확대할 수 있게 됨에 따라 WAN의 대체 기술로 부상하고 있다.

II. TDD 시스템에서 RF PA의 조건

Wibro 기지국에 사용되는 RF PA는 기존의 방식에서 사용되지 않는 송수신 주파수가 동일한 TDD 방식을 채택하므로 다음과 같은 조건을 만족해야 한다.

첫째, Tx 구간에 data를 보내고, Rx구간에 data를 받아서 처리해야 하는 시스템이므로 Tx/Rx 전환 스위칭의 속도가 빨라야 한다. 본 연구에서는 Fairchild 사의 소자를 사용하여 turn on time 30 ns, turn off time 25 ns로 구현하였다.

TDD 시스템의 하향링크(DL)와 상향링크(UL)는 전송 시간으로 구분된다. TTA 규격에 의하면 상하향 전송 시간을 구분하기 위한 보호시간인 TTG(121.2 us)와 RTG(40.4 us)는 프레임 중간과 마지막에서 DL 및 UL 사이에 삽입된다. 그러므로 RF PA는 turn on 시에 시스템에 영향을 주지 않을 정도인 5 us 이내에 전력을 방출하도록 설계하였으며, 또한 turn off 시에 5 us 이내에 출력이 제한되도록 설계하였다.

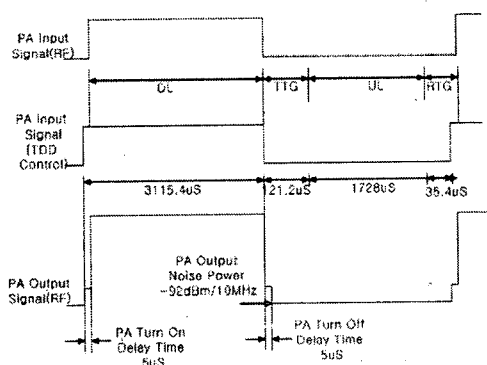


그림 1. WiBro Frame Structure

둘째, Tx/Rx 분리 특성이 우수해야 한다. 시스템이 수신하는 동안 RF PA의 출력이 수신부(LNA)와 isolation이 유지되어야 하는데, 이유는 수신감도의 저하 방지를 위해서이다.

본 연구에서는 송수신간 isolation을 위해 RF Switch 및 LDMOS의 Gate 전압을 스위칭 하였다.

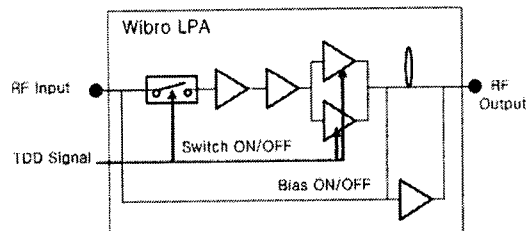


그림 2. 송수신간 분리 확보 방안

셋째, 성상도 에러(Constellation error)는 1.5% 이하로 유지해야 한다. 변조 품질 측정은 성상도에서 신호가 기준 신호와 비교하여 얼마나 차이가 발생하는가를 수치로 표시한다. 성상도 에러는 시간에 따른 에러 벡터 등이 서로 연관되어 측정될 수 있는데 에러 신호는 I/Q 또는 진폭/위상 요소에서 관찰될 수 있다. 다음은 성상도 에러를 구하는 공식이다.

$$ConstellationError_{ms} = \frac{\sum_{i=1}^{N_f} \left[\sum_{j=1}^{L_p} \left\{ (I(i,j,k) - I_o(i,j,k))^2 + (Q(i,j,k) - Q_o(i,j,k))^2 \right\} \right]}{864 \cdot L_p \cdot P_o}$$

이 때, N_f = number of measured frame, L_p = number of measured symbol (excluding preamble), P_o = average power of constellation ($P_o = 1$), I & Q = measured signals, I_o & Q_o = ideal signals 이다.

III. 설계 및 주요기능

RF PA는 RF부, Control부, 그리고 전원부로 구성되어 있다.

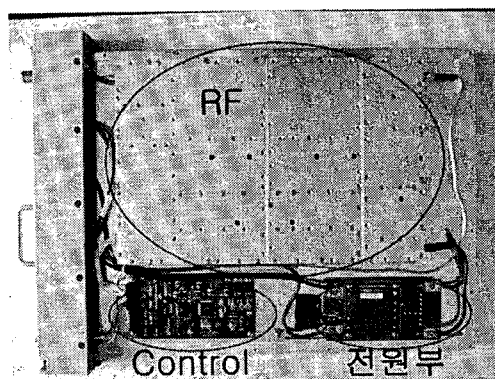


그림 3. RF PA의 구성

송수신 시간에 맞추어 Tr.의 Gate 전압을 on/ off 하므로 전원부에서는 current도 주기적으로 on/off를 반복한다. 이 경우에 current probe meter로 전류를 측정하여 current peak를 없애 주어야 한다. 본 연구에서는 전원부 입력단에 전원 filter를 추가하여 해결하였다. 또한 TDD 신호가 RF Path에 영향을 주어 발진하는 현상이 없도록 물리적으로 분리하여 설계하는 것이 바람직하다.

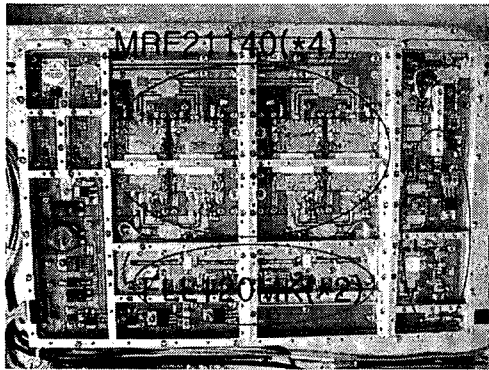


그림 4. PA 내부 구조도

그림 4에서 보는 바와 같이 RF PA의 Line up은 AH1 + AH102 + MRF21045 + FLL120MK(*2) + MRF6S21140(*4) 이다. GaAs FET과 LDMOS FET의 위상차를 이용하여 약간의 IMD 개선 효과를 보았다. RF PA의 주요기능으로는 다음과 같다.

총 이득은 56.2 dB 이며 정격 출력은 42W이다. 사용 주파수 대역은 2330~2360MHz 이다. 정격 입력전압은 26V(±0.5V DC)이다. DC 전력소모는 400 W 이다. 방열판은 41.51mm x 317.7mm x 406mm의 크기를 갖는다. Input/Output VSWR 값은 1.5:1 이하로 만족한다. 그 외에 Over Power 입력이 들어오면 보호 할 수 있는 shut down 기능과 VSWR, Tr. Fail, Cable Deletion 등의 알람 발생기능이 있다.

IV. 측정 데이터

그림5는 계측장비인 R3671로 측정한 것으로 TDD 동기를 계측기와 RF PA에 맞추고, Tx구간 동안의 신호를 FFT 취해서 주파수 영역으로 파형을 그려 준 것이다. 측정 결과는 -40 dB/100 kHz @ 4.78 MHz, -44.7 dB/100 kHz @ 9.0 MHz와 같다. 그림 6은 정상도 에러의 측정 데이터 이다. 42W 출력에서 Constellation Error 값은 36.7로 1.5% 이하이다.

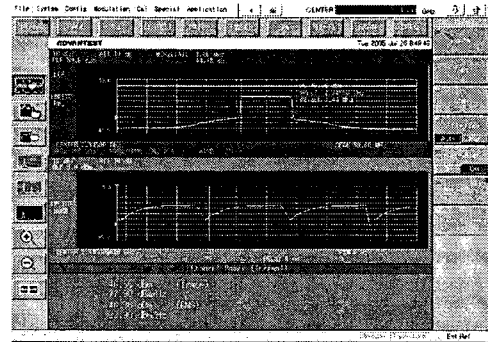


그림 5. Spectrum Regrowth 측정 데이터

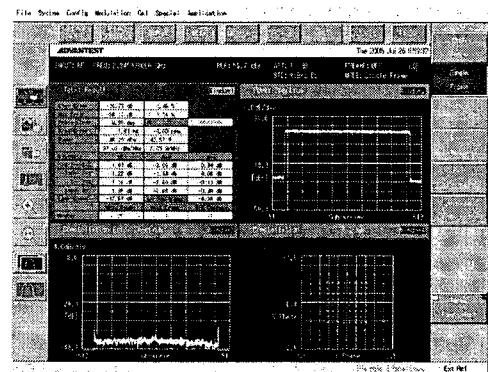


그림 6. 정상도 에러 측정 데이터

그림 7은 Rx 모드일 경우 Tx의 누설 전력을 PSA로 측정된 것이다. 측정방법은 전원을 켜 상태에서 Rx 모드일 때 입력을 -70 dBm 넣고 10 MHz BW로 채널 파워를 측정한 것이다. Rx 모드일 때 Tx의 누설 전력은 -96.1dBm/ 10MHz 로 측정 되었다.

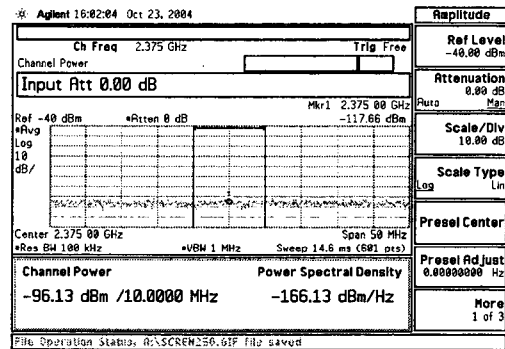


그림 7. Rx mode일 때 Tx의 누설전력

V. 결론

본 논문에서는 WiBro용 RF PA의 설계 기법과 제

작된 PA의 측정 결과를 발표하였다. RF PA를 제작함에 있어 TDD방식을 고려한 Gate Bias 설계가 체계적으로 되어야 하며 송수신 간 충분한 분리의 확보가 필수적이다. Spectrum Regrowth는 40 dBr/100 kHz @ 4.78 MHz 이상이면 정상도 에러도 측정에서도 1.5% 미만으로 시스템에 아무런 영향을 주지 않는다. 송신 누설전력은 거의 노이즈 레벨에 가까운 -96.1 dBm/10 MHz로 측정 되었다.

향후 WiBro용 RF PA 제작할 경우, Line up을 변경하여 종단 Tr을 2개로 결합해서 설계하는 것과 Multi FA를 고려한 검토가 필요하다고 사료된다.

[참고 문헌]

- [1] Steve C. Cripps, "RF Power Amplifier for Wireless Communications." Artech House, 1999
- [2] Peter B. Kenington, "High Linearity RF Design," Artech House, 2000
- [3] TTA documents.
- [4] "8.4.12.3 Transmitter constellation error and test method" on "IEEE P802.16-REVd /D5, May 2004" 3.9.7 Transmit modulation accuracy test"
- [5] J. Vuolevi and T. Rahkonen, "Distortion in RF Power Amplifiers", Artech House Inc., Norwood, MA, 2003
- [6] 3GPP TS 23.234 V6.0.0, 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; 3GPP system to Wireless Local Area Network(WLAN) interworking; System description (Rel. 6)
- [7] M. Andrews, K. Kumaran, K. Ramanan, A. Stolyar, and P. Whiting, "Providing quality of service over a shared wireless link", IEEE Communications Magazine, vol. 39, no.2, pp. 150-154, Feb.2001
- [8] "PF scheduling and performance in OFDMA/TDD systems", Technical Report, WNL, HYU, Sep. 2004.

Biography

최 두 현

1985년 서강대학교 전자공학과 졸업
 1987년 서강대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
 2003년 중앙대학교 대학원 전기전자공학부 (박사수료)
 2001년~현재 단암전자통신(주) 통신연구소 소장
 <주관심분야> 이동통신 기지국용 Power Amp 등
 <이메일> dhchoi@danam.co.kr

이 봉 균

1998년 홍익대학교 전자전산공학과 졸업
 2000년 홍익대학교 대학원 전자전산공학과 (공학석사)
 2001년 ~ 현재 단암전자통신(주) 선임연구원
 <주관심분야> RF PA, Repeater, BTS System
 <이메일> paul@danam.co.kr

연 중 현

1998년 단국대학교 전자공학과 졸업
 2002년 ~ 현재 단암전자통신(주) 선임연구원
 <주관심분야> RF PA, Repeater, BTS System
 <이메일> jong0427@danam.co.kr

김 강 산

2001년 부경대학교 제어계측공학과 졸업
 2001년 ~ 현재 단암전자통신(주) 선임연구원
 <주관심분야> Digital Linear Control, Embedded Control System
 <이메일> sanstorm@danam.co.kr

최 영 완

1985년 서강대학교 전자공학과 졸업
 1987년 SUNY at Buffalo Dept. of ECE (공학석사)
 1992년 SUNY at Buffalo Dept. of ECE (공학박사)
 1995년 ~ 현재 중앙대학교 교수
 <주관심분야> Microwave & Lightwave Telecommunication
 Microwave-Photonics, Optical Interconnection
 <이메일> ychoi@cau.ac.kr