

Cognitive Radio 기술 기반의 TV Whitespace대역 WRAN 시스템의 RF 송·수신기 구현

정희원 민준기*, 황성호*, 김기홍*, 박용운**

Implementation of a RF transceiver for WRAN System Using Cognitive Radio Technology in TV Whitespace Band

Jun-ki Min*, Sung-ho Hwang*, Ki-hong Kim*, Yong-woon Park** *Regular Members*

요약

본 논문은 IEEE802.22 표준을 바탕으로 하는 무선인지(Cognitive Radio) 기반의 WRAN (Wireless Regional Area Network) 시스템의 RF 송·수신기 구현에 관한 것이다. 본 시스템 단말 구현에 있어 VHF/UHF (54~862MHz)의 광대역에서 동작하는 CMOS RF 송·수신기 IC는 이중경로 직접변환 구조를 가지고 광대역 특성에 따른 대역내 고조파를 효과적으로 억압하였다. 64QAM(3/4 coding rate) OFDM신호에 대해 -31.4dB(2.7%) 이하의 EVM 특성을 얻었으며 전체 칩의 사이즈는 12.95mm² 이다. 그리고 제안된 CMOS RF 송·수신기 IC는 TDD(Time Division Duplex) 모드의 WRAN 시스템 적용에 만족하는 우수한 성능을 얻었다.

Key Words : Cognitive radio, TV Whitespace, WRAN, Broadband, RF Transceiver

ABSTRACT

The implementation of a RF transceiver for WRAN(Wireless Regional Area Network) system based on IEEE 802.22 standard using Cognitive Radio technology is presented in this paper. A CMOS RF transceiver IC for WRAN system operates in VHF/ UHF(54~862MHz) broadband, and employs dual-path direct-conversion configuration and the in-band harmonic distortions are effectively suppressed by exploiting the dual-path direct conversion architecture. For 64QAM(3/4 coding rate) OFDM signal, an EVM of <-31.4dB(2.7%) has been achieved at 10dBm off-chip PA output power and the total chip area with pads is 12.95 mm². The experimental results show that the proposed CMOS RF transceiver IC has perfect performance for WRAN system based on TDD(Time Division Duplex) mode.

1. 서론

현재 무선 이동통신 시스템은 광대역, 고품질 멀티미디어 서비스의 수요가 계속적으로 증가함에 따라 주파수의 부족 문제와 주파수 확장 요구가 전 세계적으로 점차 대두되고 있다. 특히 전파 전파특성이 우수한 주파수 대역에서는 상당 부분이 미점유 주파수 사용 구간내지는

이용 효율이 떨어지고 있어 이러한 대역들의 효율적 사용 방안에 대한 필요성이 강조되고 있다. 주파수 사용 효율의 극대화와 부족 문제를 해결하기 위해서는 국가의 주파수 정책에 따른 주파수 지정 및 허가 없이도 사용 가능하도록 하는 개방된 주파수 할당이 필요로 되며 이를 위해 인지무선(CR: Cognitive Radio)과 같은 주파수 공유 기술이 급부상하고 있다. 인지무선 기술은 1998

* 삼성전기 기술총괄 중앙연구소 UMS랩 (jkmin@samsung.com, sungho717.hwang@samsung.com, kh607.kim@samsung.com)
(°:교신저자)

** 삼성전기 CDS 사업부 UC솔루션팀 (snowman.park@samsung.com)

논문번호 : KICS2010-02-058, 접수일자 : 2010년 2월 5일, 최종논문접수일자 : 2010년 4월 9일

년 J. Mitola에 의해 제안된 개념으로 통신 단말기 혹은 네트워크가 주위의 무선 환경을 인지하여 사용자 요구에 따른 지능적 판단으로 최적의 통신을 하도록 하는 기술이다¹¹.

이러한 기술을 바탕으로 2004년 고정형 무선 광역 접속망(WRAN: Wireless Regional Area Network)¹² 시스템 표준 제정을 위한 기술표준 그룹이 IEEE802.22 표준화기구내에 구성된 이후 2009년에 이르기까지 5년여에 걸쳐 전송시스템 기술표준의 제정 외에 해당 대역을 점유하여 사용 중인 기존 사용자(Incumbent User) 신호 보호를 위한 기술기준 제정이 이루어졌다. 이 시스템은 TV방송용으로 사용되는 54MHz에서 862MHz까지의 주파수대역을 활용하여 동적 스펙트럼 접속(Dynamic Spectrum Access)이 가능한 인지 무선 기술로 기존 주파수 대역을 사용하는 1차 사용자(IU: Incumbent User)가 해당 주파수 대역에서 점유하지 않는 채널을 2차 사용자(Secondary user)가 스펙트럼을 감지한 후 유휴 채널 확보하여 다른 무선 데이터 통신을 하도록 하는 것이다. 만일 이 유휴 채널을 사용 중에 스펙트럼 감지를 통하여 다시 1차 사용자가 나타나게 되면 주파수 우선권을 갖는 1차 사용자에게 통신 간섭을 주어서는 안 됨으로 2차 사용자는 1차 사용자가 사용하지 않는 또 다른 유휴 채널로 변경하여 계속적으로 통신하게 된다¹³. 이와 같이 주파수 공유 기술을 적용하게 되며 사용 효율이 떨어지는 주파수에서 기존 1차 사용자 서비스에 간섭을 주지 않으면서도 주파수를 공유하면서 사용할 수 있기 때문에 주파수 이용 효율이 향상될 것으로 기대되고 있다.

전 세계적으로 54MHz에서 862MHz까지의 주파수 대역은 주로 TV 방송용으로 활용되어 왔으며 2010년을 전후로 하여 세계적으로 추진되고 있는 D-TV 전환을 앞두고 전환후의 유휴 주파수 자원 활용에 대한 검토가 활발히 논의되고 있다. 미국 연방통신위원회(FCC: Federal Communications Commission)에서는 2003년 12월에 관련 기술에 대한 입법 예고를 단행한 후 지난 2008년 11월 FCC의 2nd Report & Order¹⁴에서 D-TV 전환 후 지역별 유휴 TV 채널을 활용한 비면허 방식 서비스의 허용을 공식 발표하였다. 이러한 TV 방송대역에서 지역별로 사용되고 있지 않은 TV 대역을 “TV Whitespace”라 통칭되고 있으며 이 대역에서의 사용을 목적으로 하는 여러 형태의 단말 장치를 WSD(Whitespace Device) 또는 TVBD(TV Bnad Device)라고 한다¹⁵.

본 논문에서는 먼저 TV Whitespace Device의 표준화 동향에 대해 간략히 살펴보고 그다음 스펙트럼 무

선인지 기술을 바탕으로 한 WRAN시스템의 단말 구조와 물리계층의 CMOS RF 송수신기 IC 회로구조 설계에 대해 설명하려 한다. 그리고 구현된 CMOS 단일칩 송수신기 IC의 자체성능 테스트 결과와 이를 적용한 IEEE802.22 표준의 수행절차에 따른 WRAN 시스템 연동 테스트 구성에 대하여 설명하고 끝으로 결론을 맺고자 한다.

II. TV Whitespace Device의 표준화

TV Whitespace 정책도입의 직접적인 계기는 2000년 이후 전 세계적으로 진행된 광대역 인터넷의 보급에 있어 광활한 시골지역과 같이 인구밀도가 낮은 지역에 산포하여 광대역 인터넷 서비스의 혜택에서 받지 못하는 사용자들에게 광대역 무선접속서비스를 제공하고자 하는 것이 목적이었다. 또한 이러한 지형에 무선 인터넷 접속이 가능하게 하기 위하여 VHF/UHF(56MHz ~ 862MHz) 대역의 TV whitespace 대역을 활용하여 ADSL이나 케이블 모델과 동급의 서비스를 제공할 수 있는 표준을 제정할 목적으로 IEEE 802.22 Working Group이 결성되었다.

이와 동시에 IT분야 기술 발전의 급속한 진행과 이에 따른 기존 산업계 내 사업모델 변화에 따라 주파수 자원 활용에 대한 기존 사업모델 패러다임에 변화가 진행 되어 왔으며 아래의 고정형과 휴대형 서비스 모델에 대하여 살펴보고자 한다.

2.1 IEEE802.22(고정형)

Cognitive Radio 기술을 활용하는 응용 서비스에 관한 관심은 2002년 공표된 FCC의 TV대역 유휴주파수를 활용한 비면허방식 무선통신서비스도입 의사와 밀접한 관련이 있다. 유휴 주파수의 활용이라는 FCC의 의지를 바탕으로 미국 전기통신표준화 기구인 IEEE에서는 2004년 9월에 무선광역망¹³(Wireless Regional Area Network: WRAN)이라는 서비스 모델로 표준화 작업에 착수한다. 이를 위하여 IEEE802 하부에 22 Working Group이 구성되어 2004년 11월 회의부터 세부 기술표준 제정 작업을 진행한다. WRAN 서비스 모델은 미국 내에서 광대역인터넷 접속에 제한이 많은 시골지역을 서비스대상으로 하여 추진되었다.

IEEE802.22 표준화 그룹에는 방송사 및 방송관련 기관이 대거 적극적으로 참여하고 있으며 이는 802.22 WRAN 서비스 모델이 기본적으로 지역별로 존재하는 유휴 TV 채널을 비면허 방식으로 사용하고

자 하기 때문이다. IEEE82.22 표준제정 작업에서는 이러한 TV 방송사업자와 FCC의 우려를 반영하여 기존사용자 신호 보호를 위한 기술적인 방법을 표준안에 반영하고자 노력해 왔으며 표준안에 반영된 대표적인 기존사용자 보호 방안은 스펙트럼 센싱과 Geolocation 데이터베이스 운용이 있다. 스펙트럼 센싱 방식은 특정대역을 통하여 전송되고 있는 무선신호의 에너지 혹은 전송신호의 특정 신호 특성을 검출하는 방식으로 해당 TV 채널에서의 기존사용자 신호의 존재 유무를 판단하는 방식이다. 또한 각 CPE 및 BS가 위치하는 특정 장소별로 사용가능한 유휴 TV 채널 목록을 네트워크 접속을 경유하여 CPE 혹은 BS에게 통보하는 Geolocation 데이터베이스 방식이 있다. Geolocation 방식은 CPE가 위치한 지역에서의 전파전파환경이 정확히 반영되지 않는다는 단점이 있지만 CPE의 위치를 네트워크상에서 관리가 가능하다는 장점을 가진다.

2.2 CogNeA/ ECMA TC-48 TG-1(휴대형)

IEEE802.22를 중심으로 한 WRAN 방식의 표준화가 옥외/고정형 서비스 모델인 점에 반하여, 2006년 9월 옥내 휴대형/개인형 단말을 이용한 소출력 서비스 모델의 표준화를 추진하게 된다. 초기 UHF Cognitive Multimedia Streaming Service를 목표로 하여 UCoMS라 명명된 이 표준화 그룹은 2008년 11월 FCC의 2차 R&O 발표 후 Cognitive network Alliance라는 의미로 CogNeA라는 이름으로 그 존재를 공표하였다. 현재 CogNeA 표준화 그룹에는 Philips, HP, BT, ETRI, 삼성전기 등이 Promoter 멤버로, NXP, Cambridge Consultants, AT&T, GEDC 등이 Contributor로 활동하고 있다. 현재 ECMA TC-48 TG-1으로 진행되는 CogNeA 표준화는 ECMA GA의 승인을 위한 최종 초안이 2009년 9월에 완성되었으며 CogNeA에서 목표로 하는 서비스 모델은 크게 두 가지로 볼 수 있다.

첫 번째는 옥내에 인입된 광대역 케이블 TV 또는 광대역 IPTV와 같은 멀티미디어 콘텐츠를 집안 곳곳에 위치한 TV, 모니터 등의 디스플레이 장치로 무선으로 전송하는 서비스이다. 한 가정에 인입된 케이블을 다른 공간으로 이동하기 위해서는 추가적인 비용과 불편함이 있어 이를 해결하기 위한 또 하나의 솔루션으로 제안되고 있다.

두 번째는 옥내외에서 TV대역의 유휴채널을 활용한 비면허 방식 무선접속 서비스로 공공지역에서 공유기를 사용하여 무선인터넷 서비스를 제공하는 서비

스 모델은 Hotspot, Netspot 등의 이름으로 2000년대 초반 이후 지속적으로 시도되어 왔다.

III. WRAN 시스템의 구조

3.1 WRAN 시스템 단말의 구조

주파수 스펙트럼 검출 기술에 의한 무선 브로드밴드 시스템은 권역별로 2009년~2012년 사이에 진행되는 D-TV채널 이전과 이에 따른 유휴 주파수 자원 재배치 및 지역별 유휴 TV채널을 사용하는 면허/비면허 광대역 무선접속 서비스의 활용을 목적으로 개발한다.

WRAN 시스템은 그림 1과 같이 스펙트럼을 검출하여 유휴 채널을 확보하는 스펙트럼 센싱 블록, 54~862MHz VHF/UHF TV 방송대역을 지원하며 가변되는 채널 대역폭에 따라 원하는 신호를 수신할 수 있는 수신부 및 가변되는 채널 대역폭에 따라 낮은 주파수 대역에서 높은 주파수 대역까지 선형 특성을 유지하면서 데이터를 송신할 수 있는 송신부로 구성된 송수신기 IC 블록, 채널 대역폭의 가변, 가변된 채널 대역폭에 따른 FFT/IFFT 크기 변경, 반복조방식 및 전송속도를 변화시키며, 동시에 다중접속 등을 수행하는 적응형 OFDMA 모뎀 IC 블록, 그리고 제어 메시지 및 채널 할당/관리를 담당하는 MAC모듈 블록으로 구성된다.

TV 방송대역의 유휴채널을 사용하는 무선접속 서비스 제공을 목표로 하는 WRAN 시스템은 TV 방송대역에서 채널 상태를 에너지 검출(Energy detection) 방식과 수신된 신호의 특성 확인 및 저전력 신호의 검출을 위한 특성 검출(Fine/Feature) 방식의 스펙트럼 센싱 플랫폼과 WRAN 시스템 단말과 연결되어 스펙트럼 센싱결과를 기지국으로 전달하도록 되어있다.

표 1은 IEEE 802.22 WRAN 시스템의 주요 PHY

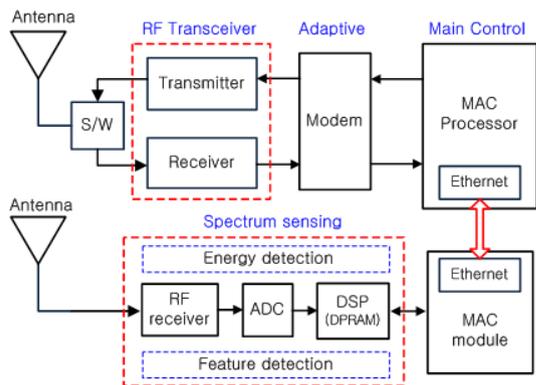


그림 1. WRAN 시스템 단말의 Block diagram

표 1. WRAN 시스템의 PHY 사양

Parameter	Specification
Frequency	54~862MHz
Channel BW	6, 7, 8MHz
Modulation	QPSK, 16QAM, 64QAM
EIRP	4W(max.)
Multiple access	OFDMA
FFT mode	2048
Cyclic prefix	1/4, 1/8, 1/16, 1/32
Duplex	TDD

사양이며 특히 송신출력으로는 사용기와 상황에 따라 달라진다. 고정무선 기기의 경우 최대 출력은 4W(EIRP)이고, 개인/휴대용 기기는 최대 100mW(EIRP)이다. 하지만 개인/휴대용 기기에서 서비스 영역 내에 인접 채널로 1차 사용자가 존재할 경우 최대 출력은 40mW(EIRP)이하로 제한되게 된다. 그리고 Geolocation 데이터베이스 접속기능이 없고 스펙트럼 센싱 기능만 가지는 기기의 경우에는 최대 출력이 50mW(EIRP)로 제한된다.

3.2 광대역 CMOS RF 송·수신기의 구조

광대역(54 ~ 864MHz)을 커버하는 CMOS RF 송수신기 IC를 단일칩으로 구현하기 위해서는 직접 변환방식이 최적의 구조이며 그림 1과 같이 직접변환 Quadrature Modulator 구조의 송·수신기를 기본 구조로 설계하였다^{6,7}.

광대역을 커버하는데 있어 특히 고려해야 할 사항으로 대역내에 원하지 않는 고조파를 제거하는 것이다. 이러한 대역내에 존재하는 송신주파수의 하모닉 성분이나 불요파 성분을 억제하기 위하여 그림 1과 같은 구조를 제안하였으며 이 구조는 고주파대역과 저주파대역으로 분리하여 송수신기를 설계하였다.

본 구조에서 고주파 대역(450~862MHz)은 일반적인 IRM (Image Rejection Mixer)를 사용하여 주파수

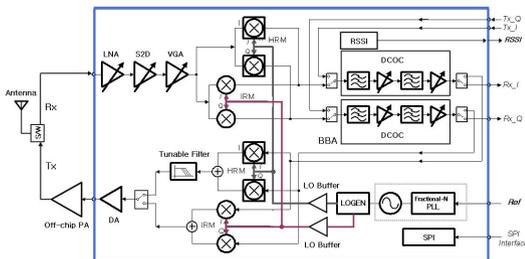


그림 2. 개발된 CMOS RF 송·수신기 IC의 구조

상향변환을 하게 되고 저주파 대역(54~450MHz)은 HRM(Harmonic Rejection Mixer)를 통하여 주파수 상향변환을 하게 된다. 이후 RF 가변필터를 통해 광대역 구동증폭기를 거쳐 약 -3dBm의 출력신호를 발생하여 안테나로 전달하게 된다.

그림 3은 송신부의 고조파 성분을 억압하는 스펙트럼을 나타낸 것으로 450MHz이하의 저주파 대역에서는 LO(Local Oscillator)신호의 multi-phase(45°/90°/135°)를 HRM 상향 변환기에 인가하여 3차 및 5차 고조파 성분들을 억압하도록 하는 구조로 이를 통과함으로써 대역내 고조파 성분을 억압시키고 7차 이상은 후단 필터로 제거하게 된다. 그리고 대역 밖의 고조파 성분은 900MHz대역에 고정 필터를 사용하여 제거하게 된다. 반면 450MHz 이상의 고주파 대역에서는 3차 고조파 성분도 이미 대역 밖에 존재하므로 간단한 IRM 상향 변환기를 적용하여 RF 필터를 통과한 후 대역 밖의 고조파 성분을 억압하도록 하였다.

또한 광대역 수신기를 설계할 위해 고려되어야 할 사항으로는 전체 대역을 커버하면서 동시에 잡음지수, 선형성, 원하지 않는 불요파들을 억압하는 것이다. 대역내에 존재하는 수신 주파수의 하모닉 성분이나 불요파 성분을 억압하기에 효과적인 구조를 선택해야 한다. 위 그림 2에서 보는 바와 같이 RF front-end의 경우 VHF/UHF 대역을 담당하는 저 잡음 증폭기(LNA: Low Noise Amplifier)와 S2D(Single to Differential), RF 가변이득 증폭기(Variable Gain Amplifier), 하향 믹서로 구성되어 있다. 특히 저 잡음 증폭기의 경우 광대역 정합과 낮은 잡음지수를 모두 고려해야 하는데 일반적으로 CG(Common Gate)구조는 광대역 정합이 용이하나 이득이 작고 잡음지수 특성이 좋지 않으며 CS(Common source)구조는 이득이 크고 잡음 특성이 우수하나 광대역 특성을 얻기가 어렵다. 따라서 CG와 CS 구조를 혼합한 새로운 구조를 제안하여 본 구조에 적용하였다. S2D의 경우 저 잡음 증폭기와 더불어 High/ Low 이득 모드를 사용함으로써

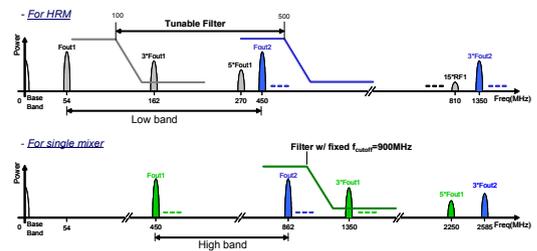


그림 3. 송신부의 고조파 성분 억압특성

써 입력신호의 크기 및 인접 채널 신호에 대한 선형성을 향상시켰다. RF 가변이득 증폭기의 경우 입력 단에 2-bit Capacitive divider를 이용하여 사용 주파수 대역에서 전체 RF front-end의 잡음지수 특성에는 영향을 주지 않으면서 더 큰 이득 마진을 가질 수 있도록 하였다. 하향 믹서의 경우 송신부와 같이 전체 대역을 나누어 HRM과 IRM을 혼용하여 이중 경로 구조를 사용하였다. 따라서 저주파 대역(54MHz ~ 450MHz)에서는 HRM 구조로 대역 내에 발생하는 3차와 5차 고조파 성분을 억압시키고, 고주파 대역(450MHz ~ 862MHz)에서는 IRM 구조를 적용하여 후단에 OP-amp를 이용한 전류 증폭기에 의해 상당히 높은 이득을 얻을 수가 있으며 동시에 전류 스위칭 형태이므로 고선형성을 얻을 수가 있다. 그림 4는 개발된 RF 송수신기 IC의 모듈이며 제작된 Bare IC는 7mm x 7mm QFN 타입의 Packaging으로 제작되었다.

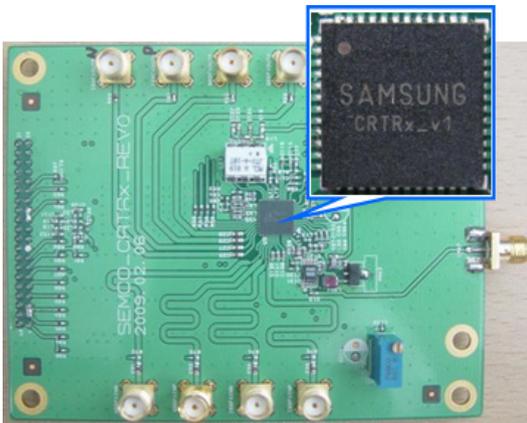


그림 4. 제작된 CMOS RF 송·수신기 IC의 테스트 보드

IV. RF 모듈 테스트 및 시스템 연동 테스트

4.1 CMOS RF 송·수신 IC 모듈 테스트

제안된 RF 송수신기 IC는 0.18um CMOS공정으로 개발되었으며 1.8V의 전원으로 동작하게 되며 QFN 형태의 packaged IC는 테스트 보드를 통하여 자체 테스트 및 WRAN 시스템의 기지국 및 단말 플랫폼에 각각 실장 되어 연동 테스트를 진행하였다.

RF 송신부의 회로는 BBA(Baseband Analog), IRM, HRM, RF 가변 필터, 구동 증폭기로 구성되며 off-chip 전력 증폭기를 포함하여 송신부의 특성을 최종 측정하였다. 마찬가지로 RF 수신부는 저 잡음 증폭기에서부터 하향변환 후 BBA를 거쳐 테스트가 진행되었다. RF 송수신부 모두는 On-chip에서의 PLL

이 Lock된 상태에서 VCO와 LOGEN을 포함하여 측정하였다. 54MHz에서 450MHz 대역의 HRM 경로 측정에는 LOGEN 블록의 분배비를 Div4 에서부터 Div24 까지 변화시키면서 측정하였다. 또한 고주파 대역인 450MHz에서 862MHz 대역에는 LOGEN 블록이 Div2와 Div3의 모드로 변경하면서 측정이 이루어졌으며 위의 그림 5는 RF 송수 모듈의 EVM 테스트 환경이다.

그림 6과 7은 송신측의 EVM(Error Vector Magnitude)을 테스트한 결과로 약 13dBm의 프리앰블 출력전력에서 6MHz의 대역폭을 가지는 IEEE 802.16d Wimax 기저대역 신호가 입력하였을 때 송신

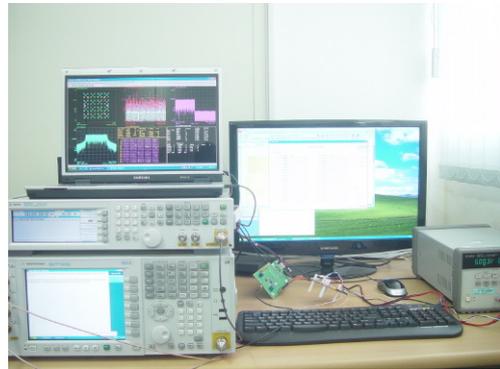


그림 5. RF 송·수신기 IC의 테스트 환경

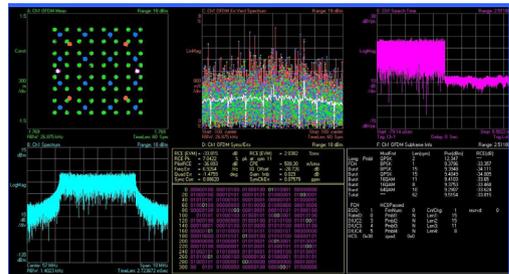


그림 6. 송신측 EVM 테스트 결과(@57MHz)

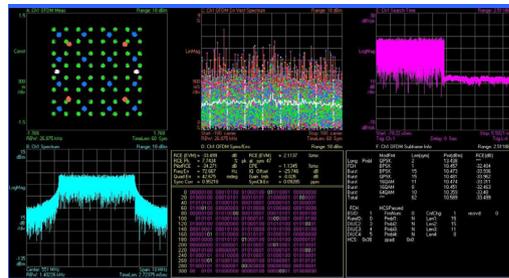


그림 7. 송신측 EVM 테스트 결과(@551MHz)

측에서는 57MHz(2채널)와 551MHz(27채널)에서 각각 약 -33.8dBc (2.0%rms)/ -33.5dBc (2.1%rms)의 성능을 나타내었다. 또한 54 ~ 862MHz의 전 대역에 대해 EVM은 모두 -31.4dBc 이하의 특성을 만족하였으며 전체 EVM 측정결과에서 보는 것처럼 LO 성분과 Image 성분이 충분히 낮고 송신기의 선형성이 우수한 결과를 얻었다. 사용된 신호는 각 Burst마다 QPSK/16QAM/ 64QAM으로 다른 변조 방식을 적용하여 테스트를 진행하였다. 그리고 그림 8은 수신측의 EVM 측정결과로 64QAM으로 변조된 6MHz 대역폭을 가지는 551MHz의 주파수 신호가 수신기에 입력되었을 때의 VM은 약 -31.9dBc (2.5%rms)로 측정되었다. 또한 표 2는 개발된 RF 송·수신기 IC의 성능지수를 나타낸 것으로 송신측에 off-chip PA를 포함하여 테스트한 결과이다.

54 ~ 8602MHz의 광대역에 따른 대역내 고조파를

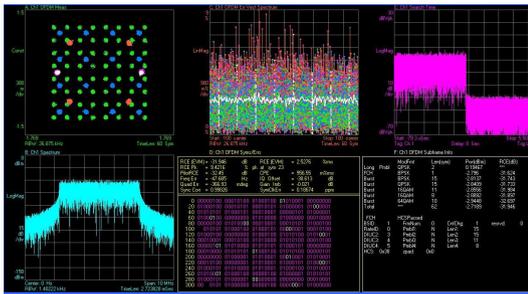


그림 8. 수신측 EVM 테스트 결과(@551MHz)

표 2. 개발된 CMOS RF 송·수신기 IC의 성능지수

Parameter	Unit	Meas.	Remark	
Tx	Frequency	MHz	54 ~ 862	
	Max. output(P1dB)	dBm	+18.2 ~ +19.8	w/ PA
	Output-referred IP3	dBm	+28.4 ~ +34.6	w/ PA
	In-band spurious	dBc	< -42	
	Carrier/Image suppression	dBc	< -41	
Tx EVM	dB	< -31.4 (2.7%)	-33.5 @551MHz	
Rx	Noise Figure	dB	6	< 6dB (@<650MHz)
	Max. RF Input	dBm	-4	
	Gain Dynamic Range	dB	105	
	Harmonic Rejection (3th / 5th)	dBc	49.7 / 59.7	
	Rx EVM	dB	< -31.4 (2.7%)	-31.9 @551MHz
PLL	Phase noise	@10kHz	dBc/Hz	-90
		@100kHz	dBc/Hz	-107
		@1MHz	dBc/Hz	-122
	Integrated PN (1kHz ~ 10MHz)	degree	< 0.8°rms	
	Spur	dBc	-74	

억압시키기 위해 개발된 송·수신구조는 전체 주파수를 두 개의 경로로 나누어 저주파 대역에서는 하모닉 제거 믹서를 적용하고 상주대역에서는 이미지 제거 믹서로 상향 변환 후 가변필터를 사용하는 구조로 설계하였다. 측정결과 하모닉 억압특성은 -42dBc의 우수한 특성을 얻었고 을 수 있었다. 또한 광대역 RF 수신기의 낮은 잡음지수를 위한 저 잡음 증폭기도 새로운 구조를 제안 및 설계하여 전체 RF 수신기를 광대역임에도 불구하고 1-chain으로 구성할 수 있었다. 그리고 그림 9는 개발된 RF 송·수신기 IC의 모듈이 실장된 WRAN 시스템 단말 플랫폼의 내부사진으로 RF 송수신 모듈은 I/Q 인터페이스를 통해 DAC/ADC에 각각 연결되어 구성하였다.



그림 9. 개발된 WRAN 시스템 플랫폼 내부사진

4.2 WRAN 시스템 연동 테스트

아래의 그림 10은 인지무선 기술 기반의 WRAN 시스템 연동 테스트 구성도 보여주고 있으며 1차 사용자의 출현을 위해 신호 발생기에서 D-TV 신호를 우선으로 연결한 후 인가되도록 하였다. 단말(CPE 또는 UE)/ 스펙트럼 센싱 플랫폼과 기지국(BS 또는 AP)으로 구성되어 있으며 IEEE802.22 표준을 기반으로 하는 통신절차를 수행하도록 하였다. 그러나 무선 환경 테스트에서는 송수신용 안테나의 크기 문제로 인

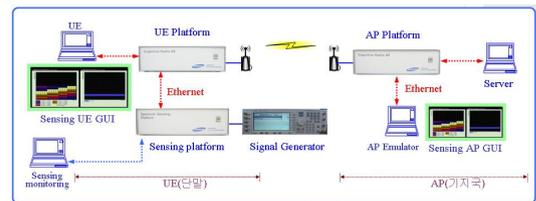


그림 10. 개발된 인지무선 기술 기반의 WRAN 시스템 연동 구성도

해 UHF 대역의 안테나를 사용하여 500MHz 대역에 서만 무선 테스트가 진행하였다. 또한 초기 절차를 통해 할당된 채널을 통해 단말이 기지국 서버에 있는 멀티미디어 영상을 전송 받아 구동되는 것이 그림 11에서 보여주고 있다. 단말과 기지국 사이 통신을 위하여 사용되는 주파수 채널에 대한 할당은 단말 측정 결과 보고에 기반으로 하여 기지국에서 이루어진다.

개발된 각 모듈을 무선 통합 연동 시험을 통해 원활한 성능 테스트 및 기능 검증이 가능하며 단위 모듈 별 기능 검증 시험을 선행 진행하였으며, 모듈 단위 연동 시험을 통하여 세부적인 기능 시험이 수행되었다.

세부 기능 검증을 통해 전체 시스템 연동 시험도 수행하였으며 응용 모듈 연동 테스트 등이 이루어 졌으며 개발한 시스템 플랫폼을 통하여 다양한 스펙트럼 센서 알고리즘의 개발 환경의 효율적인 구성이 가능하고 또한 검증이 가능하도록 구현하였다. 그림 12는 개발된 WRAN 시스템 연동 환경으로 신호 발생기(SG)를 통해 1차 사용자를 발생시키게 되면 센싱 플랫폼에서 이를 감지하고 기지국으로부터 물리적 채널 변경을 수행하게 된다. 이때 물리적 채널의 변경을 신호분석기(SA)에 안테나를 이용하여 실시간으로 물리적 채널의 변경 상황을 볼 수 있도록 하였다.



그림 11. 단말이 기지국 서버에 접속한 후 멀티미디어를 구동함

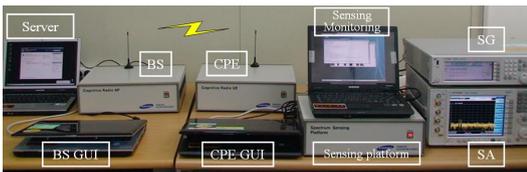


그림 12. 개발된 인지무선 기술 기반의 WRAN 시스템 연동 테스트 환경

V. 결 론

본 논문은 무선인지(Cognitive Radio) 기반의 WRAN 시스템에 적용된 광대역 CMOS RF 송수신기 IC를 개발하였으며 이에 설계된 구조를 제안하였다. 단일 칩으로 개발된 CMOS RF 송수신기는 WRAN 시스템의 사양을 만족하는 성능을 얻었으며 개발된 IC 모듈은 플랫폼에 실장 되어 모뎀 IC와의 인터페이스를 통해 UHF대역 무선 환경에서 WRAN 시스템 연동 테스트를 진행하였다. 향후 WRAN 시스템의 SoC 적용뿐만 아니라 또 다른 모델로 상층대역을 활용한 휴대용 단말 구현에도 적용될 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] J. Mitola III, "Cognitive Radio Architecture", Wiley-interscience, 2006.
- [2] Carl R. Stevenson et al., "Functional requirements for the 802.22 WRAN standard", IEEE802.22-05-007-48- 0000, Nov. 2006.
- [3] IEEE P802.22, Draft Standard for Wireless Regional Area Networks Part 22: Cognitive Wireless RAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer(PHY) specifications: Policies and procedures for operation in the TV Bands.
- [4] FCC-08-260, "Second report and order", Nov. 2008.
- [5] FCC-02-328A1, "Additional Spectrum for Unlicensed Devices Below 900 MHz and in the 3 GHz Band", Dec. 2002.
- [6] Scott K. Reynolds et al., "A Direct-Conversion Receiver IC for WCDMA Mobile Systems", IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol.38, No.9, September 2003.
- [7] Rami Ahola et al., "A Single-Chip CMOS Transceiver for 802.11a/b/g Wireless LANs", IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol.39, No.12, December 2004.

민 준 기 (Jun-ki Min)

정회원



2000년 2월 광운대학교 전자공학
학과(공학사)
2002년 2월 광운대학교 전파공
학과(공학석사)
2007년 2월 광운대학교 전파공
학과(공학박사)
2007년 3월~현재 삼성전기 중
앙연구소 책임연구원

<관심분야> Cognitive Radio 기술, 스펙트럼 센싱
기술, 광대역 RF 회로/시스템 설계

김 기 흥 (Ki-hong Kim)

정회원



1987년 연세대학교 전자공학과
(공학사)
1989년 연세대학교 전자공학과
(공학석사)
2005년 12월 Georgia Tech.,
ECE. Ph.D.
1989년 5월~1998년 6월 한국
전자통신 연구원 이동통신 연구단 선임연구원

2005년 11월~현재 삼성전기 중앙연구소 수석임원
연구원

<관심분야> 무선인지(Cognitive Radio)기술, 이동통신
전송 기술, 스펙트럼 센싱 기술

황 성 호 (Sung-ho Hwang)

정회원



2003년 2월 경북대학교 컴퓨터
공학과 공학박사
2004년 Postech 박사후 연구원
2006년 Georgia Tech 박사후
연구원
2007년 2월~현재 삼성전기 중
앙연구소 책임연구원

<관심분야> Cognitive Radio, 다중접속기술(MAC),
60GHz 대역용 MAC, 4세대 이동통신기술

박 용 운 (Yong-woon Park)

정회원



1992년 2월 인하대학교 전기
공학과 공학사
1998년 3월 (주)효성중공업
자동차사업부
2004년 3월 일본 東北대학교
전자공학과 공학석사
2007년 3월 일본 東北대학교
전자공학과 공학박사

2007년 4월~현재 삼성전기 UC(Ubiquitous Solution)
Team 책임연구원

<관심분야> Cognitive Radio, Noise Cancellation
System, Smart Grid