

# 휴대형 모바일 와이맥스 기지국 신호분석 시스템 설계

최 종 호\*

## Design of Portable Signal Analysis System for Mobile WiMax Base Station

Jong-Ho Choi\*

### 요 약

본 논문에서는 공통의 플랫폼을 기반으로 하는 모바일 와이맥스 기지국 운용용 휴대형 신호분석 시스템의 설계방법을 제안하고, 이를 하드웨어 모듈로 구현하였다. 새롭게 제안한 신호분석 방법은 RF 신호의 IF 신호로의 하향 변환 및 이득제어를 수행하는 광대역 RF 모듈과 계측 기능을 수행하는 DSP 기반 디지털 신호분석 모듈로 구현하는 것이다. 타 고정 대형 시스템과의 비교를 통해 수행한 신호분석 알고리즘의 성능을 검증한 결과, 분해능의 차이는 없음을 확인하였다.

Key Words : WiMax, Signal Analysis, Broadband RF Module, Digital Signal Analysis Module, Portable signal

### ABSTRACT

In this paper, the design method of portable signal analysis system is proposed and the hardware module is implemented for operation of base stations based on a common platform for mobile WiMax. The new signal analysis method is implemented as two modules; a broadband RF module and a DSP based digital signal analysis module. The RF module performs the RF-IF down conversion and gain control. And the digital module measure the base station signal. The differences of performance are insignificant in the experiment results performed through the comparison of other fixed-large system and proposed system.

### 1. 서 론

현재의 이동전화는 2G/2.5G(CDMA2000 1x)로부터 3G(1x EV-DO/WCDMA)를 거쳐 4G로 발전하는 전단계인 Pre-4G에 위치하고 있고, Pre-4G

에서의 핵심 기술은 모바일 와이맥스이다. 모바일 와이맥스는 우리나라 10대 차세대 성장동력 사업의 대표적인 성과물로서 모바일 브로드 밴드 시대를 견인할 수 있는 핵심 기술이다. CDMA까지는 선진국이 개발한 원천 기술들을 일방적으로 수용

\* 교신저자: 강남대학교 전자공학과 교수 (jhchoi@kangnam.ac.kr)

접수일자 : 2011년 01월 04일, 수정일자 : 2011년 01월 25일, 심사완료일자 : 2011년 01월 31일

하여 사용하는 수준이었지만 모바일 와이맥스는 우리나라가 서비스 개념을 창안하고 국제표준으로 성립시킨 최초의 통신기술이라는데 큰 의미가 있다.

모바일 와이맥스는 직교 주파수분할 다중접속 (OFDMA: Orthogonal Frequency Division Multiple Access), 다중 입출력(MIMO : Multiple Input Multiple Output), 스마트 안테나 등 차세대 신기술을 적용하여 초고속 대용량 데이터 전송에 적합하고 양방향성과 이동성이 우수한 서비스로 2.3GHz 주파수를 사용하는 초고속 휴대 인터넷을 지칭하는 것이다[1,2,3]. 휴대 인터넷으로도 불리는 모바일 와이맥스는 기존의 무선 랜과 비슷한 개념이나, 기존의 무선 랜은 도달거리가 짧아서 이동중이거나 AP에서 멀어지면 사용이 불가능하다. 모바일 와이맥스는 무선 인터넷과 무선 랜의 장점을 합친 초고속 휴대 인터넷 서비스라고 할 수 있다.

내 통신시장은 해외보다 훨씬 빠르게 신규 서비스를 지속적으로 선보이고 있다. 따라서 새로운 계측장비의 수요도 지속적으로 발생하고 있다. 현재까지 통신 계측 시스템 시장의 대부분은 글로벌 외산 업체가 점유하고 있으나, 현재까지 개발되어 있는 대부분의 모바일 와이맥스 관련 신호분석 시스템은 휴대가 불가능한 고정형의 대형 시스템이다[4,5].

본 논문에서는 공통의 플랫폼을 기반으로 하는 모바일 와이맥스 기지국 운용용 휴대형 신호분석 시스템의 설계방법을 제안하고, 이를 하드웨어 모듈로 구현하였다. 휴대형 모바일 와이맥스 신호분석 시스템은 기지국 운용 및 유지보수에 사용되는 시스템에 탑재될 경우, 모바일 와이맥스 서비스 사업자의 무선망 운용 관련 엔지니어들이 간편하게 휴대할 수 있기 때문에 사업자 운용 시스템과 RAS 및 중계기 개발 등의 기업에서 필드운용 및 유지보수용 시스템으로 널리 활용될 수 있다. 본 논문에서 제안한 IEEE 802.16x 표준 기반 무선/고속/이동 인터넷 서비스 운용 시스템의 성능분석을 위한 모바일 와이맥스 기지국 운용용 휴대형 신호분석 설계방법의 유용성을 실험을 통해 검증한 결과, 스펙트럼 분석, 변조신호 분석, 파형감시, 채널전력 측정 등의 측면에서 우수한 성능을 나타

냈다.

## II. 모바일 기지국 시스템

기지국 시스템(BSS : Base Station System)은 기지국 제어기(BSC : Base Station Controller)와 기지국 트랜시버(BTS : Base Transceiver) 로 구성된다. 기지국 제어기는 각종 유선망과의 접속 및 기지국 트랜시버의 제어를 담당하고, 기지국 트랜시버는 이동국과의 무선전송을 담당한다. 통신의 품질을 보장하기 위해서는 BTS에 전송되는 신호를 계측하여 신호의 성능을 분석하는 것이 필요하다. 그림 1에 모바일 기지국 시스템을 나타냈다.

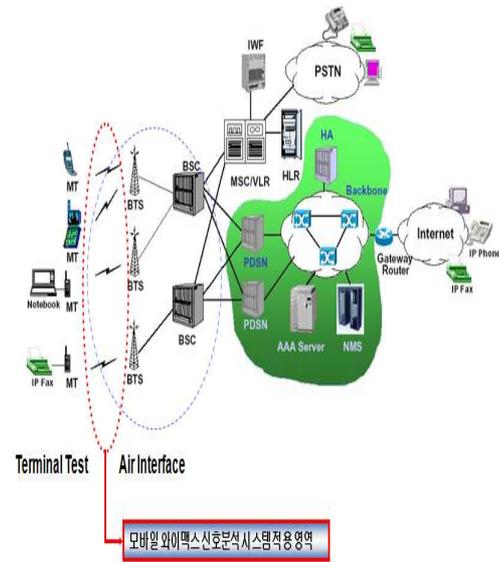


그림 1. 모바일 기지국 시스템  
Fig 1. Mobile base station system

모바일 와이맥스 신호분석 시스템은 하위 3계층 즉 물리 계층, 데이터링크 계층, 네트워크 계층에 적용되는 것으로 그림 2에 나타낸 바와 같이 하위 3계층을 통해 이루어지는 기지국 BS와 이동국 MS간의 통신에서 전송신호를 분석하기 위한 것이다

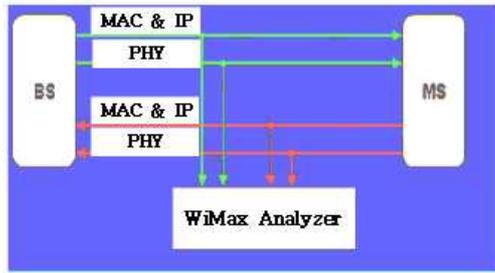


그림 2. 와이맥스 신호분석 프로토콜  
Fig 2. Protocol of WiMax signal analysis

### III. 모바일 와이맥스 신호분석 시스템 설계

모바일 와이맥스 기지국의 운용 및 유지보수를 효율적으로 수행하기 위해서는 송수신 신호를 다양한 파라미터로 분석하여 이상 유무를 지속적으로 확인하는 것이 필요하다. 새로운 신호분석 방법은 RF 신호의 IF 신호로의 하향 변환 및 이득 제어를 수행하는 광대역 RF 모듈과 계측 기능을 수행하는 DSP 기반 디지털 신호분석 모듈로 구분된다.

#### 1. 신호분석 파라미터

광대역 RF 변환 모듈과 DSP 기반 디지털 신호 분석 모듈로 구성되는 신호분석 시스템 설계에서 고려해야 하는 각종의 파라미터를 표 1에 나타냈다.

신호분석 파라미터에서 가장 중요한 것은 신호의 주파수 성분을 분석하는 것이다. 입력신호에 대해 최대 30MHz 간격으로 주파수영역의 스펙트럼을 분석하기 위한 것으로 분해 대역폭 RBW는 30kHz이고, 내부 비디오 필터의 차단주파수를 변화시켜 모니터상의 스펙트럼 형태를 결정하는 비디오 대역폭 VBW는 100Hz이다. 전력 대 시간 비는 모바일 와이맥스 신호가 전이중 방식으로 다운링크 신호와 업링크 신호가 시간적으로 분리되는 TDD 방식을 사용하기 때문에 시간을 기준으로 한 전력변화를 분석함으로써 다운링크 구간 및 업링크 구간이 상호 간섭없이 유지되는지의 여부를 확

인하기 위한 것이다.

변조 품질(Modulation Quality)은 IQ constellation, EVM(Error Vector Magnitude) 등의 측정을 통해 분석이 가능하다.

<표 1> 신호분석 파라미터  
<Table 1> Parameter for signal analysis

Measurement Channel Bandwidth	5 MHz, 7 MHz, 8.75 MHz, 10 MHz, 15MHz, 20MHz, 28MHz	
Transmitter	Modulation	Spectral flatness
		Residual constellation error
	Analysis	Power versus Time
		Channel Power
		IQ offset
		Frequency error
		Power statistics CCDF
	Spectral Mask	
	Waveform - Average power	
Receiver		Power versus Time
		Channel Power
		Frequency error

모바일 와이맥스 신호의 IQ constellation, EVM(Error Vector Magnitude), RCE(Residual Constellation Error) 등을 측정함으로써 변조기의 이상 유무 송수신 경로의 이상 유무를 확인하는 것이 가능하다.

CCDF(Complementary Cumulative Distribution Function)는 신호의 PAR(Peak to Average Ratio)에 관련되는 것이다. 신호의 PAR은 전력증폭기 등 아날로그 RF 회로 설계에서 가장 중요한 파라미터이다. 아날로그 변조(AM, FM) 신호의 PAR은 6dB를 초과하지 않지만, 디지털 변조(CDMA, OFDM) 신호의 PAR은 10dB 이상인 경우가 대부분이다. 이러한 이유로 정확한 PAR 측정은 아날로그 회로의 설계 및 검증에서 필수적인 과정이다. 일반적으로 PAR 및 평균전력에 대한 특정 전력레벨의 분포를 알기 위해 CCDF 분석을 수행하고 있기 때문에 신호분석 알고리즘은 모바일 와이맥스 신호의 특정구간(다운링크 또는 업링크)에 대한 CCDF 분석이 가능하도록 설계하는 것이 필요하다.

## 2. 광대역 RF 모듈

광대역 RF 모듈은 하향 변환(Down conversion) 및 이득제어(Gain control)를 통해 RF(2.1GHz ~ 2.7GHz) 대역신호를 IF(125 MHz) 대역신호로 변환하는 기능을 수행하는 것으로 시스템의 구성도를 그림 3에 나타냈다.

광대역 RF 모듈에서는 첫 번째 단의 감쇠기를 사용하여 +20dBm의 신호를 입력할 수 있도록 설계하고, 첫 번째 단의 리미터와 중간블록에 있는 RSSI 검출기를 사용하여 과도입력에 대한 회로보호 기능을 구현한다. 입력 주파수는 상향 변환하여 5GHz 대역으로 상향 조정된 후에 불필요한 신호를 제거하고, 다시 원하는 주파수 대역으로 하

향 변환한다. A/D 변환기의 입력신호는 125MHz에 30MHz의 대역폭을 갖는 신호이고, 채널선택 필터는 디지털 방식으로 구현한 디지털 필터이다. 한편, 광대역 RF 합성기는 2개의 LO 블록으로 구성하고, DDS를 사용하여 1Hz의 분해능을 갖도록 구현하며, Doubler를 사용하여 원하는 5GHz대역의 신호를 발생시킨다.

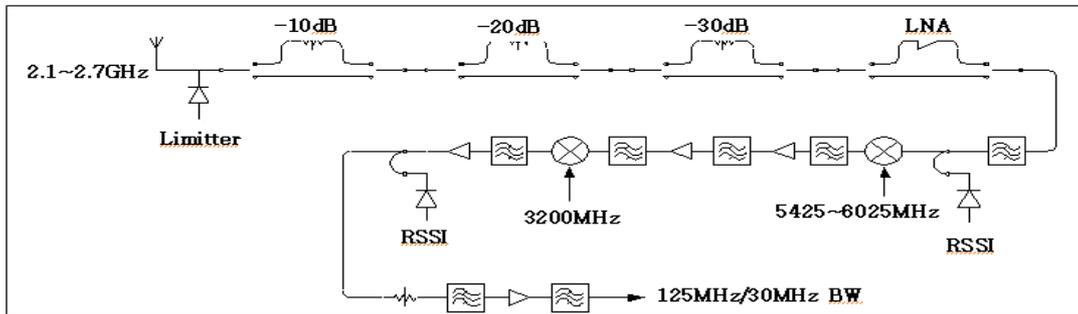


그림 3. 광대역 RF 모듈의 블록도  
Fig 3. Block diagram of broadband RF module

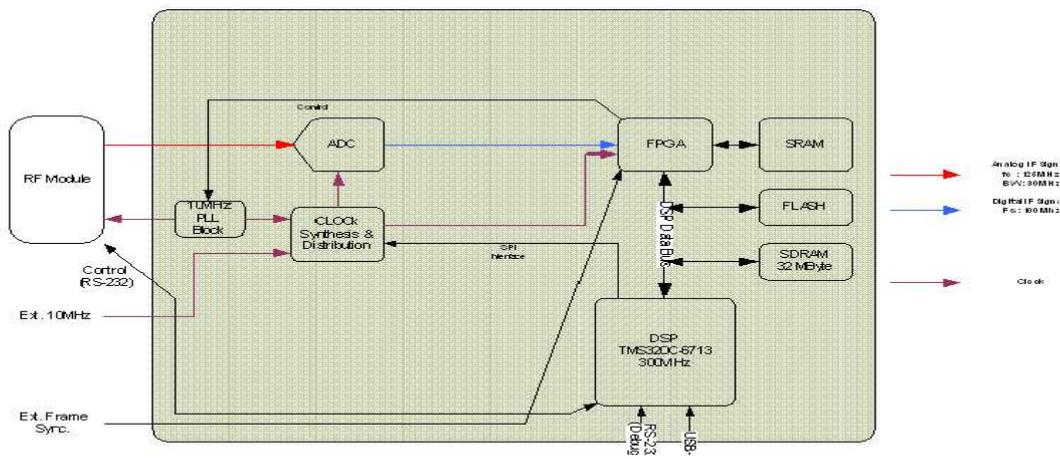


그림 4. DSP 기반 디지털 신호분석 모듈의 블록도  
Fig 4. Block diagram of digital signal analysis module using DSP

### 3. DSP 기반 디지털 신호분석 모듈

DSP 기반 디지털 신호분석 모듈의 블록도를 그림 4에 나타냈다. 입력신호는 광대역 RF 모듈로부터 입력되는 아날로그 IF 신호, RF 모듈 제어응답 신호, PC와의 통신을 위한 USB 신호로 구성된다. 출력신호는 RF 모듈에 제공되는 10MHz Reference, RF 모듈 제어를 위한 RS-232 신호, PC와의 통신을 위한 USB 신호로 구성된다. 입력신호는 ADC(Analog to Digital Converter)를 거쳐 FPGA 내부의 DDC(Digital Down Converter) 블록에서 기저대역 신호로 변환하고, FPGA는 기저대역 신호를 저장하고 인터럽트를 발생시켜 DSP에 전송하며, DSP는 저장된 신호를 읽어 신호분석을 수행한다.

디지털 신호분석 모듈에서 클럭 합성 및 분배는 내부 10MHz VCO에 동기된 120MHz 클럭을 ADC, FPGA, DDC에 전송한다. ADC는 아날로그 입력 IF 신호를 디지털 IF 신호로 변환하는 것으로  $f_{in}$ (Input Signal Frequency)은 125MHz이고, 입력 신호의 대역폭은 30MHz이다. 그리고  $f_s$ (Sampling Frequency)는 100MHz, 분해능은 14비트이다. 샘플링된 디지털 신호의 주파수 성분을 그림 5에 나타냈다.

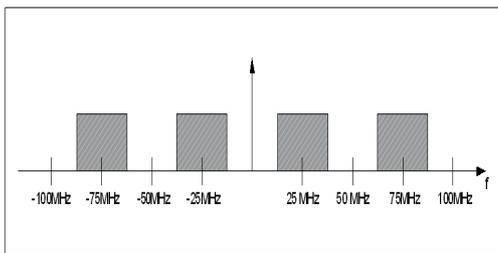


그림 5. 디지털 신호의 주파수 성분  
Fig 5. Frequency components of digital signal

디지털 신호분석 모듈에서 사용된 FPGA는 디지털 IF 신호에 정현파 신호를 믹서를 통해 기저대역 신호로 변환하는 디지털 하향 변환을 수행하고, CIC Decimator를 통과 시켜 낮은 전송율의 신호로 변환한다. 이후 FIR 필터링을 통해 영상신호를 제거하고, 광대역 RF 모듈과의 통신을 위한 직렬통신 인터페이스를 DSP에 제공하고, DSP에 저장된 데이터를 전송한다. 이 경우 기저대역 IQ신

호는 SRAM에 저장한다. 그림 6에 FPGA의 블록도를 나타냈다.

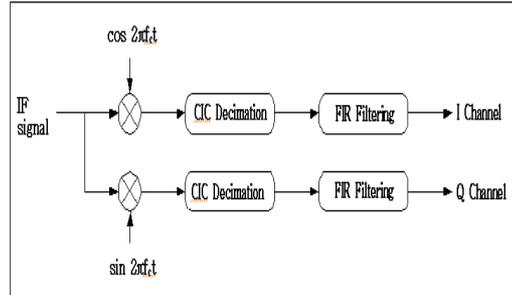


그림 6. FPGA의 블록도  
Fig 6. Block diagram of FPGA

### IV. 실험

본 논문에서는 와이맥스 신호분석 설계방법을 계측 시스템으로 개발하여 설계방법의 유용성을 평가하였다. 그림 7에 설계방법의 유용성을 평가하기 위해 개발한 모바일 와이맥스 신호분석 시스템을 나타냈다.



그림 7. 모바일 와이맥스 신호분석 시스템  
Fig 7. Mobile WiMax signal analysis system

와이맥스 신호분석 시스템을 이용하여 모바일 와이맥스 신호의 주파수 성분을 분석하기 위한 스

펙트럼 분석, 다운링크 구간 및 업링크 구간이 상호간섭없이 유지되는지의 여부를 확인하기 위한 전력변화 분석, 모바일 와이맥스 신호의 IQ constellation, EVM(Error Vector Magnitude), RCE(Residual Constellation Error) 측정 등을 수행하였다. 그림 8과 그림 9에 각각 스펙트럼 분석 결과와 전력 대 시간 비 측정 결과를 나타냈다. 와이맥스 신호분석 시스템을 이용하여 계측한 파라미터의 신뢰성 분석은 분해능이 높은 다른 대형의 고정시스템을 이용하여 계측한 결과와 비교하는 방법으로 수행하였다. 성능 비교 결과, 본 논문에서 제안한 설계방법을 적용한 모바일 와이맥스 신호분석 결과는 대형의 다른 고정시스템과 비교해서 분해능의 차이가 없어 기지국 운용 및 유지보수에 영향을 미치지 않는 것을 확인하였다.

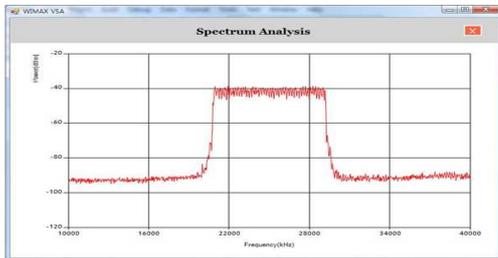


그림 8. 스펙트럼 분석 결과  
Fig 8. Result of spectrum analysis

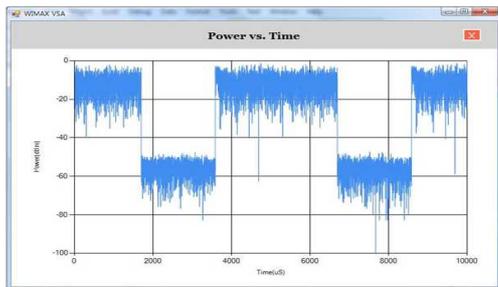


그림 9. 전력 대 시간 비 측정 결과  
Fig 9. Result of power vs time measurement

## V. 결론

모바일 와이맥스는 새롭게 제정된 무선 광대역 접속을 위한 규격이다. 따라서 모바일 와이맥스 서비스 시스템을 설치하여 운용하는 경우, 유지보수 관련 시스템의 운용은 필수이다. 현재까지는 휴대가 불가능한 대형의 고정시스템만이 개발되어 사용되어 왔으나, 본 논문에서는 휴대형의 시스템을 개발하기 위한 새로운 설계방법을 제안하고 이를 계측 시스템으로 구현하여 성능을 검증하였다. 실험을 통해 시스템의 유용성을 검증한 결과, 다른 대형의 고정시스템과 분해능 차이가 매우 미미한 것을 확인하였다. 향후, 본 논문에서 제안한 설계방법은 와이맥스를 비롯한 다양한 모바일 신호 계측기에 널리 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

## 참고 문헌

- [1] IEEE 802.16 working group : <http://ieee802.org/16/>
- [2] WiMAX Forum: <http://www.wimaxforum.org>
- [3] IEEE Std 802.16-2009, IEEE standard for local and metropolitan area networks, Part 16: Air interface for broadband wireless access systems, May 2009.
- [4] Pierce Nagle, et al. "A Wide-Band Linear Amplitude Modulator for Polar Transmitters Based on the Concept of Interleaving Delta Modulation", IEEE JSSC, Vol.37, No.12, 12, pp.1748-1756, 2002.
- [5] K. Y. Nam, et al. "A low-voltage low-power Sigma-delta Modulator for Broadband Analog-todigital Conversion", IEEE JSSC, Vol.40, No.9, 8, pp.1855- 1864, 2005.

---

저자약력

---

**최 종 호(Jong-Ho Choi)**                      **정회원**



1982년 2월 : 중앙대학교 전자  
공학과 학사

1984년 2월 : 중앙대학교 전자  
공학과 석사

1987년 2월 : 중앙대학교 전자  
공학과 박사

현     재 : 강남대학교 전자  
공학과 교수

<관심분야> 영상통신, 제스처인식, 컴퓨터시각 등