

능동형 기지국안테나의 PIMD 특성분석

PIMD Performance Test of Active Baseband Antenna

김 재 학*, 정 영 배***

Kim Jae-Hak*, Young-Bae Jung***

Abstract

As the mobile services have been increased, the interference of the neighboring base stations is increased and the PIMD(Passive Inter-Modulation Distortion) has been a main issue for the design of base station antenna systems. In this paper, it is proposed the PIMD test method for the active basestation antenna whose radiators are directly connected with main active parts including amplifiers, and we presents its test results using a developed active basestation antenna. From the results, the active basestation antenna has the better PIMD performance than conventional passive structure by 8.4dB. The proposed PIMD test method can be used to get the accurate PIMD test result because the test environment is very similar with real basestation.

요 약

이동 통신 서비스가 확대됨에 따라 인접 기지국 간의 간섭 문제가 증가하게 되었으며, 이에 따라 이동통신 시스템의 수동 상호변조왜곡(PIMD: Passive Inter-Modulation Distortion)에 대한 문제가 크게 대두되고 있다. 본 논문에서는 기존의 수동형 안테나구조에서 증폭기 등의 핵심 능동부가 기지국안테나의 방사소자에 직접 연결되는 안테나 일체형 능동안테나에 대한 새로운 PIMD 특성시험 방안을 제안하고 이에 대한 시험결과를 제시한다. 제안된 시험결과 통하여, 능동형 기지국안테나는 기존의 수동형 구조에 비하여 약 8.4dB의 PIMD 개선효과를 가지며, 제안된 PIMD 시험방식은 기지국안테나가 실제 기지국에서 운용되는 환경에 근접하게 시행됨으로써 보다 정확한 시험결과를 도출할 수 있을 것으로 판단된다.

Key Word: antenna, PIMD, inter modulation. basestation, active module

1. 서론

급속한 성장을 보이고 있는 무선 이동통신서비스는 수요자가 원하는 정보를 언제 어디서나 이용할 수

있는 이동성과 편의성을 제공하기 위하여 꾸준한 기술적 진보를 거듭해 오고 있으며, 향후에는 수GHz bps급의 대용량 데이터를 초고속으로 전송할 수 있는 5세대 통신서비스로 발전해 나가고 있다. 이러한 데이터 용량증대와 통화품질 개선을 위한 주요 기술적 극복과제로 채널 간의 간섭이 중요한 기술적 문제가 되고 있으며, 이중 수동 상호변조왜곡 현상(PIMD)에 대한 관심과 성능개선을 위한 연구활동은 날로 증가하고 있는 실정이다[1-6]. PIMD는 능동소자에 의하여 발생되는 능동 상호변조왜곡과는 달리 위성 통신과 같은 고출력 통신 시스템에서만 고려되어온 현상으로 상용 이동통신 시스템에서는 거의 무시되어온 것이 사실이다. 그러나, 이동통신 서비스가 확장됨에 따라 인접 기지국 간의 간섭이 증가하고, 그에 따른 상호 변조왜곡 문제도 증가하면서 PIMD에 대한 관심은 더욱 커질 것으로 보인다[7].

* Laboratory, Ace Technology Inc.
(ykh95@naver.com, 031-458-1367)

** Dept. of Electronics and Control Engineering,
Hanbat National University
(ybjung@hanbat.ac.kr, 042-821-1136)

★ Corresponding author

※ This research was supported by the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education, Science and Technology (2011-0013213)

Manuscript received June 5, 2013; revised June 11, 2013; accepted June 12, 2013

또한, 이동통신서비스의 고도화에 따라 수동형 기지국안테나 인근에 증폭기모듈을 설치함으로써 시스템의 방사전력 및 시스템 전력효율을 개선하는 기존의 방식을 탈피하여, 증폭기 등의 핵심 능동부를 안테나의 방사소자에 직접 연결하는 능동형 안테나에 대한 연구가 매우 활발하다. 그러나, 능동형 기지국안테나의 PIMD 특성연구는 지금까지 이루어지지 않아 이에 대한 세부적인 분석이 필요한 실정에 있다. 본 논문에서는 상술한 능동형 기지국안테나의 PIMD 특성을 기존의 수동형 기지국안테나와 비교함으로써 능동형 기지국 구축에 대한 기술적 지침으로 적용될 수 있도록 하였다.

II. PIMD 시험환경 구축

능동형 기지국안테나의 PIMD 특성을 확인하기 위한 측정장비 구성은 (그림 1)과 같다. 본 시험에서는 능동형 기지국안테나가 실제 기지국에서 동작하는 상황과 동일한 조건에서 시험하기 위하여 기존의 PIMD 장비를 사용하지 않고, 신호발생기(signal generator)를 통하여, 2개의 신호 ($f_1=2113\text{MHz}$, $f_2=2115\text{MHz}$, $\Delta=2\text{MHz}$)를 측정대상 안테나에 입력하도록 하였다. 이때, 수동형과 능동형 기지국안테나 모두 안테나의 방사출력(EIRP)이 4W가 되도록 하였다. 기지국안테나로부터 방사된 신호전력은 이격거리 9m에 위치한 표준 혼 안테나(standard gain horn)를 이용하여 수신하도록 하였으며, 수신전력이 신호분석기(spectrum analyzer)의 최저 잡음전력(noise floor) 수준 이상으로 유지하기 위하여 저잡음 증폭기를 부가하였다. 이때 수동형과 능동형 기지국안테나의 측정환경은 모두 동일하게 구성함으로써 측정환경의 차

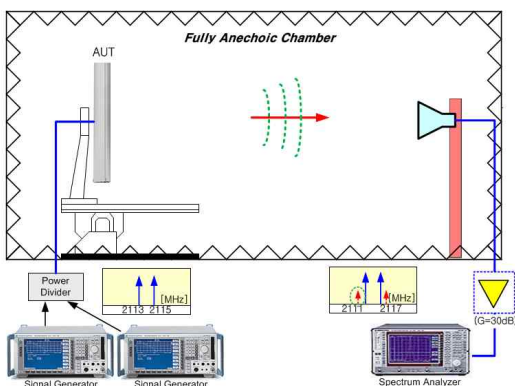
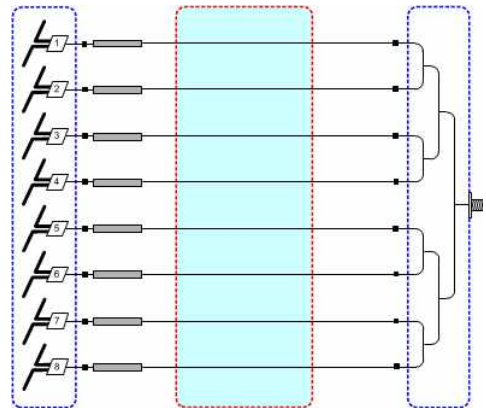
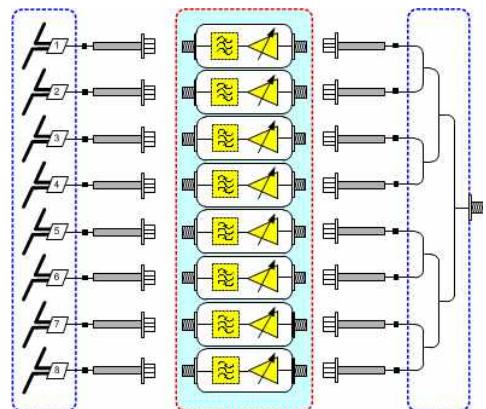


그림 1. 기지국안테나의 PIMD 시험구성
Fig. 1. PIMD Test setup for basestation antennas

이로 인한 PIMD의 상대적 성능에 영향을 미치지 않도록 하였다. 본 논문에서 시행된 모든 시험은 Orbit사의 무반사실 (Anechoic chamber)에서 수행하였다. (그림 2)는 본 시험을 위하여 사용된 수동형 및



(a) 수동형 기지국안테나



(b) 능동형 기지국안테나

그림 2. PIMD 시험을 위한 수동형 및 능동형 기지국안테나의 구조

Fig. 2. Passive and active basestation antenna for PIMD test

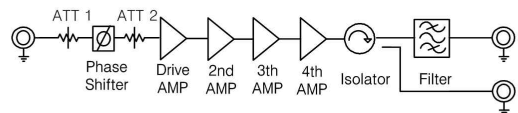


그림 3. 능동형 기지국안테나의 능동모듈 구조
Fig. 3. Active module structure of active basestation antenna

능동형 기지국안테나의 구조를 도식하고 있다. (그림 2)의 (a)에 도식된 수동형 기지국안테나는 기존에 널리 사용되고 있는 (주)하이게인안테나의 WCDMA 서비스용 상용모델로서 8개의 평판형 다이폴 방사소자로 구성되었으며 26dBi의 이득을 갖는다. (그림 2)의 (b)는 능동형 안테나의 PIMD 시험을 위하여 제작한 기지국안테나로 (그림 2)의 (a)에 도식된 안테나를 능동형 구조를 변경하여 개발하였다. 따라서, 능동형 기지국안테나 역시 8개의 동일한 방사소자로 구성되었으며, 각 안테나소자는 개별 송신용 증폭기 모듈과 연결된다. 8개의 증폭기 모듈은 다시 1:8 행분배기를 이용하여 안테나의 입력단자로 연결됨으로써, 안테나에 입력된 신호전력이 8개의 능동채널로 균등하게 분배되도록 하였다.

(그림 3)은 능동형 기지국안테나에 사용된 송신용 능동모듈의 구조도이다. 능동모듈은 위상천이기(phase shifter), 구동증폭기(drive amp.)를 포함한 4단의 증폭기블록과 함께 마이크로스트립 대역통과필터(microstrip BPF)로 구성되었다. 위상천이기는 안테나의 포함된 8개의 채널이 동일한 위상을 가질 수 있도록 채널의 위상제어를 수행하며, 4-bit로 최소 22.5° 간격으로 위상을 제어할 수 있다. 또한, 4단의 증폭기블록을 통하여 40dB의 선형이득과 함께 최대 16W의 출력을 낼 수 있으며, 대역통과필터는 증폭기블록에서 발생하는 상호변조왜곡(IMD) 신호를 30dB 이상 억압할 수 있도록 하였다. 또한, 가변감쇄기(attenuator)의 경우, 위상천이기 제어에 따라 발생

되는 입출력 정합특성 변화에 의한 전체 능동부의 성능열화를 방지하며, PIMD 시험 시, 적절한 안테나 출력 조절을 위하여, 20dB 범위에서 능동모듈의 이득을 제어할 있다.

III. PIMD 시험 및 분석

제작된 능동형 기지국안테나를 이용하여 (그림 4)와 같이 PIMD 시험을 수행하였다. (그림 4)의 좌측이 능동형 기지국안테나의 시험전경이며, 우측의 사진이 기존의 수동형 기지국안테나를 이용한 PIMD 시험전경을 보여주고 있다. 본 시험에서는, 우선 수동형 기지국안테나를 (그림 1)과 같이 설치하고, 신호발생기를 통하여 생성된 두 개의 신호 f_1 (2113MHz)과 f_2 (2115MHz)을 입력하였다. 이때, 신호분석기의 출력단에 연결된 전력증폭기를 통하여 안테나의 방사전력이 4W가 되도록 설정하였으며, 수동형 안테나에서 방사된 신호전력은 자유공간의 전송손실(free space loss)을 거쳐 반대편의 표준 혼 안테나로 수신되도록 하였다. 혼 안테나를 통하여 수신된 신호전력은 RF 케이블과 저잡음증폭기를 거쳐 최종적으로 신호분석기로 입력됨으로써 기존의 수동형 기지국안테나에서 발생하는 PIMD 특성을 확인할 수 있었다. 본 시험에서 사용된 기지국안테나는 기존에 널리 사용되고 있는 Summitek사의 장비를 이용하는 경우, 약 145dBc의 PIMD 특성을 보였다[8-9]. 그러나, 본 논문에서 시행한 시험방식을 이용하는 경우, (표 1)

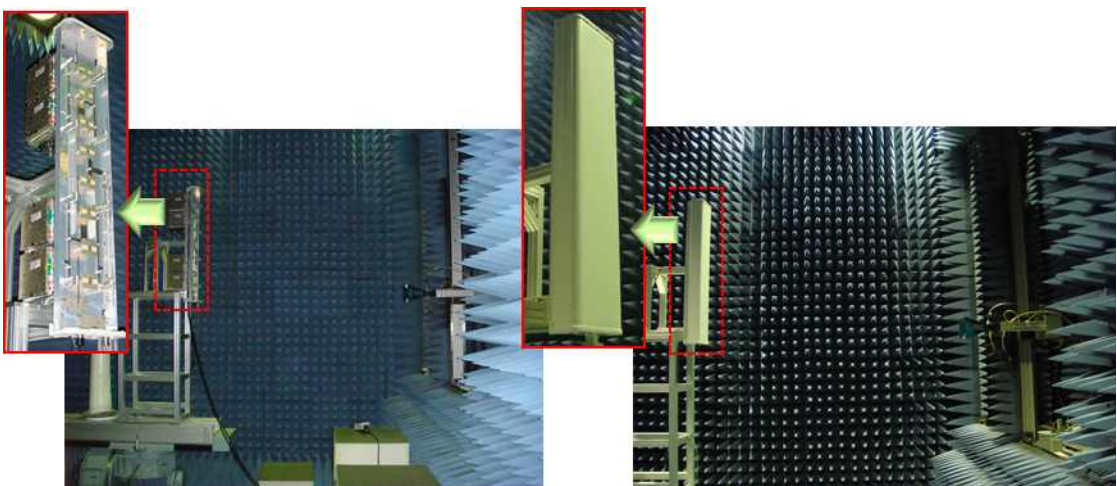


그림 4. 제작된 능동형 기지국안테나를 이용한 PIMD 시험
Fig. 4. PIMD Test using fabricated active baseband antenna

표 1. 수동형과 능동형 기지국안테나의 PIMD 시험결과
Table 1. PIMD test result of passive and active basestation antenna

Antenna Type	Passive BS Antenna			Active BS Antenna			Difference [dB]
	Gain[dB]	P_{cut} [dBm]	PIMD	Gain[dB]	P_{cut} [dBm]	PIMD	
SG#1,SG#2		17.0			-2.5		
RF Cable+HPA	6.5	23.5		6.5	4.0		
Combiner	2.5	26.0		2.5	6.5		
RF Cable	-6.0	20.0		-6.5	0.0		
Divider	-10.0	10.0		-10.0	-10.0		
PA Module	0.0	10.0		20.0	10.0		
Antenna Gain	26.0	36.0		26.0	36.0		
(Free Space Loss)	-58.0	-22.0		-58.0	-22.0		
Horn Antenna	11.0	-11.0		11.0	-11.0		
RF Cable(Value @SA)	-6.0	-17.0		-6.0	-17.0		
PIMD Power			-88.0			-96.4	
PIMD Performance			71.0			79.4	-8.4

과 같이, 최종 71dBc의 PIMD 특성이 확인된 바, 기존의 방식에 비하여 74dB의 편차를 갖는다는 것을 알 수 있다. 이는 기존의 측정방식과는 달리, 본 논문에서 제안하는 송수신 연동방식으로 PIMD를 측정하는 경우, 신호발생기의 출력에 위치한 전력증폭기 및 RF 케이블과 수신부의 혼 안테나 및 RF 케이블 등에서 발생하는 PIMD 특성이 누적되어 신호분석기에 나타나는 바 기존의 방식에 비하여 많은 오차를 보이게 된다.

다음으로 개발된 능동형 기지국안테나를 동일한 측정환경에 설치하고, 수동형 기지국안테나와 동일한 방식으로 시험을 진행하였다. 본 시험에서는 능동형 기지국안테나의 방사출력이 수동형과 동일하게 4W가 되도록 하였으며, 능동블록의 이득을 20dB로 설정하였다. 따라서, 능동블록의 이득을 고려하여 신호발생기의 출력이 조정된 점을 제외하면 기존의 수동형 기지국안테나의 측정환경과 동일함을 알 수 있다. 본 시험을 통하여 확인된 능동형 기지국안테나의 PIMD 특성은 (표 1)에 나타난 바와 같이 79.4dBc이며, 수동형안테나에 비하여 8.4dB만큼의 개선효과를 보였다.

본 시험은 상술한 바와 같이, 실제 기지국안테나로부터 방사되는 신호전력을 수신하여 PIMD를 분석함으로써, 이동 단말을 포함한 수신시스템 관점에서의 성능분석이 가능하도록 하였다. 또한, 기존의 수동형 기지국안테나에 비하여 능동형안테나의 PIMD 특성을 비교함으로써 간접적으로 능동안테나의 성능을 파악할 수 있다. 기존의 방식을 이용하여 확인된 수동형 기지국안테나의 PIMD 특성은 145dBc이고, 본 시험을 통하여 측정된 능동형 기지국안테나의 PIMD 특성은 수동형 기지국안테나에 비하여 8.4dB 만큼 개선된 결과를 보였다. 따라서, 능동형 기지국안테나

의 PIMD 특성을 기존의 방식으로 환산하는 경우, 153.4dBc임을 알 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 능동형 기지국안테나의 PIMD 측정방식을 제안하고 해당 결과를 통하여 기존의 수동형 안테나와의 성능을 비교하였다. 제안된 PIMD 측정방식은 기존의 방식과는 달리 실제의 기지국안테나가 운용되는 기지국환경과 유사하도록 안테나로부터 방사되는 신호전력을 직접 수신하는 방식으로 수행되었다. 또한, 시험을 위하여, 8개의 능동채널로 구성된 WCDMA 대역의 능동형 기지국안테나를 개발하고, 동일한 방사구조를 갖는 수동형 기지국안테나와 성능을 비교하였다. 시험결과, 능동형 기지국안테나는 기존의 수동형 안테나에 비하여 8.4dB만큼의 PIMD 개선효과가 있음을 확인하였으며, 제안된 시험방식은 능동형 기지국안테나의 PIMD 특성을 실제 동작 환경에서 측정함으로써 보다 정확한 성능분석을 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

References

- [1] P. L. Lui, "Passive intermodulation interference in communication system," *Electronics & Communication Engineering Journal*, Jun. 1990.
- [2] Jin Tae Kim, In-Kui Cho, Myung Jeong, and Tae-Goo Choy, "Effects of external PIM sources on antenna PIM measurements," *ETRI Journal*, pp. 435-442, vol. 24, no. 6, Dec. 2002.

- [3] Youn Sun Ko, Jae-Pil Chung, Chang-Heon Oh and Dong-Uk Shin, "Study on the Passive IMD Improvement of RF DIN Connectors," *Journal of Korea Navigation Institute*, vol. 6, no. 3, pp.195-202, Nov. 2002
- [4] *RF Connectors, connector cable assemblies and cables-Intermodulation level measurement*, IEC 62047
- [5] J. Z. Wilcox, P. Molmud, "Thermal heating contribution to intermodulation fields in coaxial waveguides", *IEEE, Transactions on Communication*, Feb. 1976.
- [6] Hartmut Gohdes, "Impact of Power Variation on 3rd Order Passive Intermodulation of Coaxial RF Cables and Their Connectors," *International Wire and Cable Symposium Proceedings*, pp. 1-7, 1997
- [7] Chang-Jae Seo, Chang-Yul Cheon, Young-Seek Chung, "A Study on the Improvement of PIMD in the Mobile Communication Base Station Antenna," *Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 21, no. 11, pp. 1201 - 1207, Nov. 2010
- [8] *Passive Intermodulation Measurement Techniques*, Summitek Technical Note, May 1999
- [9] <http://www.summitekinstruments.com/>

BIOGRAPHY

Kim Jae-Hak (Member)

2000: BS degree in Radio Science and Engineering, Kwangwoon University
 2003: MS degree in Electronics Engineering, Kyonggi University
 2009~: Ph.D degree in Defense Acquisition Program Engineering, Kwangwoon University
 2006~Present: Principle researcher, ACE Technology, Inc.

Jung Young-Bae (Member)

1998: BS degree in Radio Science and Engineering, Kwangwoon University
 2001: MS degree in Information and Communication Engineering, KAIST
 2009: Ph.D degree in Information and Communication Engineering, KAIST
 2001~2011: Senior researcher, ETRI
 2011~Present: Assistant professor, Hanbat National University