

논문 2010-471E-1-5

# IP 안테나를 이용한 RF 중계시스템의 성능분석

(Performance Analysis of RF Repeater System using IP Antenna)

강 창 수\*, 백 주 기\*\*

(Chang Soo Kang and Joo Gi Baek)

## 요 약

무선통신시스템에서 ICS 중계기를 사용하더라도 Donor 안테나와 Service 안테나의 사이의 거리를 많이 이격시켜야 격리도를 확보해야 하는 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는 이러한 단점을 보완하기 위해 IP 안테나를 제안하였으며, 시험을 통해 측정된 결과 Doner 안테나와 Service 안테나의 이격거리를 1.5m로 하고 방향을 180도로 하였을 때 격리도는 110dB 확보됨을 확인하였다. 이 결과를 통해 ICS 중계기를 사용하지 않고 일반 RF 중계기만으로도 서비스할 수 있음을 확인하였다.

## Abstract

Even if use ICS repeater in radio communication system, distance between Donor antenna and Service antenna though do much isolation degree must that shortcoming have. Proposed IP antenna to supplement this shortcoming in this paper. Result Doner antenna and isolation of Service antenna that measure through examination do 1.5m and when did direction 180 degree, Isolation confirmed that is measured 110dB. Confirmed that can unuse ICS repeater through this result and service by general RF repeater.

**Keywords :** IP Antenna, ICS Repeater, RF Repeater

## I. 서 론

중계시스템(Repeater)는 이동통신시스템이나 기타 무선통신시스템에서 서비스 영역을 확장하거나 전파 음영 지역을 해소함으로써 보다 양질의 이동통신 서비스를 제공할 수 있다. 하지만 기존의 RF 중계시스템은 기지국 신호(혹은 사용자 신호)를 수신하여 동일 주파수로 증폭한 후 동일 공간에서 송신할 시 송·수신 안테나간의 이격도(Isolation) 부족으로 인하여 송신 안테나의 신호가 수신 안테나로 재입력(Feedback)되어 발생하는 발진 및 간섭(Interference)으로 중계시스템 운영에 큰 어려움을 겪고 있다<sup>[1]</sup>.

이와 같은 송신안테나의 출력신호가 수신 안테나로

궤환하는 현상은 동일 주파수를 사용하여 송·수신을 행하는 모든 이동통신 시스템에서 일반적으로 발생하는 현상이다. 재입력 또는 궤환되는 신호는 이동통신 시스템에서 송·수신 안테나가 동일한 공간에 공존하고, 서로 인접하여 설치됨으로써 송신부로부터 전송된 송신신호의 일부가 수신안테나로 궤환되어 원하는 정보를 가지고 있는 수신신호(원하는 신호)와 결합되어 수신기에 입력되므로 수신부에 대한 간섭의 요인이 되며 수신시스템의 성능을 저하시키게 된다.

따라서, 강력한 출력의 송신신호에 의하여 발생하는 궤환 간섭신호가 원하는 수신신호와 결합되어 수신안테나를 경유하여 수신기에 입력되지 않도록 하기 위하여 궤환 간섭신호를 억압(Suppression), 제거(Elimination) 및 상쇄(Cancellation)하는 기술은 이동통신 시스템에서 매우 중요한 기술이다.<sup>[2~3]</sup>

동일한 주파수 무선 중계시스템과 같이 동일주파수를 사용하여 송·수신을 행하는 이동통신 시스템에서 발생하는 궤환 간섭신호에 의하여 나타나는 다양한 문

\* 정회원, 유한대학 전자정보과  
(Dept. of Electronic & Information Engineering,  
Yuhan University)

\*\* 정회원, (주)지브이에스  
(GVS Co., Ltd)

접수일자: 2009년9월21일, 수정완료일: 2010년3월10일

제점에 대한 근본적 해결방안으로 간섭 제거시스템(ICS : Interference Cancellation System)에 대한 연구가 활발하게 진행중이다. 하지만 ICS 중계기를 사용하더라도 Donor와 Service 안테나의 이격거리를 많이 이격시켜 Isolation을 확보해야 하는 번거로움이 있다.

본 논문에서는 이러한 번거로움을 해결하기 위해서 IP 안테나(Interference Signal Protection & Canceling ANT)를 설계 및 제작하여 Donor와 Service 안테나의 이격거리를 단축하면서 Isolation을 확보할 수 있도록 하였다. 또한 IP 안테나의 성능을 평가하기 위해 이격거리 1.5m에서 각도별로 Isolation을 측정하여 그 결과를 제시하였다.

## II. 무선 중계시스템

RF 중계기는 큰 빌딩 뒤편이나 셀 확장 등 서비스가 되지 않는 음영지역을 서비스하기 위해 필요하다.

RF 중계기는 그림 1에 보인바와 같이 RF 중계기 도너(donor) 안테나를 통해 기지국(RAS; Radio Access Station)의 이동통신 신호를 수신하여 중계 시스템을 통해 증폭한 후 서비스(Service) 안테나를 통해 전파 음영 지역의 가입자(Mobile Station)에게 기지국의 신호 서비스하게 된다. 또한 양방향 통신을 가능하게 하기 위해 가입자의 이동통신 신호를 서비스 안테나를 통해 수신하여 중계시스템으로 증폭한 후 도너 안테나를 통해 기지국으로 이동통신 신호를 전달하게 된다.

이동통신 중계시스템은 순방향(Forward Link)와 역방향 링크(Rverse Link)의 양방향으로 구성되며 그 일반적인 구성은 그림 2와 같다.

순방향 패스에서 중계시스템의 동작을 보면, 먼저 기지국으로부터 송출된 이동통신 신호는 입력 안테나(Duplexer)에서의 원하는 주파수 대역의 신호만 선택된 후 LNA를 통해 저잡음 증폭된다. 신호의 선택도를 높

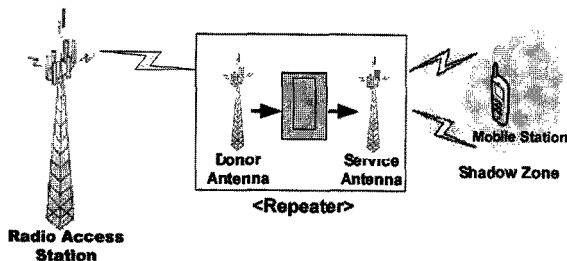


그림 1. 이동통신 중계 시스템.  
Fig. 1. Mobile comm. repeater system.

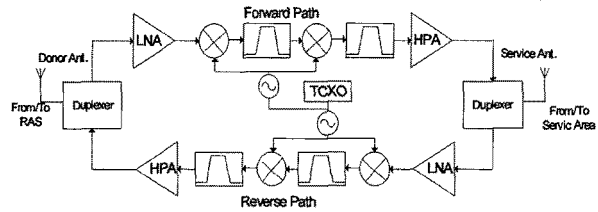


그림 2. 중계시스템의 구성도  
Fig. 2. Block diagram of repeater system.

이기 위해 중간 주파수(Intermediate Frequency)로 주파수 하향 변환된 후 선택도가 우수한 필터를 통해 대역 여과된 신호는 다시 사용주파수로 주파수 상향 변환한다. 이후 고출력 증폭기(High Power Amplifier)를 통해 신호를 증폭한 후 출력안테나(Service Antenna)를 통해 전파 음영지역을 해소하게 된다. 역방향 패스도 순방향 패스와 같은 방법으로 가입자의 신호를 증폭하여 기지국으로 재전송하게 된다.

기존 일반 무선중계기는 송수신 안테나간 간섭신호를 효율적으로 제거하지 못함으로써 송신출력과 통신품질이 떨어지는 단점이 있어 건물 지하 등 제한적인 장소에만 사용되어 왔으나, 최근 들어 이러한 제한적 사용을 일반화 하여 장소에 구애 받지 않고 설치 운용이 가능한 ICS(Interference Cancellation System) 중계기가 채택되어 WCDMA 무선 중계기망에 적용 되고 있으며, 또한 높은 분리도를 갖는 안테나가 함께 적용되고 있다

ICS(Interference Cancellation System) 중계기는 지상 무선구간에서 Multi-path Fading 등의 간섭신호를 효율적으로 제거함으로써 무선환경이 열악한 도심지 외곽 및 교외지역과 고속도로, 지방도로 등에 폭넓게 적용될 수 있어서 ICS 중계기는 WCDMA, 무선헤대인터넷(WiBro) 등 차세대 이동통신용 중계시스템에 들어가는 핵심설비로 인정받으며 국내의 수요가 증가 하고 있으나 EVM 및 선형 편파를 이용할 경우 Main Beam간의 Reflection에 대해서는 제거가 불가하여 ICS 중계기 설치 운용에 많은 문제점을 노출시키고 있다. 이와 같이 Main Beam Reflection 신호에 대한 제거를 할 수 있는 원형 편파 안테나를 설치 운용하여 기존의 선형 편파 안테나 이용시의 Main Beam간의 Reflection 신호에 대한 단점을 보완 해 줄 수 있다.

RF 중계기 시스템에서 Donor 안테나와 Service 안테나 사이의 간섭 신호를 안테나에서 최대한 제거하여 준다. 즉 안테나 ICS기능을 최대로 부여한 기능을 이 안

테나로 제공한다.(IP ANT : Interference Signal Protection & Canceling ANT)

IP ANT의 기능을 요약하면 다음과 같다.

- 1) Main Beam Reflection 신호를 원형 편파 안테나인 IP 안테나로 제거하며 발진방지 및 간섭을 제거한다. (ICS Repeater가 하는 주 역할을 IP ANT에서 수행)
- 2) 부엽(Side lobe, Back lobe)들은 안테나 Array, Side Choke 및 Back Choke 등을 이용하여 제거한다.
- 3) 원형 편파를 이용한 IP 안테나는 Polarization Diversity 기능을 제공한다.
- 4) 안테나간 Isolation 평탄도(Flatness)를 10dB 이내로 유지한다.
- 5) Field 설치 후 광 중계기의 통화 품질 이상의 특성을 갖는다. 이때 적용해야 하는 중계기는 입력 신호가 비교적 높은 지역에서는 SDR(Short Delay Repeater) 중계기를 적용하고, 입력 신호가 비교적 낮은 지역에서는 ICS(Interference Cancellation Repeater) 중계기를 적용한다.

### III. IP 안테나 설계 및 제작

구체적인 IP ANT 기술 조건을 요약하면 다음과 같다.

- 1) Donor와 Service 안테나의 편파를 RHCP(Right Hand Circular Polarization) 또는 LHCP(Left Hand Circular Polarization)로 Main Beam Reflection 신호와 부엽 특성을 15dB 이상 억제 한다(Main Beam  $\geq$  Side & Back Lobe).
- 2) IP 안테나의 축 비(Axial Ration)는  $\pm 1 \sim 3$ dB 이내로 유지한다.
- 3) Side lobe나 Back lobe등의 부엽은 Dummy Patch를 이용하여 제거한다.
- 4) Donor 안테나의 전 후방 비(Front & Back Ratio)는 40dB 이상을 유지한다.
- 5) Service 안테나의 Passive IMD3를 -140dBc 이하로 유지한다.
- 6) 중계기의 Reflection Power에 대한 Isolation Flatness 를 10dB 이내로 유지한다.

그림 3은 RF 증폭부의 이중화 구조를 나타낸 것이다. Donor, Remote 안테나와 이중화 차별화 된 RF 증폭부가 각각 결합된 구조이며 Donor 및 Remote 합체

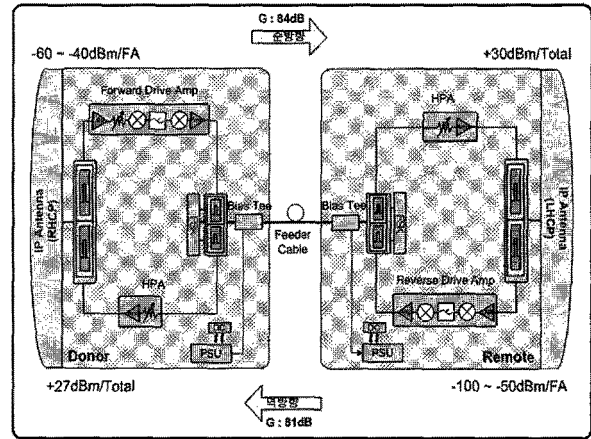


그림 3. RF 증폭부의 이중화 구조  
Fig. 3. Double structure of RF amplifier parts.

Slim화 가능하다.

Donor와 Remote 간 DC 전원 공급용 Bias tee 및 통신용 FSK Modem 적용하고 다중경로 Feedback 신호는 CP 안테나의 서로 상반된 원형 편파의 Isolation 특성에 의해 영향을 받지 않는다. 따라서 본 중계 시스템은 발진 및 간섭에 의한 영향을 받지 않는 특징을 갖고 있다.

시스템의 기술규격은 표 1에 나타내었다.

표 1. 시스템의 기술 규격  
Table 1. Technology standard of system.

구분	규격		비고
	수발형	역방향	
주파수	2130.88~2149.32MHz	1940.88~1959.32MHz	
형상	Non Diversity	Non Diversity	
출력전력	+30dBm/Total	+27dBm/FA	4FA
입력전력	-60~-40dBm/FA	-100~-50dBm/FA	
이득	54~84dB(30dB)	50~80dB(30dB)	
평탄도	3dB 이하		
시간지연	5us 이하		
Noise Figure	5dB이하		
EVM/PCDE	12.5%이하/-35dB이하		
SEM	3GPP TS 25.106 v4.10.0 규격 준함		
Spurious Emissions	3GPP TS 25.106 v4.10.0 3GPP 규격 준함		
In band ACLR	40dBc이상(@ 대역내 f offset $\geq$ 5MHz)		
Out band ACLR	45dBc(@ 통과대역 끝 $\pm 5.38$ MHz)		
	50dBc(@ 통과대역 끝 $\pm 10.68$ MHz)		

구체적인 IP 기술 조건은 다음과 같다.

- 1) Donor와 Service 안테나의 편파를 RHCP(Right Hand Circular Polarization) 또는 LHCP(Left Hand Circular Polarization)로 Main Beam Reflection 신호와 부엽 특성을 15dB 이상 억제한다.(Main Beam  $\geq$  Side &

Back Lobe)

- 2) IP 안테나의 축 비(Axial Ratio)는  $\pm 1 \sim 3\text{dB}$  이내로 유지한다.
- 3) Side lobe나 Back lobe 등의 부엽은 Dummy Patch를 이용하여 제거한다.
- 4) Donor 안테나의 전 후방비(Front & Back Ratio)는 40dB 이상을 유지한다.
- 5) Service 안테나의 Passive IMD3를  $-140\text{dBc}$  이하로 유지한다.
- 6) 증폭기의 Reflection Power에 대한 Isolation Flatness를 10dB 이내로 유지한다.

CP 안테나의 기술규격은 표 2와 같다.

표 2. CP 안테나의 기술규격  
Table 2. Technology standard of CP antenna.

항목		Donor	Service	비고
주파수 범위		1920 ~ 2170MHz		WCDMA Band
정재파 비		1 : 1.5 이하		
이득		11dBiC 이상(기본)		
HPBW	수평	$33^\circ \pm 5^\circ$	$65^\circ \pm 5^\circ$	
	수직	$33^\circ \pm 5^\circ$	$30^\circ \pm 3^\circ$	
편파		RHCP	LHCP	
전,후방 (F/B) (R/L SL)	@180°	-40dB 이하		
	(@-, +90°)	-35dB 이하		
최대 Isolation		105dB(Max)		
Isolation	Axial Ratio	3dB 이하		at the bore-sight
	RHCP to LHCP Ratio	-20dBc 이하		at the bore-sight
좌우, 상하 측 부엽		-35dBc 이하		
Passive IMD3		-140dBc 이하		
최대 허용전력		200Watts		

CP ANT와 RF 증폭부 일체형 도너 합체와 리모트 합체의 형상은 그림 4와 같다.

#### IV. IP 안테나의 측정결과

기지국 신호가 Donor 안테나로 수신되는 레벨 측정하기 위해 그림 5와 같이 Donor 안테나에 Spectrum을 연결하고 Donor 안테나를 돌려가면서 수신 레벨이 가장 좋은 위치로 정한 후 측정하였다.

측정결과 그림 6과 같이  $-40\text{dBm}$ 이 수신되었다.

Donor 안테나와 Service 안테나 Isolation 측정하기 위해 그림 7과 같이 구성하고 Donor 안테나와 Service 안테나의 이격 거리를 1.5m로 하고 Donor 안테나는 고정시키고 Service 안테나를 90도, 135도, 180도 3각도로 바꾸면서 Isolation을 측정하였다.

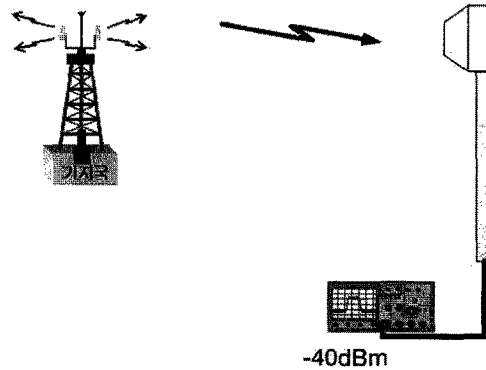
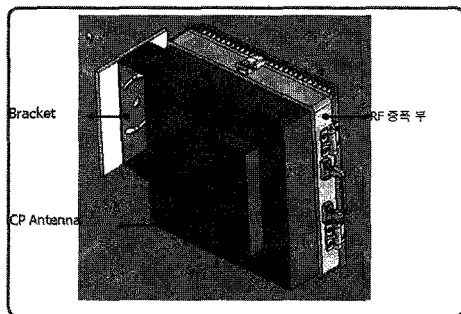
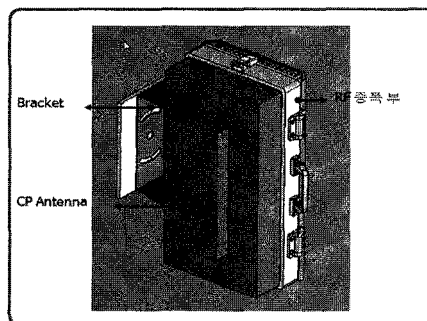


그림 5. 수신 레벨 측정 시스템의 구성도  
Fig. 5. Block diagram of reception level measurement system.



(a) 도너 합체



(b) 리모트 합체

그림 4. CP ANT와 RF증폭부  
Fig. 4. CP antenna and RF amplifier parts.

측정 결과는 그림 8과 같이 90도:73dB, 135도:88dB, 180도:106dB로 측정되었다.

중계기 연동시 발진현상 측정은 그림 9와같이 구성하였고 RF 중계기의 Gain을 82dB로 설정하고 출력은

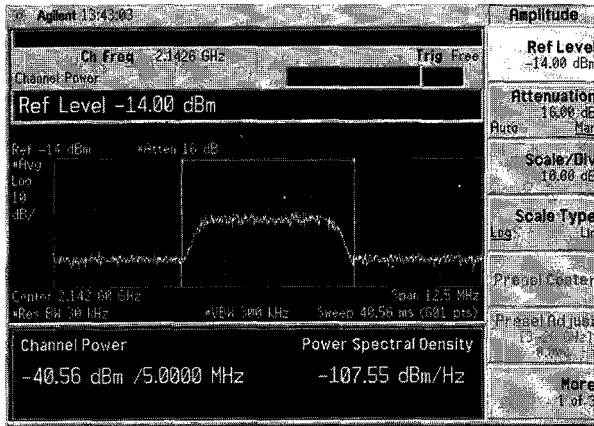


그림 6. 수신레벨 측정결과  
Fig. 6. Reception level measurement result.

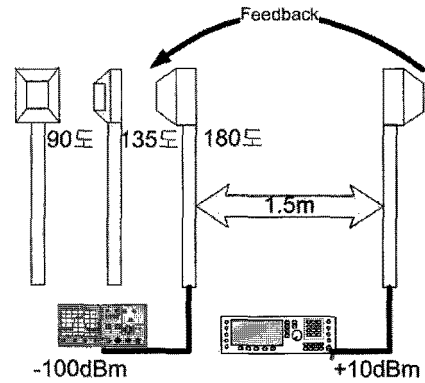
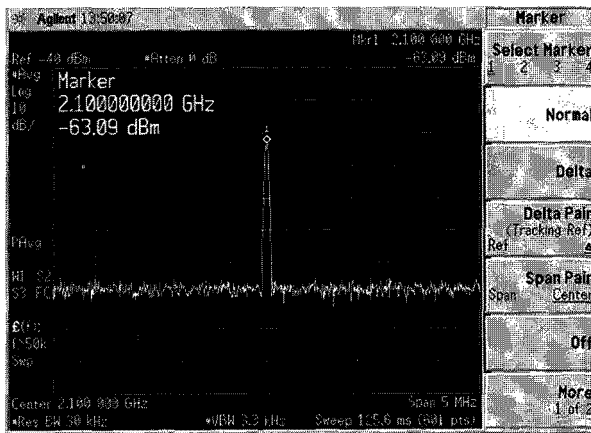
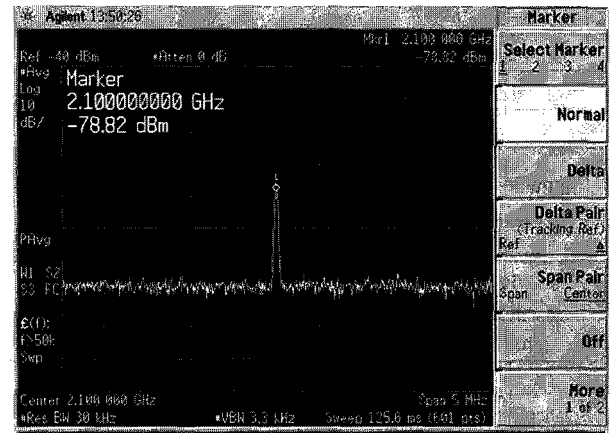


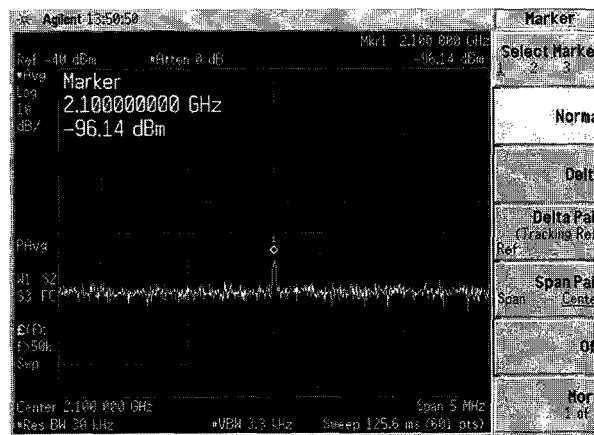
그림 7. Isolation 측정 구성도  
Fig. 7. Isolation measurement block diagram.



(a) 90도일 때 측정결과



(b) 130도일 때 측정결과



(c) 180일 때 측정결과

그림 8. Isolation 측정결과  
Fig. 8. Isolation measurement result.

+42dBm으로 방사한다. Donor 안테나는 고정시키고 Service 안테나를 180도, 90도 두 각도에서 확인하였다.

측정 결과는 그림 10과 같으며 180도에서는 발진현상이 나타나지 않았으나 90도에서는 발진 현상이 나타났

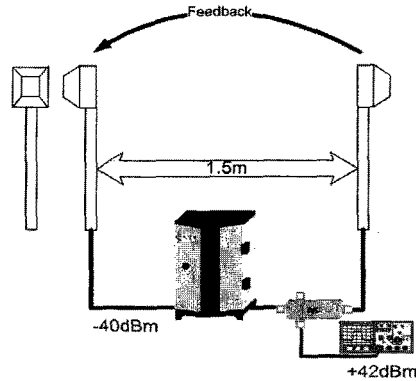


그림 9. 중계기와 발진현상 측정 구성도  
 Fig. 9. Repeater and oscillation Phenomenon measurement block diagram.

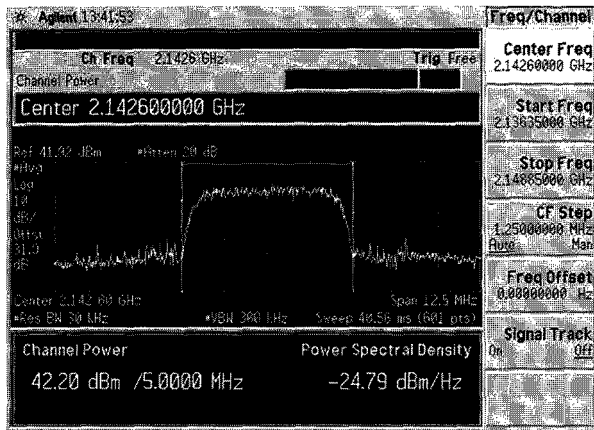
다. 90도에서 발진 현상이 나타난 것은 중계기 Gain보다 Isolation이 작아서 생긴 것으로 확인되었다.

V. 결 론

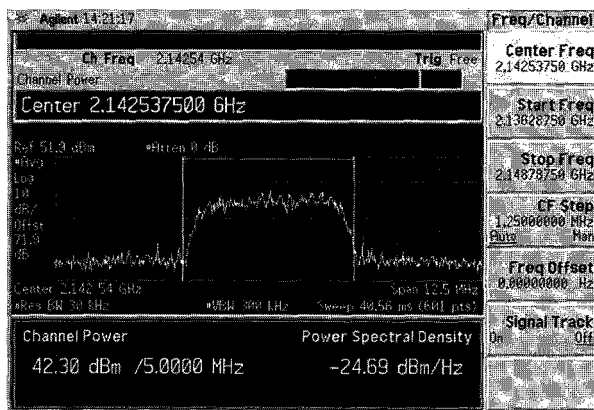
RF 중계기를 Outdoor로 사용하기 위해서는 Donor 안테나와 Service 안테나의 Isolation을 중계기 Gain보다 15dB이상 확보가 되어야만 발진 없이 안정적으로 동작할 수 있다. 그러나 Donor안테나와 Service 안테나의 FB(Feed Back), RLB(Remote Loop Back)등에 의해서 Isolation을 확보하기가 어려워 현재까지 RF 중계기를 Outdoor로 사용하지 못하고 있었으나 근래에 들어 ICS 중계기가 개발되면서 Outdoor로 사용할 수 있게 되었다. 하지만 ICS 중계기를 사용하더라도 Donor 안테나와 Service 안테나의 이격거리를 많이 이격시켜 Isolation을 확보해야 하는 번거로움이 있다. 제안한 IP ANT의 측정결과로 보아 Donor 안테나와 Service 안테나 이격거리를 1.5m에 방향을 180도로 하면 기본 Isolation 110dB 확보되는 것으로 볼 수 있어 Isolation 확보가 용이하고 복잡한 ICS 중계기를 사용하지 않고 일반 RF 중계기만으로도 Service할 수 있다고 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] Braithwaite, R.N. Carichner, S. , "Adaptive Echo Cancellation for an On-Frequency RF Repeater Using a Weighted Power Spectrum ", European Microwave Conference CDROM Edition, Vol.37, No.-, 2007, London, Horizon House
- [2] S. J. Kim, J. Y. Lee, J.H. Kim, B. Lee, and N. Y. Kim, "Adaptive feedback interference cancellation system(AFICS), " in *Proc. IEEE MTT-S Int. Microwave Symp, Dig.*, vol. 1, June 2003, pp. 627-630
- [3] A. A. Baghal and J. Divall, "Cost effective solutions for coverage enhancement," in *Proc. 7th IEE European Conf. on Mobile and Pers. Commun.*, 13-15 Dec. 1993, pp. 51-66
- [4] Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access System, *IEEE Standard 802.16e/D10*, 2005.
- [5] B. Skalar, *Digital Communications Fundamental and Applications*, 2/e., Prentice Hall, 2002.
- [6] W. T. Slingsby and P. McGeehan, " Antenna



(a) 180도 측정결과



(b) 90도에서 측정결과

그림 10. 발진현상 측정 결과  
 Fig. 10. Oscillation phenomenon measurement result.

isolation measurements for on-frequency radio repeaters," *Antennas and Propagations, Ninth international Conf.*, vol. 1, pp. 239-243, 1995.

---

저 자 소 개

---



**강 창 수**(정회원)  
 1982년 광운대학교 전자공학과  
 공학사 졸업  
 1986년 한양대학교 공학석사 졸업  
 1992년 광운대학교 공학박사 졸업  
 1996년 Clemson University Post  
 Doctor

<주관심분야 : 반도체재료, 이동통신, RF 회로 설계>



**백 주 기**(정회원)  
 1989년 서울산업대학교  
 전자공학과 학사 졸업  
 2005년 단국대학교  
 전자공학과 석사 졸업  
 2009년 단국대학교 전자공학과  
 박사 졸업

<주관심분야 : 전자회로설계, 이동통신, RF회로 설계>