

이중대역 기지국용 빔 스캔 안테나 설계

고진현^{*} · 장재수^{*} · 하재권^{*} · 박세훈^{**}

(^{*}블루웨이브텔(주), ^{**}안동대학교)

Design of Antenna for Beam Scanning for Dual-Band base station

Jin-Hyun Ko^{*}·Jae-Su Jang^{*}·Jae-Kwon Ha^{*}·Sae-Houn Park^{**}

^{*}Bluewavete-^{**}An-Dong University

E-mail : gojiri@hanmail.com

요 약

기지국 및 중계기를 통한 다양한 무선 통신 서비스 및 통화품질 개선을 위해서는 사용 환경과 계절 및 시간대에 따른 전파의 특성과 차량 및 고객의 이동 특성 등을 감안한 기지국 안테나의 셀 영역 제어가 필요하다.

본 논문은 사용 환경 조건에 따라 특정 방향으로 지향 이득을 제어하여 빔 스캔 특성을 얻을 수 있는 이중 대역 기지국 안테나 시스템을 제안하고 이를 구현하였다. 제작된 안테나의 방사부는 5.8GHz 대역의 ITS용 1×3 Sub-Array 2개와 2.3GHz 대역의 WiBro용으로 Single 방사소자 2개로 구성된다. 각각은 ITS용 13dBi, WiBro용 12dBi의 이득을 얻었다. RF Mmodule은 스위치, 증폭기, PAD, 3-Bit 위상천이기, Power Divider로 구성했다, 위상은 45°, 90°, 180°의 3-Bit 위상 천이기를 사용함으로써, 빔 스캔 범위는 ITS용으로 0°에서 최대 19°까지, WiBro용으로 0°에서 최대 45°까지 전자식 제어가 가능하도록 설계하였고, 제작 측정하여 설계치와 비교 분석하였다.

ABSTRACT

It is needed to use the beam scanning to control the cell coverage of the base station considering operation conditions, season, time period, radiation character and mobility of customers and vehicles for varied wireless communication service and quality improvement.

This paper proposes a mobile antenna system which can obtain the characteristics of the beam scanning by controlling the directivity depending on the operation condition. Radiation block is made of 2 sub-array of 1×3 patched antennas for ITS of 5.8GHZ bandwidth with the gain of 13dBi, and of 2 sub-array of single patched antenna for WiBro of 2.3GHZ bandwidth with the gain of 12dBi. RF module is made of a switch, an amplifier, a PAD, a 3-Bit phase shifter, and a power divider. The system is able to control the beam tilting with electronic methode by using 3-bit phase shifter(45°, 90°, 180°).

키워드

이중대역, 기지국, 빔 스캔, Patch Antenna, RF Module

1. 서 론

ITS시장은 전 세계적으로 무선통신 네트워크의 활발한 보급에 따라 무선통신을 이용한 다양한 ITS 서비스의 제공이 가능해지고 있으며, 이를 이용한 새로운 부가 서비스의 개발이 빠르게 증가하고 있다.^[1] 또한 WiBro 서비스와 위치기반서비스 등 새로운 수익모델의 개발 등으로 인해 기술적 혹은 비용측면에서의 장애물이 완화되고 있

으며 시장의 수요가 점차적으로 증가하고 있다. 기지국 및 중계기를 통한 다양한 서비스를 가입자들에게 제공하기 위해서는 전파의 특성과 인구의 이동 특성 등을 감안한 기지국 안테나 셀 영역 제어가 필요하다.

본 논문에서는 다양한 사용 환경 조건에 따라 전자적인 제어에 의하여 특정 방향으로 지향 이득이 서로 다르거나, 4 섹터 안테나로 전체 서비스 환경에

다른 유연한 빔 커버리지 영역을 담당할 수 있고, 중앙 집중 운용 및 유지보수가 가능한 안테나 및 RF Module을 설계, 제작 및 측정하였다.

위치, 증폭기, PAD, 위상천이기, Power Divider로 구성되어 있다.

II. 본 론

1. 설계 규격

이중대역 기지국용 빔 스캔 안테나의 설계 규격은 각각 <표II-1>과 <표II-2>와 같다.^[2] 또한 안테나 시스템은 방사부와 송수신 능동 채널부(TRX_ACB), 행 분배기/결합기(CPD/CPC) 그리고 송수신 능동채널부의 위상 제어 및 직류 전원을 공급하는 제어기(BSC)와 전원부(PSB)로 구성된다.

<표II-1> ITS 시스템 특징 및 주요 규격

분 류	규 격
형태	마이크로스트립 배열 구조
동작 주파수	5.8GHz±10MHz
안테나 이득/면	11dBi 이상
3dB 빔 폭/면	방위각 : 60°, 양각 : 15°
빔 제어 특성	양각 방향(수평 방향~ 최대 21°, 3° 단위 제어)
VSWR	1.5 이하

<표II-2> WiBro 시스템 특징 및 주요 규격

분 류	규 격
형태	마이크로스트립 배열 구조
동작 주파수	2.3GHz±50MHz
안테나 이득/면	11dBi 이상
3dB 빔 폭/면	방위각 : 60°, 양각 : 30°
빔 제어 특성	양각 방향(수평 방향~ 최대 42°, 6° 단위 제어)
VSWR	1.5 이하

2. RF Module 설계

<표II-3>과 <표II-4>는 RF 모듈에서의 송수신 능동채널부의 주요 규격을 나타내고 있다.

RF 모듈은 크게 CH1과 CH2로 나누어진다. CH1은 위상이 고정되어 있으며, CH2는 45°, 90°, 180°의 3-Bit 위상천이기가 작동함으로써 위상을 제어하도록 되어 있다.^[3] RF 모듈은 한 섹터의 안테나에 연결되어지며, 한 섹터의 안테나는 안테나 2개가 Sub Array 구조로 되어 있다. RF 모듈은 송신 모드와 수신 모드로 나누어지며, 송수신 스

<표II-3> ITS 송수신 능동채널부의 주요 규격

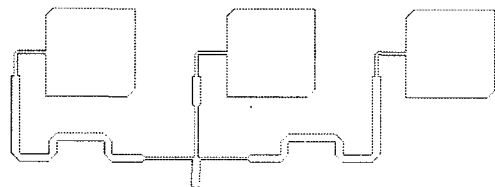
채널이득 또는 삽입손실 특성	송신	0 dB 이상
	수신	-8 dB 이상
송수신 격리 특성		-50 dB 이하
채널간 이득 오차		±1.5 dB 이하
채널간 위상 오차		±5° 이하
위상 제어 오차량		±10° 이하
입력 반사손실 특성	송신	-10 dB 이하
	수신	-10 dB 이하
출력 반사손실 특성	송신	-10 dB 이하
	수신	-10 dB 이하

<표II-4> WiBro 송수신 능동채널부의 주요 규격

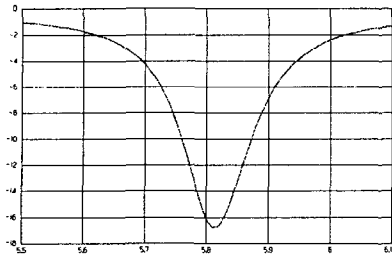
채널 이득 또는 삽입손실 특성	송신	12 dB 이상
	수신	12 dB 이상
송수신 격리 특성		-50 dB 이상
채널간 이득 오차		±2 dB 이하
채널간 위상 오차		±5° 이하
위상 제어 오차량		±10° 이하
입력 반사손실 특성	송신	-10 dB 이하
	수신	-10 dB 이하
출력 반사손실 특성	송신	-10 dB 이하
	수신	-10 dB 이하

3. Antenna 설계

<그림II-1>는 1×3 배열 안테나의 구조를 보여 준다. ITS용 안테나는 유전체 기판(TACONIC사의 TLX-9, $\epsilon_r=2.5$, $h=0.5\text{mm}$)에 설계된 단일 안테나를 기본으로 직렬 급전 형태의 급전부를 추가하여 단일 안테나 3개를 연결 하였다. 따라서 각 안테나로 전송되는 신호는 크기와 위상이 모두 동일한 형태로 전송되어진다.^[4]



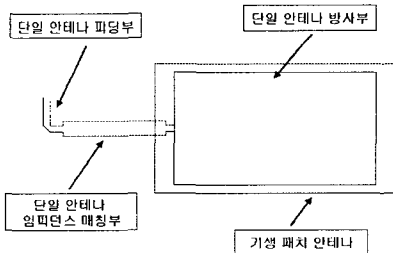
<그림II-1> ITS용 1×3 배열 안테나 구조



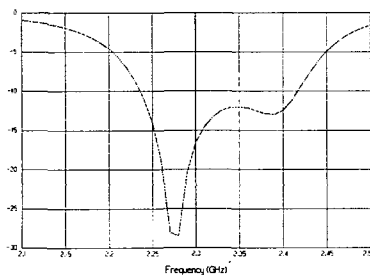
<그림 II-2> ITS 안테나의 Return Loss

<그림 II-2>는 설계된 ITS 안테나의 Return Loss를 나타낸다. 원하는 동작 대역인 5.8GHz±10MHz 내에서 -15dB이하의 좋은 반사계수 특성을 나타낸다.

<그림 II-3>은 설계된 WiBro용 안테나의 구조를 보여주고 있다. WiBro용 안테나는 유전체 기판(TACONIC사의 TLX-9, $\epsilon_r=2.5$, $h=0.5\text{mm}$)에 Printed Monopole형태의 안테나를 적용하였고, Parasitic Patch를 추가하여 대역폭 확장을 실현하였으며, Parasitic Patch의 추가로 인한 안테나 끝단의 입력임피던스가 낮아져 끝단에 $\lambda/4$ Transformer를 사용하여 피딩부인 50 Ω 라인과 임피던스 매칭을 하였다.



<그림 II-3> WiBro 안테나 구조

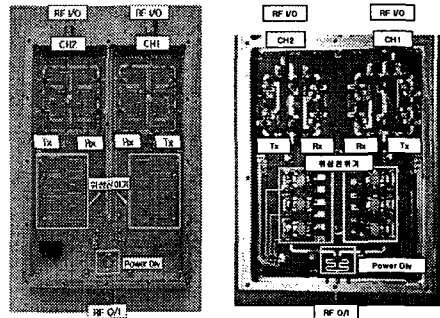


<그림 II-4> WiBro 안테나의 Return Loss

<그림 II-4>은 WiBro용 안테나의 반사계수를 나타낸다. 원하는 동작 대역인 2.35GHz±50MHz 내에서 -13dB이하의 좋은

반사계수 특성을 나타내고 있다.

4. 제작 및 측정결과



(a) ITS RF 모듈 내부구성 (b) WiBro RF 모듈 내부구성

<그림 II-5> RF Module

<그림 II-5>는 실제 제작하여 측정에 사용된 ITS와 WiBro용 RF Module의 사진을 보여주고 있다. 제작된 RF Module을 통하여 측정된 위상 변위 결과는 <표 II-5>와 <표 II-6>에서 표로 정리 하였다. 표의 결과를 살펴보면, 위상 제어 오차량은 45도 위상 비트의 경우 2.7도와 2.9도 이하이고, 90도 위상 비트의 경우 5.6도와 11.1도 이하이며, 180도 위상 비트의 경우에는 4도와 8도 이하이다.

3-비트 위상 천이기는 송수신 채널에서 공용하므로 수신 모드에서의 위상 제어 데이터는 송신 모드와 동일하다.

<표 II-5> ITS 위상 제어 데이터

주파수(GHz)	$\theta = 0$	$\theta = 45$	$\theta = 90$	$\theta = 180$
5.7	0	47.58	95.60	-175.7
5.8	0	47.73	93.95	-179.1
5.9	0	47.34	92.34	176

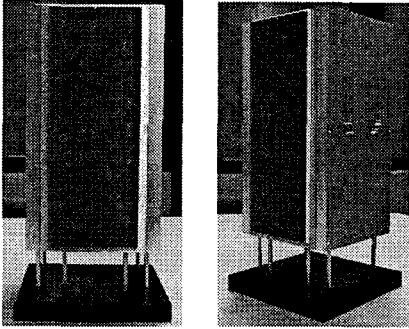
<표 II-6> WiBro 위상 제어 데이터

주파수(GHz)	$\theta = 0$	$\theta = 45$	$\theta = 90$	$\theta = 180$
2.2	0	47.97	98.52	172.5
2.3	0	47.55	97.03	171.4
2.4	0	47.39	101.1	172.7

각 RF Module의 특성을 측정한 결과는 ITS RF 모듈의 경우 송신 모드 입력 반사 손실 특성 -9.6 dB 이하, 출력 반사 손실 특성 -18.6 dB 이하, 전달 이득 특성 0.1 dB 이상으로 두 채널간 이득 차는 약 1.2 dB이하임을 알 수 있다. 또한 격리 특성은 동작 대역 내에서 -54.5 dB 이하이다. WiBro RF 모듈의 경우 송신 모드 입력 반사 손실 특성 -10.4 dB 이하, 출력 반사 손실 특성

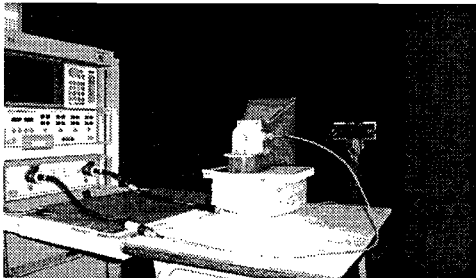
-12.9 dB 이하, 전달 이득 특성 12.7 dB 이상으로 두 채널간 이득 차는 약 2.2 dB이상을 알 수 있다. 또한 격리 특성은 동작 대역 내에서 -53 dB 이하로 측정 되었다.

전체를 조립한 안테나는 <그림 II-6>과 같다.



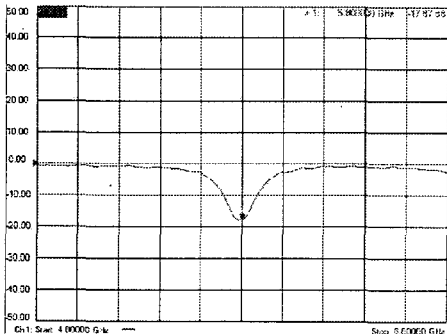
(a) 정면 (b)후면
<그림 II-6> 제작된 안테나 사진

안테나의 측정 환경 사진은 <그림 II-7> 과 같다.

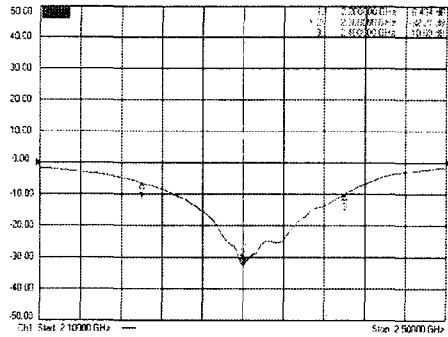


<그림 II-7> 빔 패턴 측정 환경

<그림 II-8>과 <그림 II-9>는 ITS와 WiBro용 안테나의 Return Loss를 측정된 결과를 보여준다. 이는 각각 원하는 주파수에서 -15dB 이하의 양호한 특성을 나타내고 있다.

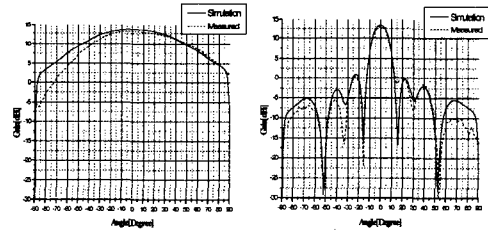


<그림 II-8> ITS 안테나의 Return Loss

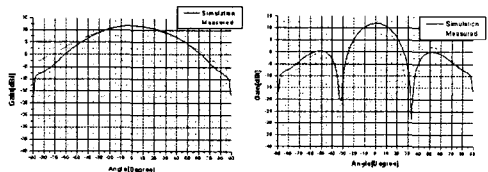


<그림 II-9> WiBro 안테나의 Return Loss

안테나의 정방향(빔 제어하지 않았을 경우)에서의 방사 패턴은 <그림 II-10>과 같으며, 측정 결과로부터 ITS용 안테나의 경우 이득은 13.1 dBi 이상이고, 사이드 로브 레벨은 13 dBc 이상임을 알 수 있으며, WiBro의 경우 이득은 11.6 dBi 이상이고, 사이드 로브 레벨은 12 dBc 이상임을 알 수 있다. 이 결과는 시뮬레이션 결과와 비교하여 거의 일치함을 알 수 있다.



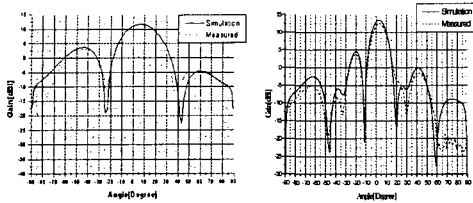
(a) 5.80GHz (방위각) (b) 5.80GHz (양각)



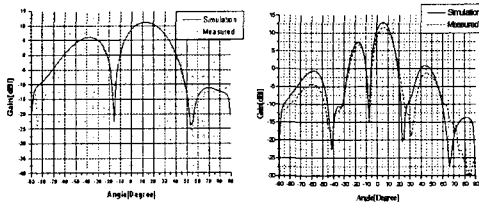
(c) 2.35GHz (방위각) (d) 2.35GHz (양각)

<그림 II-10> 정방향에서의 방사 패턴 측정 결과

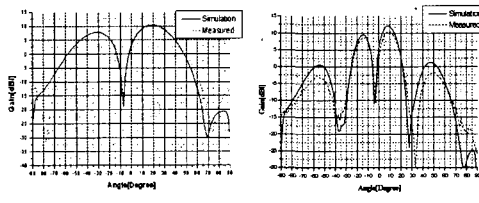
3-bit 디지털 위상 천이기의 제어에 의한 양각 방향에서의 빔 제어 방사 패턴은 <그림 II-11>과 같다. 위 측정 결과로부터 Simulation에 의한 예상 값과 시제품의 측정에 의한 결과값은 1°미만에서 거의 일치하는 결과를 나타내고 있고, 이 결과는 <표 II-7>, <표 II-8>에 정리하였다.



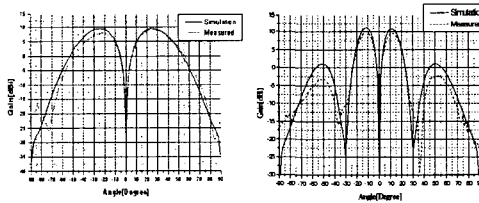
2.35GHz에서 6° 빔 제어 5.80GHz에서 3° 빔 제어



2.35GHz에서 12° 빔 제어 5.80GHz에서 6° 빔 제어



2.35GHz에서 18° 빔 제어 5.80GHz에서 9° 빔 제어



2.35GHz에서 24° 빔 제어 5.80GHz에서 12° 빔 제어

<그림 II-11> 빔 스캔 방사 패턴 측정 결과

<표 II-7> ITS 기지국용 빔 스캔 안테나 설계치와 측정치의 비교 분석

위상 천이치	주 빔 틸팅 각도		주 빔 이득	
	실험치	측정치	실험치	측정치
0°	0°	0°	13.65dBi	13.1dBi
45°	3°	2.9°	13.46dBi	12.47dBi
90°	6°	5.8°	12.96dBi	11.54dBi
135°	8.5°	8.6°	12.11dBi	10.49dBi
180°	11.5°	11.7°	10.84dBi	9.5dBi
225°	14°	14.4°	9.07dBi	7.98dBi
270°	17°	17.3°	6.71dBi	4.87dBi
315°	19.5°	18.7°	3.64dBi	2.44dBi

<표 II-8> WiBro 기지국용 빔 스캔 안테나 설계치와 측정치의 비교 분석

위상 천이치	메인 빔 틸팅 각도		메인 빔 이득	
	실험치	측정치	실험치	측정치
0°	0°	0°	11.83dBi	11.5dBi
45°	6°	5.8°	11.73dBi	11.3dBi
90°	12.9°	12.5°	11.2dBi	10.9dBi
135°	18.7°	18.7°	10.42dBi	10.1dBi
180°	24.5°	25.2°	9.3dBi	9dBi
225°	31.7°	31.7°	7.81dBi	7.51dBi
270°	37.4°	37.5°	5.87dBi	5.47dBi
315°	44.6°	45°	3.33dBi	2.83dBi

V. 결 론

본 논문에서는 전자식 빔 제어에 의하여 사용 환경에 따른 Cell Coverage 영역을 조정할 수 있는 이종대역 기지국용 빔 스캔 안테나의 안테나 및 RF Module을 제안하고 설계, 제작 측정하였다. RF 모듈은 송수신 스위치, 증폭기, PAD, 위상천이기, Power Divider 로 구성되어 있고, 3-Bit 위상천이기(45°, 90°, 180°)를 단계적으로 구동함으로써 안테나의 빔을 각각 ITS의 경우 0°~21°까지, WiBro의 경우 0°~45°까지 수직 방향 빔 제어가 가능하며, RF Interface Module(본 논문에서는 설명되지 않음)을 사용함으로써 기지국의 사용 환경과 조건에 따른 통신영역 제어를 빔 스캔을 통하여 원격조정이 가능하고, 중앙 집중 관리가 가능함을 실험을 통하여 확인하였다.

참고문헌

- [1] 문형돈, '국내의 ITS 시장동향 및 시사점', IT 기술시장조사분석 보고서, 2003년.
- [2] 임춘식, 하재권, 안동현, "ETCS용 RF 링크 설계와 안테나 빔 패턴에 의한 통신 영역 연구, 한국 ITS 학회 논문지, 제3권 제 1호 pp 43~53, 2004. 3. 6
- [3] Eom, S. Y., Jeon, S. I., Oh, D. G., Park, H. K. '3-bit Digital Phase Shifter for Mobile DBS Active Phased Array Antenna System Application'. IEEE, Vol 87806, PP 85-88. 2000.
- [4] 고진현, 김남기, 하재권, " DSRC 기반의 ETCS 기지국 안테나 설계 및 제작", 한국 ITS 학회 논문지, 제3권 제 1호 pp75~83, 2004. 3. 6