

BIS 기지국용 전방향성 안테나 설계 및 제작

Design and Fabrication of BIS Base Station Antenna
with Omni-directional Beam Pattern

고진현* · 하재권** · 임춘식*** · 박덕규****

(*블루웨이브텔(주), 연구원 · **대표이사 · ***ETRI 책임연구원 · ****목원대학교 정보통신공학부 교수)

Key Word: BIS, RSE, OBE, Omni-directional Beam Pattern, Microstrip antenann

목 차

I. 서론

II. BIS 시스템 및 기지국 안테나 설계요구 규격

III. 안테나설계

1. 안테나 기본 구조
2. 배열 안테나 설계

IV. 제작 및 측정결과 분석

V. 결론

참고문헌

I. 서론

교통 체증 완화와 교통 안정성, 그리고 운전자의 편의성 등을 고려한 지능형 교통 시스템(ITS: Intelligent Transport System)^[1]의 구축과 도입 활용이 향후 국가 산업의 경쟁력 확보와 복지 국가 구현 측면에서도 중요한 이슈가 되고 있다. 이에 따라 세계 각국에서는 교통 시스템의 고도화를 추진하기 위해서 이미 1980년대부터 투자를 진행해 오고 있으며, 국내의 경우도 1994년 건설교통부 주관으로 ITS 기본 계획이 연구되기 시작하여 2001년 3월 'ITS 기본 계획 21'을 확정하였다. 이처럼 초기 연구와 투자가 정부주도의 인프라 구축 사업이 주를 이루었던 ITS 관련 연구와 산업이 점차 사업성 및 시장성에 기반을 두어 민간 기업들의 참여를 통한 인프라뿐만 아니라 ITS를 구성하는 하부시스템, 단말, 서비스, 콘텐츠와 같은 응용 시스템 개발 분야로 급속하게 확산되어 발전되고 있는 실정이다.

본 논문에서는 이와 같은 ITS 서비스 구성 요소 중의 하나인 DSRC를 기반으로 하는 BIS(Bus Information System)^[2]에서 주요 교차로의 신호등에 장착되어 이동체와 무선 통신 링크를 연결해 주는 기지국 안테나를 설계 및 제

작하고 그 특성을 측정하였다. BIS 기지국용 안테나는 이동체가 통과하는 주요 교차로의 한쪽 신호등에 장착되어 모든 교차로 이외에도 일정 범위 내에서 모든 정보를 교환 처리할 수 있어야 하므로, 통신 반경은 약 100m 이상이 요구된다. 이때 자유공간 로스가 -87.7dB이고, 이동체 단말기의 Dynamic Range가 -78dBm ~ -30dBm이다. 따라서 BIS 기지국용 안테나가 반경 100m 이상의 통신 영역을 갖기 위해서는 10dBi 정도의 고이득이 요구된다. 따라서 본 논문에서는 5.8GHz 대역의 전방향성 안테나 구조에서 10dBi 이상의 고이득을 얻을 수 있는 안테나를 설계 제작하였다.^[8]

본 논문의 II.에서는 BIS 개요와 BIS 기지국 안테나 기능 요구 사항과 설계 요구 규격을 제시한다. III.에서는 안테나 구조 설계와 설계 방법이 서술되고 IV.에서는 안테나 제작과 측정 결과가 분석되었으며, V의 결론 부분으로 구성된다.

II. BIS 시스템 및 기지국 안테나 설계 요구 규격

DSRC 통신 시스템의 기본사양은 표 1과 같다.

<표 1> DSRC 통신 시스템 사양

Item	Roadside Equipment
Frequency	5.795GHz ~ 5.815GHz
Maximum EIRP	10dBm
Coverage	>반경 100m
BER	$< 10^{-5}$
Data Rate	1 Mbps
Modulation	ASK
Dynamic Range	-78dBm ~ -30dBm

BIS 기지국 안테나는 주요 교차로의 모든 영역에서 통신이 가능해야 하므로, 반경 100m~150m정도의 통신 영역을 가져야 한다.

<표 2> DSRC 기반의 BIS 기지국 안테나 요구 규격^[5]

Item	Roadside Equipment
Carrier Center Frequency	5.8 GHz
Bandwidth	>10MHz
Polarization	Vertical
Beam Pattern	Omni-Direction
Gain	>10dBi
VSWR	<1.5
Cross-Polarization	>25dB

BIS에서 교차로 신호등에 설치된 안테나는 차량에 설치된 차량통신장치(OBE: On Board Equipment)와 주요 교차로의 모든 영역에서 통신이 가능하도록 전방향성 빔 패턴이 요구되고, OBE에 장착되는 안테나는 설치 위치와 장소에 따라 서로 기지국간의 통신이 원활하게 이루어지도록 가능한 넓은 빔폭의 단일 패치 안테나가 요구된다. BIS 기지국용 안테나 요구 규격은 표 2와 같다.

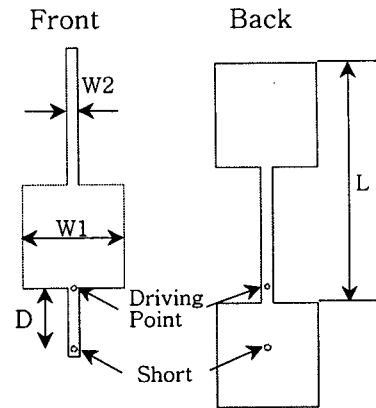
III. 안테나 설계

1. 안테나 기본 구조

안테나 설계에서 사용할 기판 특성이 먼저 정의되면 단일 방사 요소를 설계하여, 공진 주파수와 대역 특성을 조사 분석한다. 사용된 안테나 방사 기판은 Chukoh사의 CGP-500

기판($\epsilon_r=2.6$, $H=20\text{mil}$)을 이용하였으며, MOM(Method of Moment)방식의 상용화 도구 Ensemble 8.0로 모의 실험하여 안테나의 설계 변수들을 추출하였다. 제안된 기본 단일 안테나는 OMA(Omni-directional Planar Microstrip Antenna)를 이용하여 방위각 방향으로 전방향성 빔패턴 특성을 얻을 수 있는 구조를 선택하였다.^[3]

중심 주파수 5.8GHz에서 안테나의 기본 구조는 그림 1과 같으며, 이때의 설계 변수는 표 3과 같다.

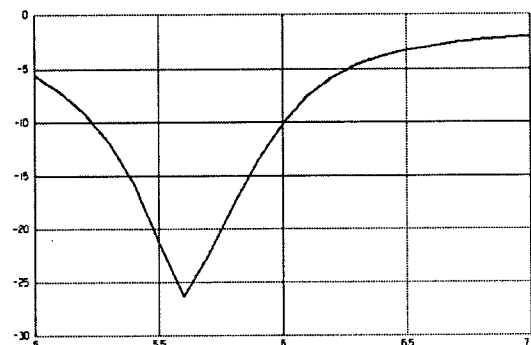


<그림 1> 안테나 기본 구조

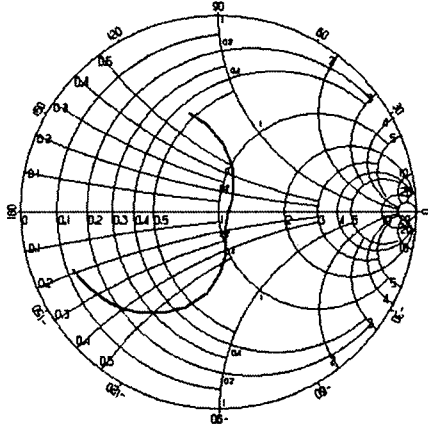
<표 3> 안테나 설계 변수

Parameter	Value [mm]
L	31.5
W1	13
W2	1.46
D	7.9

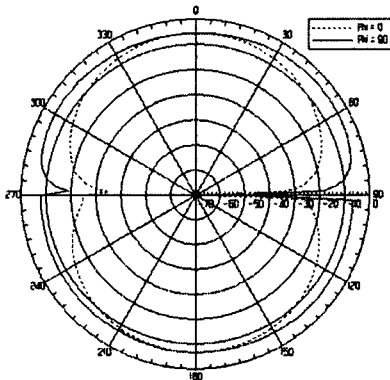
그림 2는 기본 구조 안테나의 시뮬레이션 특성으로 특성이 제일 좋은 곳은 5.6GHz이지만 그림 2의 3)에서와 같이 시뮬레이션을 통하여 검토한 결과 패턴과 이득 등의 전체적인 특성은 중심주파수인 5.80GHz에서 잘 나타난다. 이때의 이득은 중심주파수 5.8 GHz에서 약4.5dBi로 나타난다.



1) 기본 구조 안테나의 반사계수



2) 기본 구조 안테나의 입력 임피던스 특성



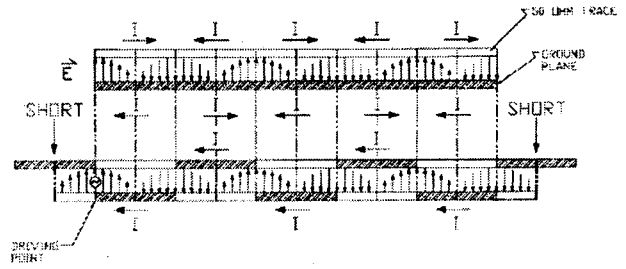
3) 5.80GHz 기본 구조 안테나의 빔 패턴
<그림 2> 기본 구조 안테나 시뮬레이션 결과

2. 배열 안테나 설계

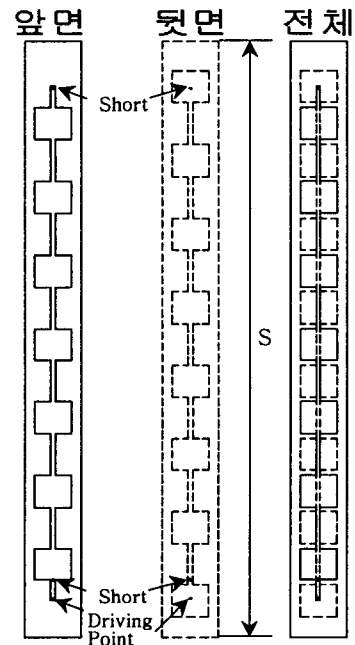
안테나의 기본 구조를 바탕으로 배열 안테나가 설계되며, 주 빔의 폭과 전체 이득 규격에 따라서 소자 수가 결정된다. 요구 규격과 같이 10dBi 이상의 이득을 얻기 위해서 기본 안테나를 8단으로 직렬 배열하였다. OMA의 기본 구조는 급전점에서 아래쪽의 Short Point D까지의 거리는 $\lambda/4$ 로서, 급전점에서 바라다본 Short Point는 Open으로 보이게 된다. 또한 패치간의 거리 L은 직렬 급전 형태로 각 패치에서의 위상이 같아야 하므로 각각 λ 만큼의 간격을 두고 배열되었다. 마지막으로 이득을 위하여 8단 배열을 한 후에 끝에서도 $\lambda/4$ 만큼의 거리를 두고 Short Point를 두어 신호가 끝으로 새어나가는 것을 방지 하였고 직렬 급전선은 50 Ω 라인을 사용하였다.

그림 3은 설계된 배열 안테나에서의 Electric Field를 보여준다.

각 안테나 소자에 계산된 값의 전류크기를 급전하기 위해 전력분배기의 폭을 좌우 비대칭으로 하여 임피던스를 각각 다르게 설계하고 전체 급전선로를 구성한다^[7]. 그림 4는 제안된 기본 구조 안테나를 8단으로 배열한 배열 안테나의 구성



도이다. 배열 안테나는 양면으로 이루어져 있다. 양쪽 끝부분에서 $\lambda/4$ 떨어진 지점에는 앞면(신호)과 뒷면(접지)을 관통하여 연결한 Short Point가 있고, 안테나의 전체 길이 S는 26cm이다.

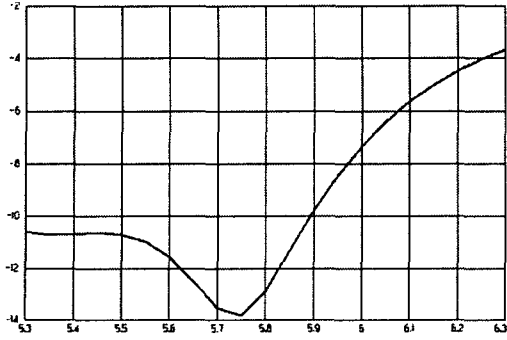


<그림 3> 배열 안테나 구조

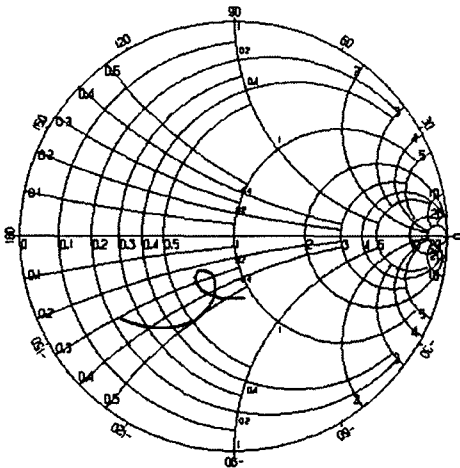
배열소자가 증가할수록 일부 특성은 개선된다. 임피던스 정합 특성을 보이는 급전 손실과 정재파비는 배열에 따른 부정합요소가 발생되어 단일 소자에 비해 높아진다. 피드 손실이 증가하더라도 배열수가 많아지면 소자 수에 비례하는 공진대역이 넓어져 대역폭은 증가한다.

그림 4에서는 기본 구조 안테나를 8단으로 배열하여 설계된 BIS 기지국용 배열 안테나를 시뮬레이션 한 결과로 각각 반사손실, 입력임피던스, 방사 패턴을 보여준다.

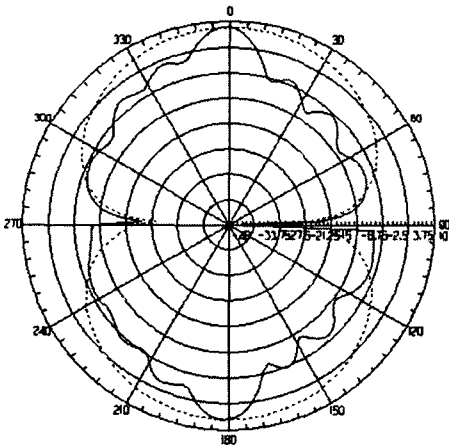
배열안테나 역시 단일 안테나의 특성을 따라가기 때문에 임피던스 매칭이 단일 소자와 거의 유사함을 알 수 있다. 하지만 8단으로 배열하면서 얻어진 약간의 광대역효과가 나타나 5.4GHz대역의 특성이 좀더 좋아진 결과를 나타냈다. 방사 패턴을 보면 $\Phi=0^\circ$ 의 빔 패턴에서 90° 와 270° 부분에 null-point가 생기는데, 이것은 simulation tool을 2.5D tool인 Ensemble을 사용하였기에 나타나는 현상이다.



1) 4x4 안테나의 반사손실 특성



2) 안테나의 입력임피던스 특성



3) 안테나의 방사패턴 특성

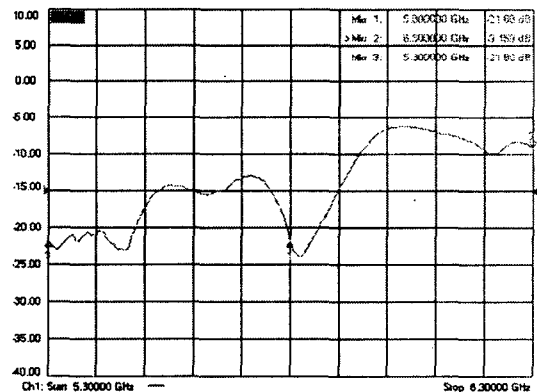
<그림 4> 제안된 배열 안테나의 시뮬레이션 결과



<그림 6> 제작된 안테나 사진

측정은 HP 8510C Network Analyzer를 이용하였고, 제작된 BIS 기지국용 안테나의 반사손실 및 입력임피던스는 그림 7과 같다.

측정결과는 시뮬레이션에서 얻은 특성들과 거의 동일함을 알 수 있었다. 반사 계수의 그래프와 입력 임피던스의 추이를 살펴보면 시뮬레이션과 비교했을 때 10MHz정도의 주파수 편이는 있으나, 제작된 안테나의 대역폭이 시뮬레이션 결과 보다 약 조금 넓어졌음을 알 수 있다.

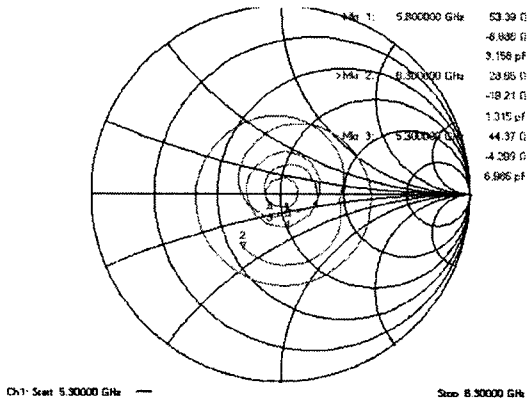


1) 제작된 단일안테나의 반사계수

IV. 제작 및 측정결과 분석

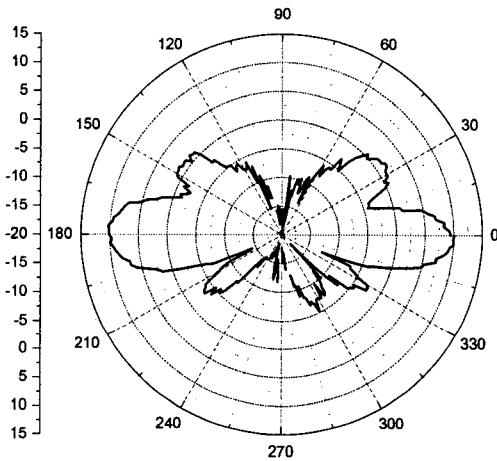
제작된 BIS 기지국용 안테나는 그림 6과 같다. 당사의 필름 제작 시설과 에칭 장비, 그리고 그동안 축적된 설계 기술과 제작 기술과의 오차를 극복할 수 있는 경험으로 0.05mm 이내 오차의 선폭과 패치 설계 제작이 가능하였다.

그림6은 제안된 안테나의 실제 제작된 모습이다.

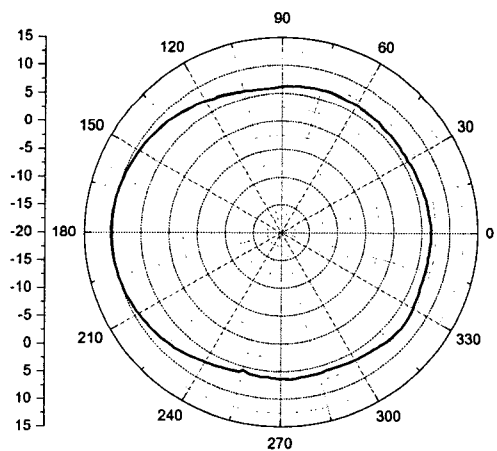


2) 제작된 단일 안테나의 입력임피던스 특성
 <그림 7> 제작된 안테나 성능 측정 결과

5.8GHz 대역에서 측정된 제작 안테나의 복사 패턴은 그림 8과 같다. 방위각 방향인 H-plane의 방사패턴은 원하는 모양인 전방향성의 빔 패턴을 얻었다.



1) 4x4 안테나의 E-plane 복사패턴



2) 4x4 안테나의 H-plane 복사패턴

<그림 8> 방사 패턴 측정 결과 (5.8 GHz)

시뮬레이션 결과와 측정 결과를 비교해 볼 때, 반사계수

와 빔 패턴, 이득은 거의 비슷한 결과를 얻었으나, 시뮬레이션과 측정치가 차이가 나는 이유는 안테나 측정 실험시 주위 환경 및 안테나 제작상의 오차로 인하여 방사패턴의 시뮬레이션 값과 실제 측정치가 다소 차이가 있음을 알 수 있다.

E-면($\Phi=90^\circ$)의 빔 패턴은 전 방향성 빔 패턴 나타내고, H-면($\Phi=0^\circ$)의 3dB 빔폭은 약 22° 이고, 이는 측정치와 모의 실험의 결과가 잘 일치하였다.

안테나의 패턴 측정은 전파 무반사실에서 수행하였으며, 제작된 안테나의 이득은 표준 혼(Horn) model 3115인 double ridged guide 안테나와 측정 안테나의 수신 세기를 비교하여 10.3dBi를 얻었다.

V. 결론

본 논문에서는 ITS중에서 BIS 기지국용으로 적합한 안테나를 설계 제작하고 그 특성을 측정하였다. 도심의 주요 교차로 신호등에 장착되어 교차로의 방향과 상관없이 버스가 교차로를 통과할 때 버스와 기지국 안테나 사이에 통신이 가능해야 하므로, 반경 120m 정도의 통신영역을 얻는 전방향성 안테나 특성을 얻었으며, 측정 이득은 약 10.3 dBi를 얻을 수 있었다. 이들 결과는 시뮬레이션 값들과 잘 일치하였다.

제작된 BIS용 기지국 안테나는 각 교차로에서 교차로 방향에 따른 빔의 세기를 조절할 수 없어 인접한 교차로와의 통신영역 중첩이나, 아주 큰 교차로의 통신영역 확보에 어려움이 있다. 따라서 설치의 편의성을 위해 교차로에서 원하는 방향으로의 빔 틸팅과 빔 성형 및 통신영역 변화가 가능한 안테나 기술 개발이 요구된다.

참고 문헌

- [1] ITS Architecture. Performance and Benefits Study. US DOT, FHA, June 1996.
- [2] Lee Armstrong. DSRC Requirements and Constraints. October 1997.
- [3] Randy Bancroft and Blaine Bateman, Design of a Planar Omni-directional Antenna for Wireless Applications
- [4] US Patent Pending, US Patent Application Serial Number 60/461,689
- [5] 하재권, "Development of Antennas for ETC," (제4차) ITS정보통신기술 워크샵, pp.123-137, 2003.
- [6] C. A. Balanis, Antenna Theory, 2nd Ed., John Wiley & Sons, Inc., New York, 1997.
- [7] J. R. James and P. S. Hall. Handbook for Microstrip Antennas. IEE Electromagnetic Waves, Series 28. 1989.
- [8] 하재권, "ETCS용 RF 링크 설계와 안테나 빔 패턴에 의한 통신 영역 연구," (사)한국ITS학회, 제2회 한국 ITS학회 추계학술대회, 아주대학교, 2003.11.8