

FTMS 기지국용 5.8 GHz 대역 배열 패치 안테나 설계

Design of 5.8 GHz Patch Array Antenna for FTMS Roadside Equipment

권한준*
(Han-Joon Kwon)

이재준**
(Jae-Jun Lee)

이승환***
(Seung-Hwan Lee)

김용득****
(Yong-Deak Kim)

요약

본 논문에서는 능동주파수방식의 단거리 무선통신 기술을 이용하여 고속도로 교통관리시스템에 적용할 수 있는 교통 정보 수집 및 제공용 기지국 안테나를 설계하였다. 능동 DSRC는 5.8GHz 고주파수를 중심주파수로 사용하고 있는 기술로서 전파의 직진성이 매우 강해 주행 차량간 물리적인 전파 shadowing이 발생 할 경우가 많다. 이러한 열악한 통신환경에서도 정확한 교통 정보의 수집 및 제공을 할 수 있는 안정된 통신 링크를 구성하고 다양한 차로수 및 통신반경 등 도로 환경에 적용할 수 있도록 안테나의 설치위치 및 이를 고려한 빔 패턴을 설계하였다.

본 논문에서는 통신링크 환경을 고려하여 중심주파수 5.8 GHz, 입력손실은 75 MHz대역에서 -17 dB, 축비는 1.5:1, 안테나 이득은 12.2 dBi, 빔패턴은 수평반치가 55°, 수직반치가 26°의 특성을 갖는 2x4 배열 마이크로스트립 안테나를 설계, 제작하였으며 차량 간의 물리적 조건에 따른 전파 shadowing을 피하기 위한 안테나의 최소 설치 높이는 14 m로 설계하였다.

Abstract

This paper designed the antenna for collecting and servicing the traffic information that apply to Freeway Traffic Management System, as using DSRC (Dedicated Short Range Communication). Active DSRC is the technology that is using 5.8 GHz Radio Frequency to a mean frequency and there are a lot of the case occurring a physical electric wave shadowing because of the traveling straight of a electric wave. In such inferior communication environment, it constructed the stabilized communication link that can do collecting and servicing the correct traffic information and designed the beam pattern considering the establishment position of the antenna that can apply to various road environments and a communication area.

By considering the communication link environment, this paper designed and manufacture the mean frequency of 5.8 GHz, the input loss of -17 dB in 75 MHz bandwidth, the Axial ratio of 1.5:1, and 2x4 array microstrip antenna which beam pattern have the characteristic of 55° horizontal half power beam width and 26° elevation half power beam width and the minimum establishment height of the antenna was designed as 14m for avoiding electric wave shadowing on a physical condition between vehicles

Key words: FTMS, DSRC, beam pattern, microstrip patch antenna, RF

† 본 연구는 한국도로공사 DSRC를 활용한 도로교통정보 검지시스템 실용화 기술개발연구로 수행하였습니다.

* 주저자 : 아주대학교 전자공학과 박사수료

** 공저자 : 아주대학교 전자공학과 석사과정

*** 공저자 : 아주대학교 교통공학과 박사과정

**** 공저자 : 아주대학교 전자공학과 교수

† 논문접수일 : 2008년 6월 3일

† 논문심사일 : 2008년 6월 16일

† 게재확정일 : 2008년 7월 12일

I. 서 론

고속도로교통관리시스템(FTMS : Freeway Traffic Management Systems)[1]은 급증하는 교통수요를 도로의 건설이나 확장으로 대처하기에는 한계가 있어 최소한의 투자비용으로 교통흐름을 관리하여 이용객에게 고속도로 이용 전 또는 이용 중에 실시간 교통정보를 제공함으로써 교통수요를 시·공간적으로 분산, 유도하여 고속도로 소통효율을 향상시키는 시스템으로서, 한국도로공사가 고속도로를 이용하는 운전자들에게 교통정보를 제공하고, 교통상황을 관리하기 위해 구축한 고속도로 지능형교통시스템(ITS : Intelligent Transport Systems)[2, 3]이라고 할 수 있다.

전국 고속도로 요금소에서 운영중인 자동요금징수시스템(ETCS : Electronic Toll Collection System)의 차량단말기(OBU : On Board Unit)의 데이터를 이용하면 고속도로 교통관리 시스템의 프로브(Probe) 차량으로서의 역할을 담당할 수 있다. 이를 위하여 차량단말기가 장착된 차량에 대하여 데이터를 수집, 가공, 처리할 기지국이 필요하며 데이터의 효율적 관리와 운용을 위한 교통정보 수집서버도 필요하다. 이는 ITS 교통망 구축을 위한 능동 단거리 무선통신(DSRC : Dedicated Short Range Communication) [4, 5]를 이용하는 차세대 고속도로 교통관리 시스템이 된다. 본 논문에서는 현재 자동요금징수시스템에 적용되는 능동 RF DSRC 기술을 응용하여 고속도로 교통정보 수집 및 제공이 가능한 방안 중 무선통신 부분의 기지국 안테나를 설계하고자 한다. 시스템 특성을 만족시키기 위한 안테나 설계시 고려사항으로는 안테나의 설치 높이, 전파 복사 각도 등이고 중심주파수는 5.8 GHz이며 대역폭은 20 MHz이다.

II. 안테나 설계 요소 설정

국내 고속도로의 경우 차로의 수가 가장 좁은 것은 88 고속도로와 같은 왕복 2차선 고속도로이며 가장 넓은 것은 서울외곽순환고속도로와 같은 왕복

<표 1> 안테나 설계 규격안
<Table 1> Draft of antenna design standard

항 목	제안 설계 규격
중심주파수	5.8GHz
주파수영역	20MHz
입력손실	-17dB
횡측 통신 영역	16m (3.3X4_4차로 + 2.8_갓길)
종측 통신 영역	100m(최대)

8차선의 고속도로이다. 따라서 편도 4차선의 폭을 커버할 수 있는 빔 패턴 특성을 갖는 안테나 설계가 요구 된다. 또한 능동 DSRC는 주파수 로밍 특성이 없기 때문에 주파수 재사용거리를 표준에 정의하고 있으므로 표준에 위배되지 않는 범위의 길이 특성을 갖도록 기지국 안테나의 빔 패턴을 구성하는 것이 중요한 설계 요소가 된다.

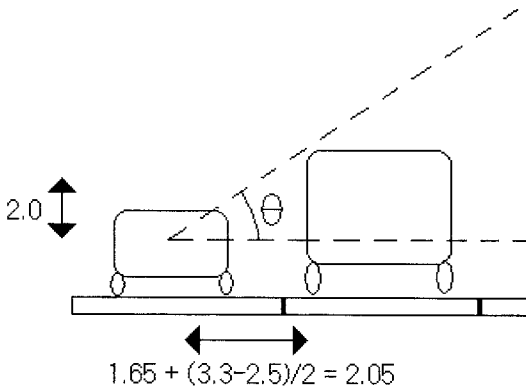
<표 1>에 보여준 안테나 설계 기본 요소를 만족하기 위한 경우의 수는 매우 많으며 이에 적용될 수 있는 요소로는 RF 모듈의 최대 전파복사전력, 안테나의 설치 높이, 전파 복사각도 등이 될 것이다.

위 변이 요소들 중 첫 번째로 RF 모듈의 최대 전파 복사 전력과 같은 경우 능동DSRC는 특정 소출력 무선 출력기기로 등록이 되어있으므로 최대 출력을 10mW이내이어야 한다.

둘째 고려사항으로 안테나의 설치위치는 능동 DSRC는 5.8 GHz의 높은 주파수를 사용하는 시스템으로서 전파의 직진성이 매우 강하다. 따라서 안테나로부터 가장 멀리있는 1차로와 2차로의 프로브 차량이 물리적 방해없이 통신할 수 있는 가시선(Line Of Sight) 환경을 구성하는 것이 필수적이다.

<표 2> 차량열 동작 특성
<Table 2> Arranged vehicles dynamic characteristic

항 목	버스	승용
차량 전고	3.2m	1.4m
차량 전폭	2.5m	1.8m
단말기 높이	Don't care	1.2m
1차로 폭	3.3m	
도로와 구조물 간격	2.8m	



<그림 1> 가시선 유지를 위한 최소 각도 형태
 <Fig. 1> Minimum angle form for remaining LOS

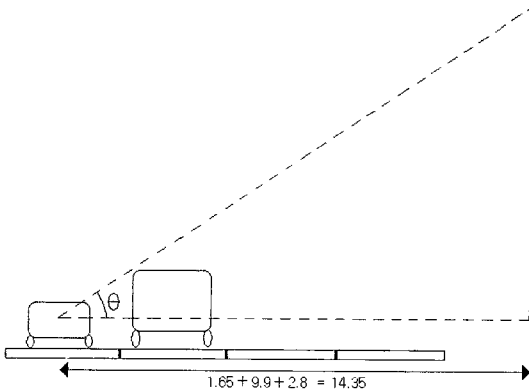
전파 shadowing이 발생할 수 있는 환경은 1차선에 승용차량, 2차선에 버스차량이 동시 운행일 경우이며 이런 상황에서도 가시선을 유지해야만 비교적 안정적인 통신 영역을 설계했다고 할 수 있다.

<표 2>와 <그림 1>의 제원에 근거하여 LOS를 유지하기 위한 최소 각도를 산출하면 아래와 같다.

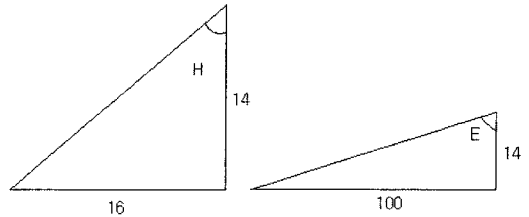
$$\tan^{-1}(2.0/2.05) = \theta, \theta \approx 44.3^\circ$$

따라서 최악 Shadowing 조건에서의 LOS를 유지할 수 있는 안테나 최소 설치 높이는 <그림2>를 이용하여 아래와 같이 계산하면 약 14m로 산출된다.

$$\tan 44.3^\circ = \text{설치높이} / 14.35, \text{설치높이} \approx 14$$



<그림 2> LOS 유지를 위한 안테나 위치
 <Fig. 2> Antenna location for remaining LOS



<그림 3> 전파 복사 각도
 <Fig. 3> Electric radiation angle

<표 3> 기지국 안테나 설계 규격
 <Table 3> Road side antenna design standard

항 목	사 양
중심 주파수	5.8 GHz
주파수 영역	20 MHz
수평반치각 (3dB H-angle)	49° (MIN)
수직반치각 (3dB E-angle)	82° (MAX)

셋째로 최대차로인 4차로의 폭과 능동DSRC의 표준에 의거한 주파수 재사용 거리를 만족하는 100m 통신 영역을 확보하기 위한 전파 복사 각도의 설정이다.

<그림 3>과 같은 통신영역을 만족하는 전파복사 수평각도(H)와 수직각도(E)를 각각 산출하면 아래와 같다.

$$H_angle = \tan^{-1}(16/14) \approx 49^\circ$$

$$E_angle = \tan^{-1}(100/14) \approx 82^\circ$$

따라서 FTMS 기지국용 안테나의 최종 설계규격은 <표3>과 같다

III. 단일 패치 안테나 설계

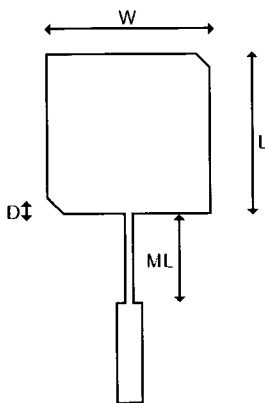
위 <표 3>의 안테나 설계 규격 조건을 만족하는 배열 안테나를 구성하기 전단계로서 단일 방사부를 갖는 마이크로 스트립패치 안테나[6, 7]를 설계하였다. 단일패치안테나의 설계는 배열구조의 안테나를 설계하기 위한 우선 단계이며 설계시 방사부/급전부/매칭부의 조건 및 축비(Axial ratio)를 설정하는 중요한 단계이기도하다.

<표 4> 안테나 PCB 사양
<Table 4> Antenna PCB specification

항 목	사 양
중심 주파수	5.8GHz
사용 기판	테프론
기판 두께	0.8 mm
유전율	2.5

능동 DSRC의 중심주파수인 5.8GHz를 인수로 하여 안테나의 이득을 최대한 높이기 위해 유전율 2.5의 테프론 기판을 사용하였다. 사용한 안테나 기판의 사양은 <표 4>와 같다.

능동DSRC는 이동하는 차량에 의한 반사파의 다중 신호 특성을 최소화 하기 위해 우편파(RHCP : Right Hand Circular Polarization)의 편파 특성을 갖는 안테나를 적용하도록 규정되어 있다. 마이크로 스트립패치 안테나의 경우, 이와 같은 CP 특성[7]을 갖도록 하기 위해 offset 방식, dual feed 방식 등 여러 가지 방안이 제시되어 있으나, 본 논문에서는 고속도로 교통관리시스템 특성상 고속도로에 설치되는 안테나이기 때문에 바람 및 환경 요소의 방해를 최소화 하기 위해 안테나 구조물의 크기를 최소화 할 수 있는 방식 중 corner truncated 방식을 선택하여 우편파 특성을 얻도록 하였다[8]. 먼저 단일 패치 안테나 설계 형태 및 사양은 <그림 4> 및 <표 5>와 같다.



<그림 4> 단일 패치 안테나 형태
<Fig. 4> One patch antenna figure

<표 5> 단일 패치 안테나의 설계 사양
<Table 5> Design specification of one patch antenna

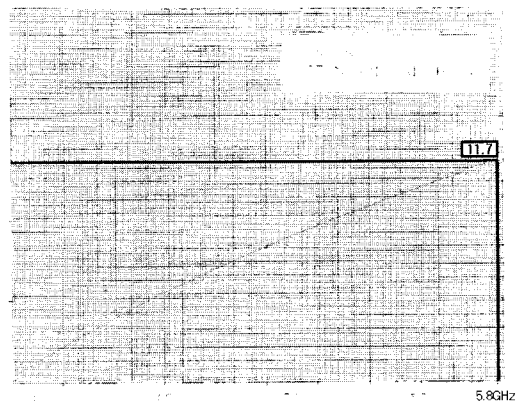
항 목	설계값 [mm]
W	16.35
L	16
D	1.66
WL	9.24

<그림 4>에서와 같이 우측상단과 좌측하단에 corner truncated 방식을 적용하였고 위 사양을 토대로 단일 패치 안테나를 설계하였다.

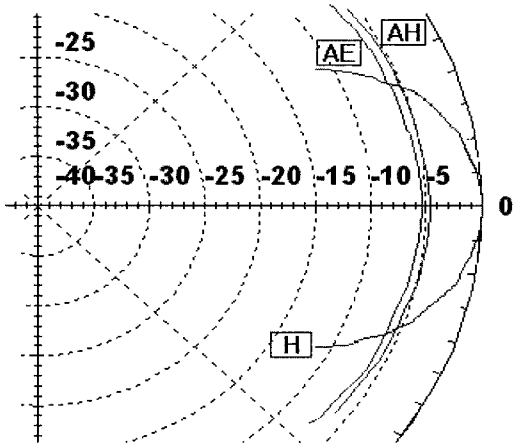
안테나 이득 및 축비를 측정하기 위해 표준 혼 DBK-520을 기준으로 삼았다.

측정방법은 소스 안테나로 다이폴을 설치한 후 표준 혼을 타겟측에 설치하여 패턴을 측정한 이후 제작된 안테나의 패턴을 측정하고 이후 안테나의 방향을 90° 회전시킨 후 다시 패턴을 측정[8]하여 축비 및 이득을 산출한다. <그림 5>에서 알 수 있듯이 5.8 GHz에서 표준 혼의 이득은 11.7 dBi이다. 타겟 안테나와 비교하여 상대 이득을 구할 때는 선형편파와 원형편파의 특성차이에 의한 3 dB를 보정한 상태에서 측정한다.

제작된 안테나의 이득이 표준 혼의 이득과 비교해볼때 약 4.5 dB 가량 하위에 있으므로 안테나의 이득은 약 7.2 dBi 가 되며 AE와 AH의 크기를 비

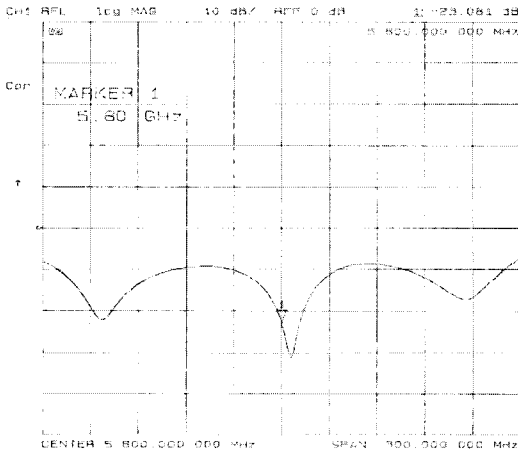


<그림 5> 표준 혼 이득 차트
<Fig. 5> Standard horn gain chart



*AH : ANTENNA H-PATTERN
 *AE : ANTENNA E-PATTERN
 * H : HORN PATTERN

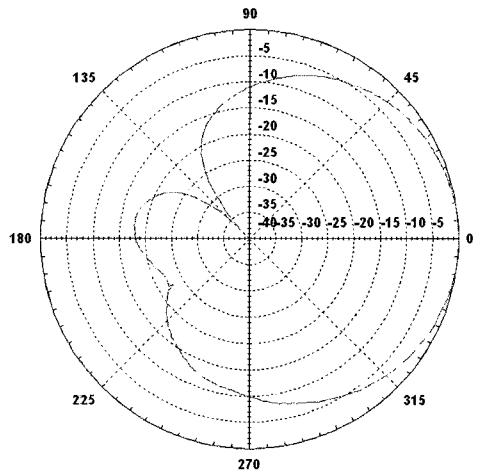
<그림 6> 단일 패치 안테나 축비
 <Fig. 6> Axial ratio of one patch antenna



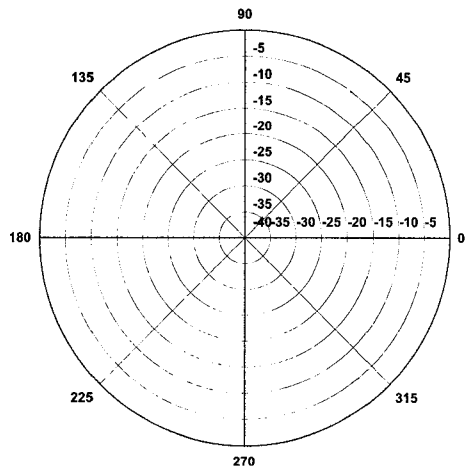
<그림 7> 단일 패치 안테나의 입력손실 데이터
 <Fig. 7> Input loss data of one patch antenna

교하여 축비를 산출하면 약 1 dB 정도의 양호한 특성이 나타났다.

<그림 7>의 결과에서 알 수 있듯이 중심주파수인 5.8 GHz에서 -23 dB의 특성을 보임을 알 수 있고 설계 임피던스 매칭 목표치인 -17 dB (약1.3:1)에서 약 30 MHz의 밴드 특성을 보였다.



<그림 8> 단일 패치 안테나 수평 패턴
 <Fig. 8> One patch antenna horizontal pattern



<그림 9> 단일 패치 안테나 수직 패턴
 <Fig. 9> One patch antenna elevation pattern

<표 6> 단일 패치 안테나의 측정 결과
 <Table 6> Measured data of one patch antenna

항 목	측정결과
입력손실(중심주파수)	-23dB
수평반치각	89°
수직반치각	82°
축 비	1dB

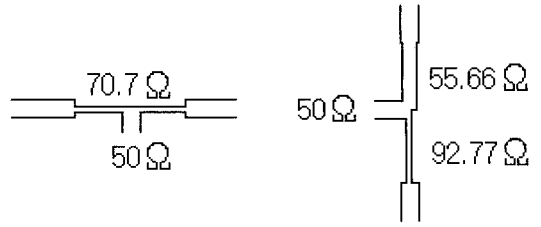
<표 6>의 측정결과에서 알 수 있듯이 <표 3>에서 요구한 입력 손실값 및 능동DSRC의 주파수 범위인 20MHz에 상응하는 밴드 폭과 수평 반치각 89° 및 수직 반치각 82°의 특징을 나타내었다. 단일 방사부임에도 불구하고 수직과 수평빔폭이 다른 이유는 안테나 구조상 수직측 반사판의 크기가 더 크기 때문이다. 위 결과를 토대로 <표 1>과 <표 3>의 안테나 설계규격을 만족하기 위해서 안테나 방사부를 배열한다. 설계시 side lobe의 최소화를 위해 Taylor 분포를 활용하고 복사각도를 만족하기 위해 방사부의 수와 간격을 조절한다.

IV. 배열 패치 안테나 설계

마이크로스트립 어레이 안테나는 주빔(main lobe)에 이득을 집중시키고 원하는 빔폭을 얻을 수 있도록 하기 위하여 각 방사부 간의 간격 및 급전 선로의 전류 분포가 매우 중요한 설계 요소가 된다. 첫째로 방사부의 간격은 모든 배열 방사부의 위상이 일치할 수 있도록 동일 간격으로 구성해야한다. 방사부의 위상이 다를 경우 빔은 어느 한쪽으로 tilt 되기 때문에 중요한 설계요소라고 할 수 있다. 본문에서는 방사부의 간격을 $0.8\lambda_g$ 로 설정하였다. 둘째로 시스템 규격에서 요구하는 빔폭을 갖게 하기위해서 Taylor 분포[9]를 적용하여 전송선을 설계하였으며, 이는 배열 방사소자에 원하는 정도의 전류가 공급, 분포되게 함을 의미한다.

각 안테나 방사부에 원하는 정도의 전류를 공급하기 위해 전송선 중 전력분배기 역할을 하는 line 좌우의 임피던스를 각각 다르게 조절한다.[9] 이는 PCB 패턴상에서 전송선 폭이 좌우 비대칭으로 구성됨을 의미하며 이를 기초로 전체 급전 선로, 매칭 선로, 전력분배선로가 설계된다.

기 설계된 단일 패치 안테나의 복사각도 특성이 약 90°로 나타난바 일반적인 배열 안테나의 특성상 방사부가 2의 배수로 증가할 경우 이득은 3dB 가량 증가하고 빔폭은 1/2로 줄어드는 이득과 빔폭의 반비례 특성을 갖기 때문에 <표 3>에서 규정한 통신영역을 만족하기위해 수평부는 2-배열로 구성하였다.

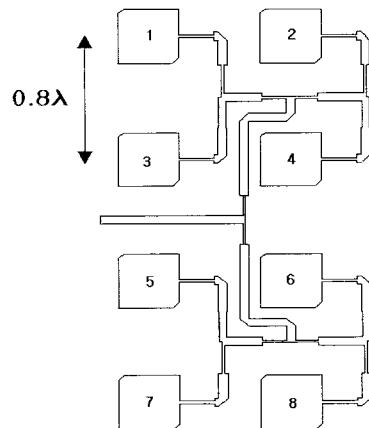


<그림 10> 테일러분포에 의한 급전 라인 형태
<Fig. 10> Transmission line figure by Taylor distribution

<표 7> 테일러 전류 분포
<Table 7> Taylor electric current distribution

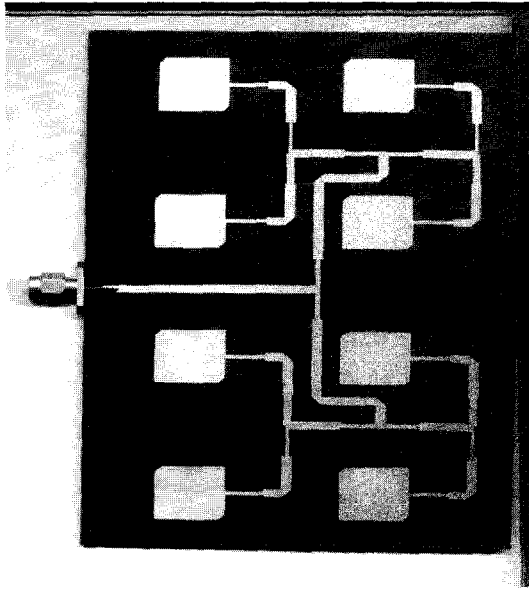
방사 소자	Taylor 전류분포
1	0.6
2	0.6
3	1
4	1
5	1
6	1
7	0.6
8	0.6

수직빔폭은 기지국간 통과속도인 구간 정보 및 기지국 통신영역 내에서의 이동속도인 지점정보에 대해 보다 정확한 결과 값을 산출하기 위해 좁은 통신 영역의 구성이 요구되어 4-배열로 구성하였으며 각 Taylor 전류 분포구성 및 이에 따른 전송선의 구성과 전체 line 및 방사부의 형태는 다음과 같다.

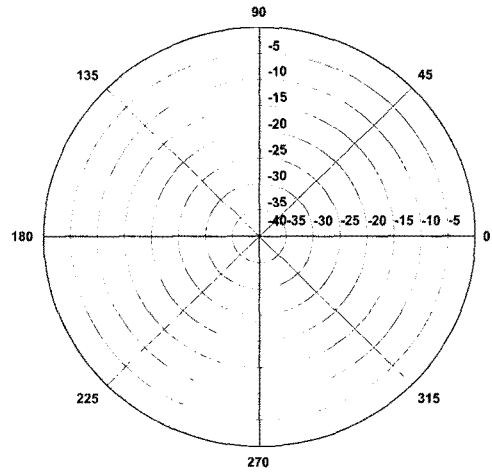


<그림 11> 2x4 배열 안테나 형태
<Fig. 11> Figure of 2x4 array antenna

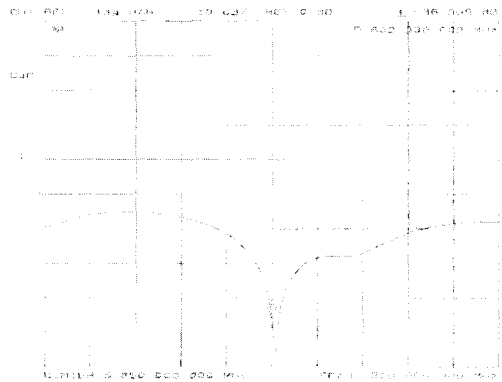
위의 설계요소 및 디자인을 토대로 2x4 배열 마이크로스트립 안테나를 설계, 제작하였으며 제작 형태와 패턴, 반사 손실특성, 축비, 이득 등의 측정 결과는 <그림 11>~<그림 15>와 같다.



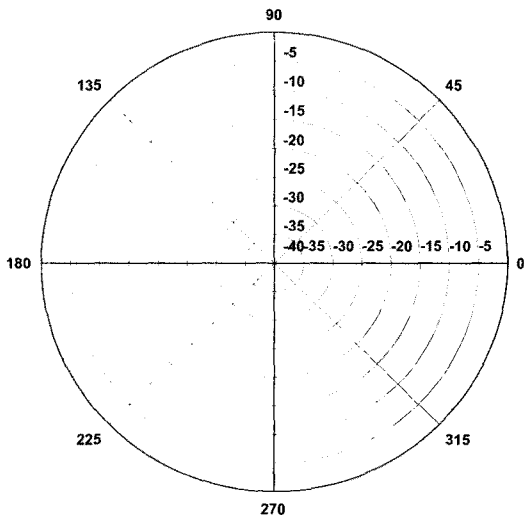
<그림 12> 제작된 2x4 배열 안테나
<Fig. 12> Fabricated 2x4 array antenna



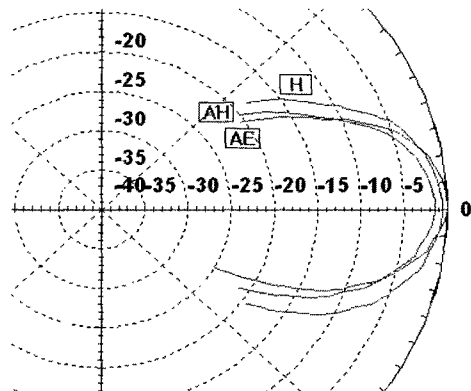
<그림 14> 2x4 배열 안테나 수직패턴
<Fig. 14> Elevation pattern of 2x4 array antenna



<그림 15> 2x4 배열 안테나의 입력 손실 데이터
<Fig. 15> Input loss data of 2x4 array antenna



<그림 13> 2x4 배열 안테나 수평패턴
<Fig. 13> Horizontal pattern of 2x4 array antenna



<그림 16> 2x4 배열 안테나 축비 특성
<Fig. 16> Axial ratio of 2x4 array antenna

제작된 안테나의 이득이 표준 혼의 이득과 비교해 볼때 약 0.5 dB 가량 상위에 있으므로 안테나의 이득은 약 12.2 dBi 가 되며 축비는 약 1.5 dB 정도의 양호한 특성이 나타났다. 수평반치각은 55°, 수직반치각은 26°로써 설계사양을 만족하였다. 입력 손실은 여러 방사부의 공진특성에 의거 단일 패치 안테나의 입력손실보다 광대역 특성을 보였으며, 입력손실 부분은 중심주파수에서 약 -35 dB의 특성을 보였고, 설계 사양인 -17 dB의 손실을 기준으로 약 75 MHz의 양호한 결과를 얻었다. 또한 크기는 85(W)x150(L)로서 바람과 같은 환경요소에 영향을 줄일 수 있도록 작게 구현되었다.

V. 결론 및 향후 연구과제

1. 결론

본 논문에서는 고속도로 교통정보 수집 및 제공에 적용 가능한 차세대 고속도로 교통관리시스템 기지국용 안테나의 사양을 정하고 이 사양을 기반으로 한 배열 마이크로스트립 안테나를 설계, 제작하였다. 능동 DSRC는 현재 20 MHz의 적은 대역폭을 갖고있으며, 원형편파를 구현해야하므로 바람과 같은 환경요소에 대한영향을 최소화하기위해 구현이 간단하고 안테나 크기를 줄일 수 있는 comer truncated방식을 사용 하였다. 배열안테나를 구성하기 전 단일 패치 안테나를 설계 제작하여 축비와 입력 손실의 정도, 대역 폭 등을 확인하였다. 또한, 이를 기반으로 하여 Taylor분포를 사용하여 전력분포를 구성하였고 원하는 사양의 안테나 특성을 얻을 수 있었다. 빔폭 및 복사특성은 단일 복사 구조의 경우 90°내외의 특성을 갖고 2-배열 복사 구조의 경우 40~50°의 특성을 나타내었으며 4-배열 복사 구조의 경우 20~30°의 복사 특성을 나타낸 바, 본 논문에서 구현하고자 하는 통신영역을 구성할 수 있었으며 축비의 경우 단일 복사구조의 경우 1 dB, 2x4 배열안테나 복사구조의 경우 1.5 dB의 특성을 나타내었다. 그리고 유전율이 비교적 낮은 테프론 기판을 적용하여 방사부의 크기를 확장함으로써 안

<표 8> 안테나 사양 비교
<Table 8> Antenna specification comparison

항목 \ 사양	단일 안테나 구현	배열 안테나 설계	배열 안테나 구현	비고
이득	7.2dBi	-	12.2dBi	
축비	1dB	-	1.5dB	양호
반사계수 (S11)	-17dB :30MHz	-17dB :20MHz	-17dB :75MHz	양호
수평반치각 (H_angle)	89°	49°(min)	55°	양호
수직반치각 (E-angle)	82°	82°(max)	26°	양호

테나의 이득을 최대한 높여 기지국 안테나로서의 특성을 얻을 수 있었다.

2. 향후 연구과제

5.8 GHz는 고주파 특성상 짧은 파장을 갖는다. 이로 인해 직진파와 반사파의 위상차에 의한 전파 상쇄현상이 발생 할 수 있다. 짧은 통신영역에서는 전파상쇄가 발생하더라도 직진파의 크기가 충분히 크기 때문에 보상이 되지만 긴 통신영역에서는 직진파의 크기가 줄어들고 반사파에 의한 전파 상쇄까지 발생하는 경우가 되던 단말기 수신감도보다 적은 전파의 크기가 되어 마치 전파가 도달하지 않는 듯한 비 통신영역(전파 hole)이 발생할 수 있다. 따라서 직진파와 반사파의 위상을 조절하여 비 통신영역을 최소화하면서 시스템특성을 최적화 할 수 있는 종축 통신영역을 구성하기 위해 안테나의 Physical beam tilt 에 대한 다양한 시험과 안테나 설계부분에 있어 긴 통신영역에서도 전파 상쇄에 의한 영향을 최소화 할 수 있도록 충분한 유효 등방성 복사전력(EIRP : Effective Isotropic Radiation Power) 특성부분에 대한 추가적인 고려가 요구된다.

참고문헌

- [1] 한국도로공사, ITS구축·운영 편람, 제1권, p. 17, 2005. 11.

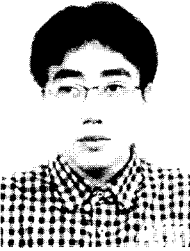
- [2] R. Kohno, "ITS and mobile multi-media communications in Japan," *지능형 교통시스템 정보통신 기술 워크샵 자료집*, pp.7-34, 2000. 5.
- [3] 건설교통부, *지능형교통체계 기본계획 21*, pp. 4-14, 2000. 12.
- [4] C. H. Rokitansky, "DSRC standardisation and conformance testing of DSRC/EFC equipment," *Proc. 7th ITS World Congress*, pp. 1~9, Oct. 2000.
- [5] ISO TC204 WG15 Committee of Japan, *DSRC guide - 5.8 GHz full duplex active DSRC*, ver. 0.65, pp. 1~13, Oct. 1998.
- [6] T. A. Milligan, *Modern Antenna Design*, McGraw-Hill, pp. 111-115, 1976.
- [7] J. R. James, "Microstrip antenna theory and design," *IEEE Electromagnetic Wave Series 12*, pp. 21-41, pp. 194-205, 1981.
- [8] C. A. Balanis, *Antenna Theory : Analysis and Design*, 2nd ed, John Wiley & Sons, pp. 767-772, May 1996.
- [9] T. T. Taylor, "Design of line-source antennas for narrow beamwidth and low sidelobes," *IRE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-3, pp. 16-28, Jan. 1955.

저자소개



권한준 (Kwon, Han-Joon)

1992년 : 광운대학교 전자공학전공(학사)
1997년 : 아주대학교 전자공학전공(석사)
2008년 : 아주대학교 전자공학전공(박사수료)
1994년 ~ 현재 : 한국도로공사 (현재, 하이패스사업처 하이패스팀)



이재준 (Lee, Jae-Jun)

2006년 : 백석대학교 정보통신전공(학사)
2008년 : 아주대학교 전자공학전공(석사과정)



이승환 (Lee, Seung-Hwan)

1999년 : 원광대학교 도시공학 전공(학사)
2001년 : 아주대학교 교통공학 전공(석사)
2008년 ~ 현재 : 아주대학교 교통공학 전공(박사과정)
2001 ~ 2002 : 국토연구원 SOC 건설경제연구실
2002년 ~ 현재 : ITS 코리아 기획팀 팀장



김용득 (Kim, Yong-Deak)

1971년 : 연세대학교 전자공학전공(학사)
1973년 : 연세대학교 전자공학전공 (석사)
1978년 : 연세대학교 전자공학전공 (박사)
1979 ~ 현재 : 아주대학교 전자공학부 정교수
1973 ~ 1974 : 불란서 E. S. E 전자공학 연구실
1973 ~ 1974 : 미국 STANFORD 대학교 연구교수
1981 ~ 1982 : 한국전자통신연구소 위촉연구위원
1994 ~ 1998 : ITS 연구기획단연구위원, 전자부문총괄