

DSRC 노변기지국용 시퀀셜 로테이션 마이크로스트립 패치 배열 안테나

Sequential Rotation Microstrip Patch Array Antenna for DSRC Road-side Equipment(RSE)

박창현

홍성준

김성주

이병제

(광운대학교, 석사과정) (광운대학교, 석사과정) (광운대학교, 박사과정) (광운대학교, 부교수)

Key Words : 배열 안테나, DSRC, 시퀀셜 로테이션

목 차

- I 서론
- II 안테나 설계 및 구조
- III 결과
- IV 결론

I. 서론

ITS(Intelligent Transportation Systems)는 도로와 차량을 전자제어 및 통신 첨단기술을 이용, 접목하여 교통정보를 수집, 처리, 가공해 실시간으로 제공함으로써 교통의 효율성과 안전성을 향상시켜 운전자의 편의성과 안전성을 극대화하는 차세대 교통정보 시스템이다. ITS는 교통에 관련한 모든 시스템을 총괄하고 있으며 서브시스템은 다음 5가지로 구분할 수 있다. 첨단 교통관리 시스템(ATMS:Advanced Traffic Management Systems), 첨단 교통정보 시스템(ATIS:Advanced Traveler Information Systems), 첨단 대중교통 시스템(APTS:Advanced Public Transportation Systems), 첨단 화물운송 서비스(CVO:Commercial Vehicle Operations), 첨단 차량 및 도로 시스템(AVHS:Advanced Vehicle & Highway Systems)이다. 이 중 첨단 교통관리 시스템은 도로상에 차량 특성, 속도 등의 교통 정보를 감지할 수 있는 시스템을 설치하여 교통상황을 실시간으로 분석하고, 이를 토대로 도로 교통의 관리와 최적 신호 체계의 구현을 꾀하는 동시에 여행시간 측정과 교통사고 파악 및 과적 단속 등의 업무 자동화를 구현한다.

현재 ITS 통신 방식으로는 DSRC(Dedicated Short Range Communication)가 가장 적합한 통신기술로 각광받고 있으며, 국내에서는 한국정보통신기술협회(Telecommunications Technology Association)에서 5.8 GHz 대역 노변기지국과 차량단말기간의 근거리 전용통신에 대한 표준을 제정했다[1]. <표 1>은 한국정보통신기술협회 표준을 바탕으로 한 노변기지국용 안테나 설계사양이다.

첨단 교통관리 시스템을 위하여 노변 기지국과 차량의 단말기는 양방향 통신을 함으로써 여러 서비스와 정보를 주고 받는다. 노변 기지국 안테나는 주변에 다른 노변 기지국 안테나

<표 1> DSRC 노변기지국용 안테나 설계사양

Parameter	Specification
Frequency	5.795GHz~5.835GHz
Radiation Element	Patch
Polarization	RHCP
Gain	class 1 : $\leq 22\text{dBi}$ class 2 : $\leq 11\text{dBi}$
3-dB Beamwidth	20°

에 영향을 주지 않도록 적절한 부엽을 가져야 하며, 다중경로에 의해 반사된 신호를 수신하기 위하여 원형편파를 갖도록 설계되어야 한다. 본 논문에서 제안된 안테나는 컷팅형 사각 패치를 이용하여 원형편파를 얻는다. 그러나 컷팅형 패치로 제작할 경우 기존의 원형편파 안테나에 비해 중심주파수에서 멀어질수록 축비가 급격히 커지게 되어 축비 대역폭이 좁아지는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 시퀀셜 로테이션 배열방법을 사용하여 축비 대역폭과 입력 임피던스 대역폭을 넓혔다. 시퀀셜 로테이션 배열은 급전점에서 각 방사 소자까지의 거리를 조절하여 반사 전압이 급전 점에서 상쇄되도록 하는 반면 급전선의 길이 차이에 따른 각 방사 소자의 순차적 위상지연을 보상하기 위해 패치를 물리적으로 회전시켜 결국 각 패치에서 방사되는 전계는 동일 시간에 동일 방향이 되도록 한다. 이때 패치의 회전방향을 안테나에서 사용하는 원형편파 방향으로 회전시킴으로써 중심주파수를 벗어나 선형편파가 되더라도 이 선형편파를 이용해서 원형편파를 발생시켜 축비대역폭을 넓힐 수 있다[2].

본 논문에서는 구현의 쉬움을 위해 단일 층 구조를 갖는 4x4 시퀀셜 로테이션 마이크로스트립 패치 배열 안테나를 제안한다. 본 논문에서 제안된 안테나는 Zeland 사의 IE3D 시뮬레이션 결과를 토대로 설계하였으며, 제작된 안테나는

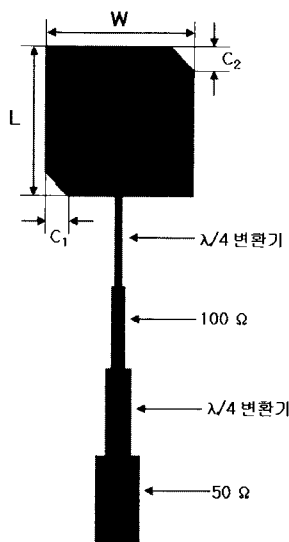
Agilent 사의 E5071B와 Anechoic Chamber로 측정하였다.

II. 안테나 설계 및 구조

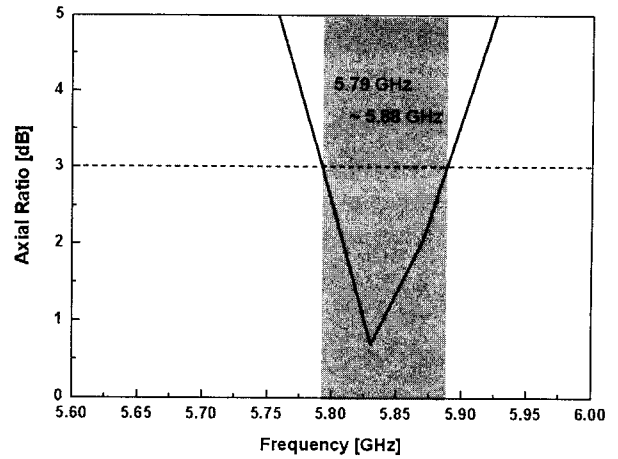
시퀀셜 로테이션 배열 방법을 이용한 4×4 배열 안테나 설계를 위하여 먼저 단일 패치 안테나를 설계하였고, 설계된 단일 패치 안테나를 기본으로 시퀀셜 로테이션 배열을 이용한 2×2 배열 안테나를 설계하였다. 그리고 설계된 2×2 배열 안테나를 이용하여 최종적으로 4×4 배열 안테나를 설계하였다. 안테나에 사용되는 기판은 두껍고 유전율이 낮을수록 대역폭이 넓다[3]. 따라서 유전율이 낮고 두께가 두꺼운 RT/duroid 5880 ($\epsilon_r=2.2$, $t=1.6$ mm, loss tangent=0.0009) 을 사용하였다.

2.1 단일 패치 안테나 설계

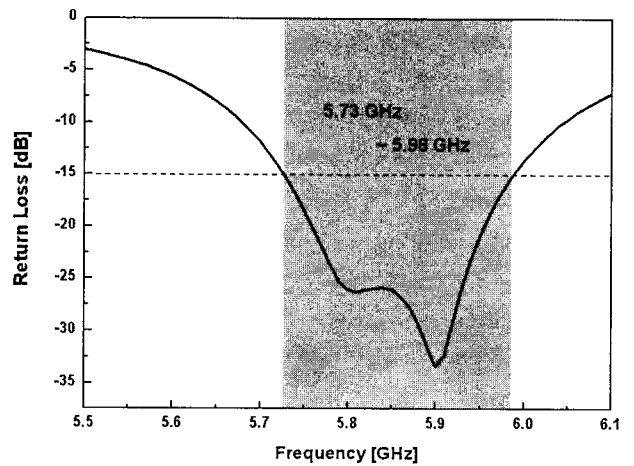
패치의 길이는 $W=16.2$ mm, $L=16.4$ mm 이다. 우선회 원형편파를 얻기 위하여 <그림 1>과 같이 패치의 오른쪽 위와 왼쪽 아래 모서리를 $C_1=2.6$ mm, $C_2=2.5$ mm 로 잘라내었다. <그림 2>는 시뮬레이션한 단일 패치 안테나의 특성이다. 결과에서 보면 반사손실 15 dB 이하에서 대역폭은 250 MHz 이고 축비가 3 dB 이하 되는 대역폭은 90 MHz 이며 중심주파수에서 축비는 0.87 dB 이다. 방사패턴을 보면 y-z 평면에서 최대 이득이 4.79 dBi z-x 평면에서 최대이득은 4.3 dBi 이었다.



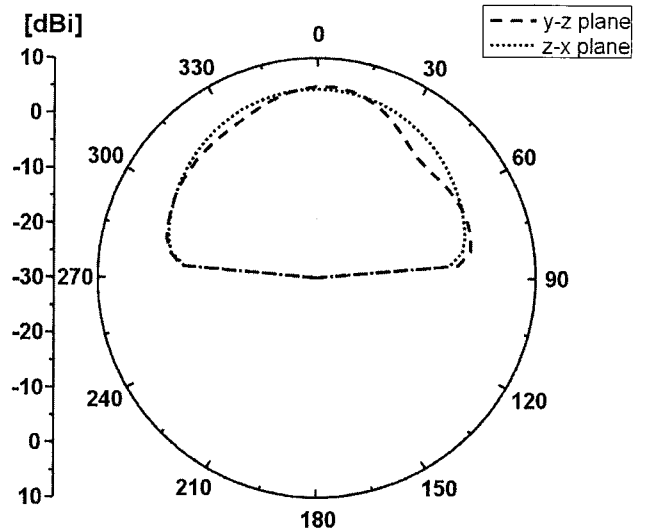
<그림 1> 제안된 안테나의 기본 소자로 이용된 단일 패치



(a) 축비



(b) 반사손실



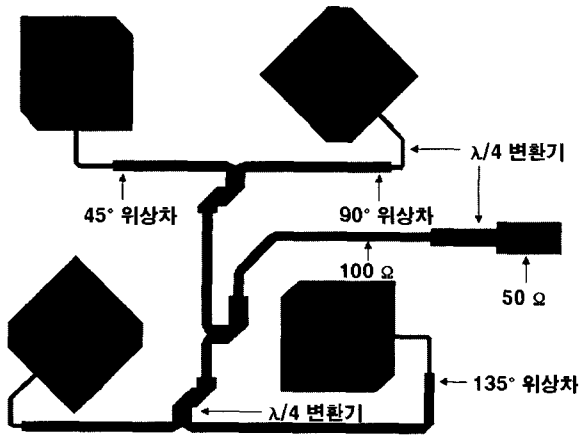
(c) 중심주파수(5.835 GHz)에서 방사패턴

<그림 2> 단일 패치 안테나의 시뮬레이션 결과

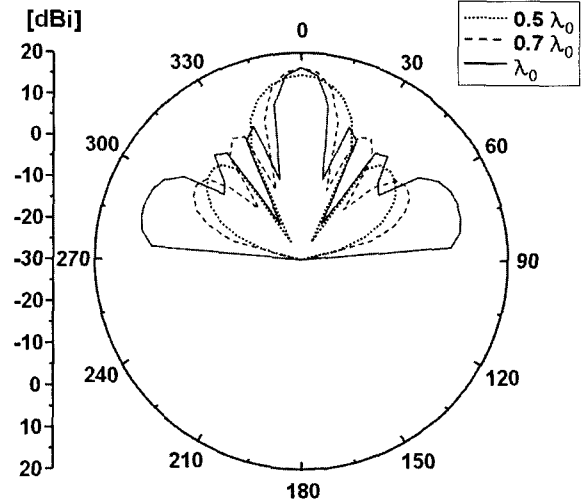
2.2 시퀀셜 로테이션 2x2 배열 안테나 설계

<그림 3>은 설계된 단일 패치 안테나를 기본으로 시퀀셜 로테이션 배열을 이용한 2x2 배열 안테나이다. 패치간의 간격은 설계된 단일 패치 안테나를 기본 소자로 하여 Zeland사의 IE3D의 패턴 calculation을 이용하여 최대의 이득을 얻을 수 있는 간격을 계산하였다. 패치 간격에 따른 방사패턴의 변화는 <그림 4>에 나타났다. 패치 간격이 넓어지면서 최대 이득은 $0.7\lambda_0$ 에서부터 큰 변화가 없다. 또한 λ_0 의 간격에서는 10 dB의 부엽이 발생하여 부엽레벨이 작다. 따라서 최대 이득을 얻기 위한 패치간의 간격은 $0.7\lambda_0$ 가 가장 적절하다. 안테나의 급전은 마이크로스트립 선로를 사용하였고 임피던스 정합을 위하여 $\lambda/4$ 변환기를 사용하였다. T접합 전력분배기를 사용하여 3 dB 전력분배를 하였다. 2x2 시퀀셜 로테이션 배열방법($0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ 위상지연)은 1x2 시퀀셜 로테이션 배열방법($0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ 위상지연)에 비하여 반사특성과 축비특성이 좋다[4]. 따라서 설계된 안테나는 2x2 시퀀셜 로테이션 배열방법을 사용하였다.

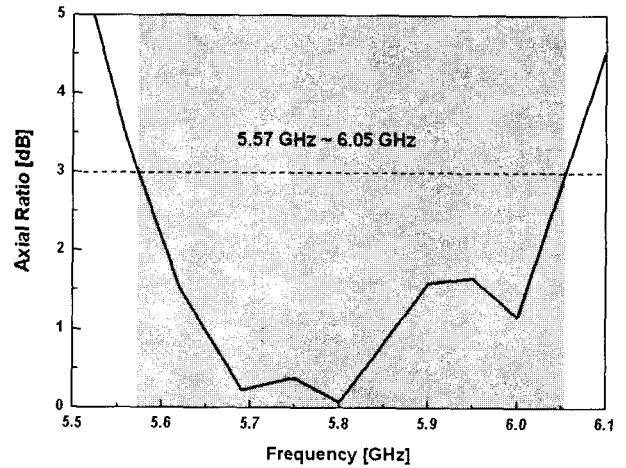
<그림 5>는 2x2 배열 안테나의 시뮬레이션 결과이다. 반사손실 대역폭은 15 dB 기준으로 360 MHz 이고 축비 대역폭은 3 dB 이하에서 480 MHz이며 중심주파수에서 축비는 0.6 dB이다. 방사패턴을 보면 y-z 평면에서 최대 이득이 9.63 dBi z-x 평면에서 최대이득은 9.68 dBi 이다.



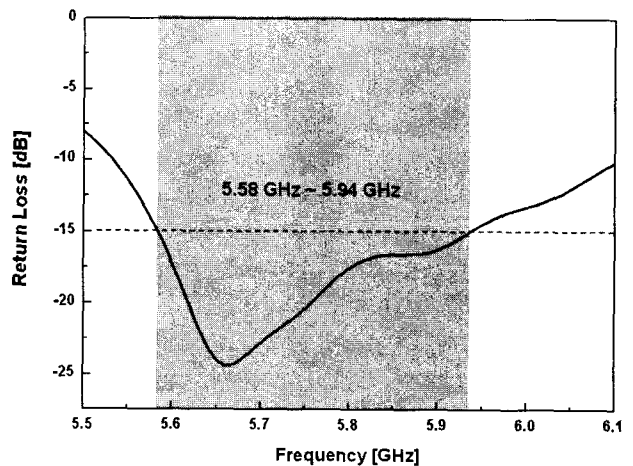
<그림 3> 제안된 시퀀셜 로테이션 2x2 배열 안테나



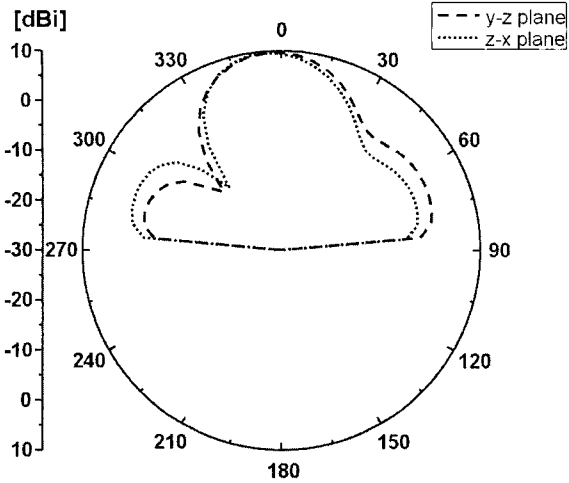
<그림 4> 패치 간격에 따른 방사패턴



(a) 축비



(b) 반사손실

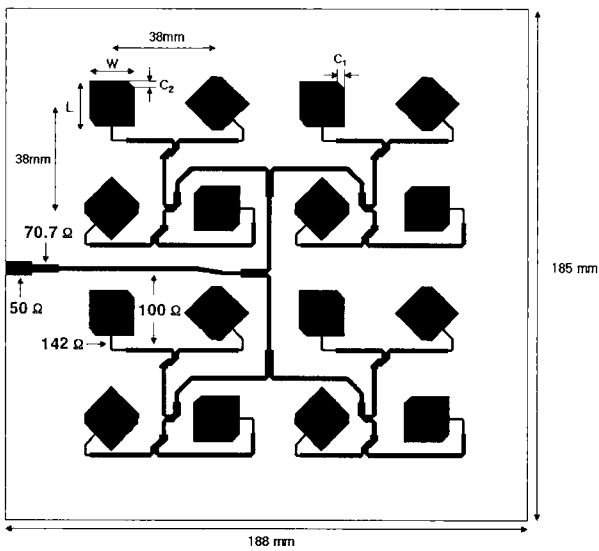


(c) 중심주파수(5.835 GHz)에서 방사패턴

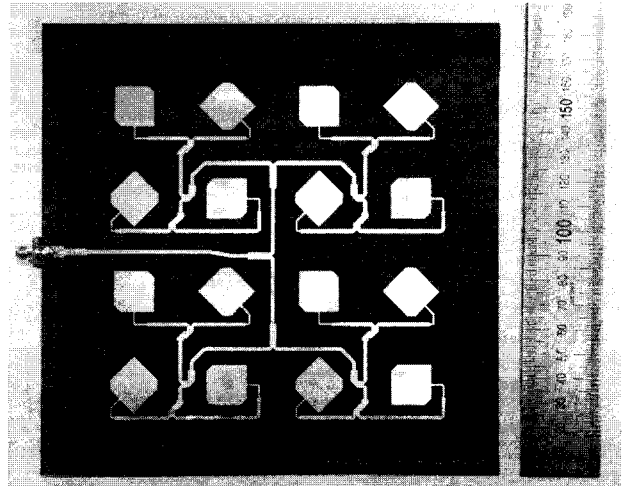
<그림 5> 2x2 배열 안테나의 시뮬레이션 결과

2.3 시퀀셜 로테이션 4x4 배열 안테나 설계

<그림 6>은 시퀀셜 로테이션 2x2 배열 안테나를 기본으로 설계된 시퀀셜 로테이션 4x4 배열 안테나이다. 접지면의 크기는 $188 \times 185\text{mm}^2$ 을 갖는다. 실제 제작된 시퀀셜 로테이션 4x4 배열 안테나는 <그림 7>에 나타내었다.



<그림 6> 제안된 안테나 구조

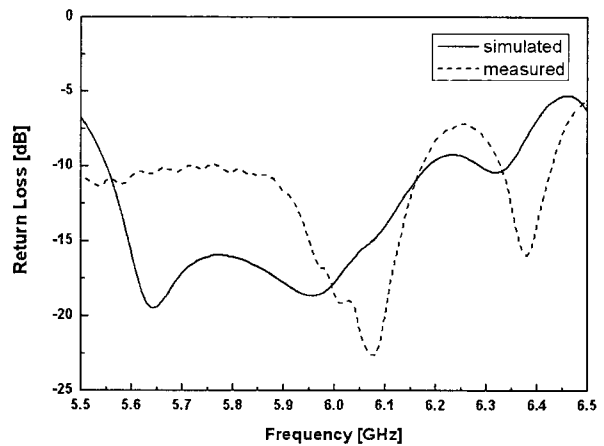


<그림 7> 실제 제작된 시퀀셜 로테이션 4x4 배열 안테나

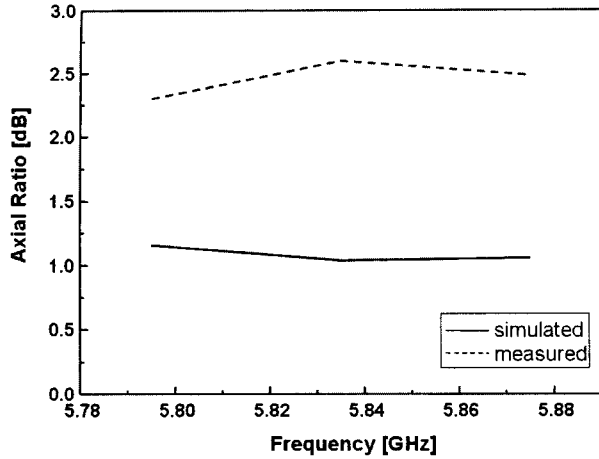
III. 결과

<그림 8>은 제안된 안테나의 반사손실을 Zeland 사의 IE3D 시뮬레이션 결과와 제작된 안테나의 측정 결과를 비교한 것이다. 중심주파수(5.835 GHz)에서 시뮬레이션 결과의 반사손실은 -16.4 dB 이며 제작된 안테나의 측정 결과는 -10.56 dB 이었다.

<그림 9>는 제안된 안테나의 축비 시뮬레이션 결과와 제작된 안테나의 측정 결과를 비교한 것이다. 시뮬레이션 결과에서 축비는 동작주파수에서 1.5 dB 이하를 갖으며 중심주파수에서 1.04 dB , 제작된 안테나의 측정 결과는 동작주파수에서 3 dB 이하를 갖으며 중심주파수에서 2.6 dB 를 갖었다.

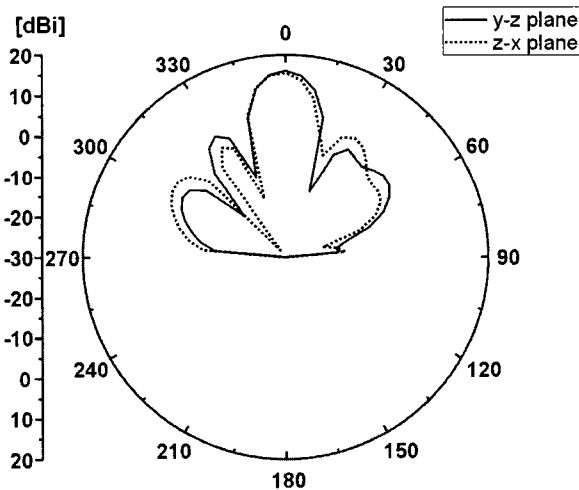


<그림 8> 제안된 안테나의 반사손실

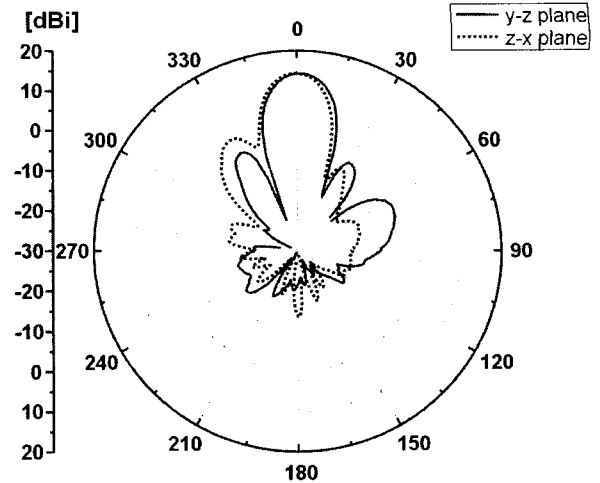


<그림 9> 제안된 안테나의 축비

<그림 10>은 중심주파수에서 시뮬레이션 방사패턴 결과를 나타내며 <그림 11>은 제작된 안테나를 전자파 무반사실에서 측정된 방사패턴을 나타낸 것이다. 시뮬레이션 결과에서 최대이득은 15.97 dBi, 부엽레벨은 y-z 평면에서 11.83 dB, z-x 평면에서 10.84 dB 이다. 측정된 안테나의 최대이득은 14.66 dBi, 부엽레벨은 y-z 평면에서 12.77 dB, z-x 평면에서 17.47 dB 이다. 반전력 빔폭은 y-z 평면에서 17.91°, z-x 평면에서 17.05° 이다.



<그림 10> 중심주파수(5.835 GHz)에서 시뮬레이션 방사 패턴



<그림 11> 중심주파수(5.835 GHz)에서 측정된 방사 패턴

IV. 결론

본 논문은 DSRC 노변기지국용 시퀀셜 로테이션 마이크로스트립 패치 배열 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 구형의 쉬움을 위하여 단일층 구조로 설계하였고 시퀀셜 로테이션 배열방법을 이용하여 축비 대역폭과 입력 임피던스 대역폭을 증가 시킬 수 있었다. 측정결과 4x4 배열 안테나의 경우 중심 주파수에서 최대이득이 14.66 dBi 이며, 부엽레벨은 y-z 평면에서 12.77 dB, z-x 평면에서 17.47 dB 이었다. 반전력 빔폭은 y-z 평면에서 17.91°, z-x 평면에서 17.05° 를 얻었다.

참고문헌

1. 한국정보통신기술협회(Telecommunications Technology Association), 5.8 GHz 대역 노변기지국과 차량단말기간 근거리전용 무선통신(TTAS.KO-06.0025/R1), 2006년 10월 20일.
2. P.S. Hall, Application of sequential feeding to wide bandwidth, circularly polarized microstrip patch arrays, IEEE Proc., Ot. H., Vol. 136, pp. 390-398, October 1989.
3. D. M. Pozar, Microstrip Antennas, Proc. IEEE, Vol. 80, No. 1, pp. 79-81, January 1992.
4. 양태식, 이범선, 단축된 위상지연을 사용하는 시퀀셜 로테이션 광대역 원형편파 마이크로스트립 배열 안테나, 한국전자과학회 논문지, Vol. 10, no 4, pp. 628-634, 1999년 8월.