

교통정보 컨텐츠 수신을 위한 WiBro용 편파 다이버시티 안테나

Polarization Diversity Antenna for Receiving Traffic Information Contents in WiBro System

정 병 운*
(Byungwoon Jung)

요 약

움직이는 차량 내에서 WiBro 서비스를 사용하기 위해서는 Multi-Fading 환경에 강한 Diversity 안테나 시스템이 필수적으로 요구된다. 일반적으로 Diversity System Gain을 올리기 위해서는 안테나간의 높은 격리도를 확보해야 한다. 본 논문에서는 안테나간의 격리도를 확보하기 위하여 안테나의 편파를 직교시키는 편파 다이버시티 안테나를 제안하였다. 또한 한정된 크기의 Ground를 공유한 상태에서 안테나 간의 편파특성을 개선하기 위한 HWLLA (Half Wave Length Loaded Antenna) 구조를 설계 및 측정하였다. 결과적으로 두 Diversity 안테나 간의 격리도가 HWLLA 타입을 적용했을 때 PIFA Type보다 12 dB 이상 개선되었다.

Abstract

Diversity antenna system against multi-fading environment is strongly required for WiBro service of vehicle. In general, high isolation performance between antennas leads to good diversity gain. In this paper, a polarization diversity antenna is presented, which has orthogonal polarizations and good isolation characteristic. In addition, by simulation and measurement, it is certified that HWLLA (Half Wave Length Loaded Antenna) improves polarization purity on common ground. In isolation between two antennas, HWLLA can provide better isolation over 12dB than conventional PIFA (Planar Inverted F Antenna).

Key words : Polarization diversity, WiBro, isolation, multi-fading, HWLLA

I. 서 론

2.3GHz 대역의 주파수를 활용하여 시내주행속도 (60Km/Hr)로 이동 중에서도 어디서나 인터넷에 접속할 수 있는 WiBro는 다양한 교통정보 서비스를 운전자에게 접하게 할 수 있는 최적의 서비스다. 특히 Multi-path fading이 심화되는 driving 환경 속에서

20Mbps로 데이터를 다운로드하기 위해서는, S/N이 낮고 Multi-Fading이 심한 곳에서 Data throughput을 개선할 수 있는 다이버시티 안테나 시스템을 사용하는 것이 유리하다[1]. 안테나 관점에서, 다이버시티 시스템은 기본적으로 두 개 이상의 안테나를 사용하고 있으므로 안테나 간의 상관도 (correlation)를 최소화 시켜 전기적으로 독립성을 갖도록 동작시키

* 주저자 : 광운대학교 전파공학과 박사

† 논문접수일 : 2008년 4월 2일

는 것이 Diversity Gain을 높이기 위한 방안이다. 안테나의 상관도를 낮추기 위해, 안테나들 사이의 간격을 $\lambda/2$ 이상 확보하는 것이 가장 일반적인 방법이다. 그러나 차량 내에서 사용되는 WiBro 송수신기는 한정된 안테나 공간을 가지고 있고, 하나의 Ground를 여러 안테나가 공유하기 때문에 안테나 간의 상관도를 낮추기가 어렵다. 한정된 크기의 Ground에서 상관도를 낮추기 위해 각 안테나를 독립적인 모드로 동작시켜야 한다. 본 논문에서는 두 개의 D다이버시티 안테나 편파 (polarization)를 서로 수평, 수직의 독립된 모드로 구현하여 안테나 간의 상관도를 낮출 수 있는 안테나 구조와 기구적 위치를 제안하였다[2,3].

II. Simulation을 통한 안테나 설계

기존 Handset등의 휴대 단말기 등에 많이 사용되는 PIFA (Planar Inverted F Antenna)의 상관특성을 기준으로 하여 제안 안테나의 성능을 시뮬레이션을 통해 비교 검증해 보았다[4].

1. Reference 안테나 (PIFA) 설계

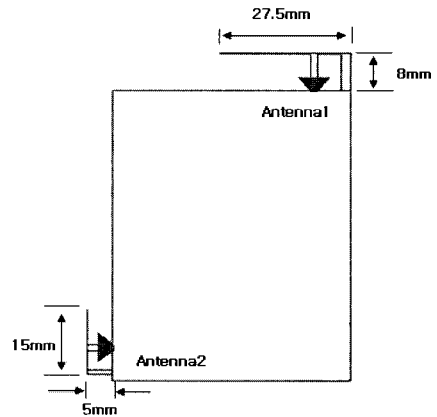
<그림 1>은 2개의 PIFA를 사용하여 다이버시티 안테나 시스템을 구현한 것이다. 각 안테나는 WiBro의 사용 주파수 대역인 2.3GHz ~ 2.4GHz로 공진하도록 설계하였다. PCB Ground의 크기는 차량안의 설치하는 물론 사용자가 휴대하여 이용할 수 있음을 고려하여 50mm(W) x 67mm(L)로 설정하였다. 두 안테나의 위치는 격리도 특성을 고려하여 접지 부분에서 가장 먼 거리인 양 모서리 부분으로 결정하였다.

<그림 2>는 Ansoft사의 HFSS 시뮬레이터를 사용하여 두 PIFA의 S-Parameter를 시뮬레이션 해 본 결과이다. 두 안테나의 공진은 모두 WiBro 대역인 2.35GHz에 맞추어져 있으며, 격리도는 약 11dB ~ 13dB정도이다.

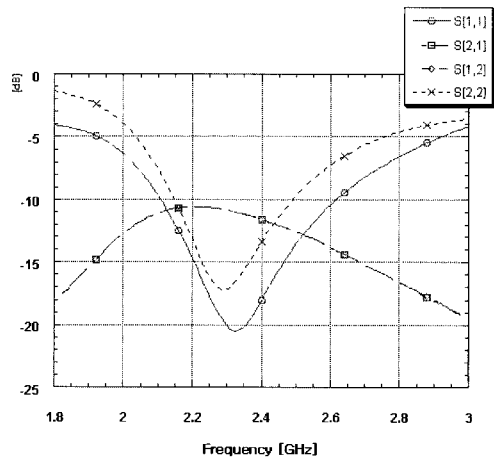
<그림 3>은 두 PIFA에 의한 그라운드상의 전류분포를 Simulation 한 결과이다. 전류의 분포가 그라운

드의 X축과 Y축 두 방향 모두에 불균형하게 분포되어 있는 것을 볼 수 있다. 급전의 위치가 Ground의 모서리 부분에 존재하고 있고, PIFA 자체의 전류분포도 단락지점에 강하게 분포하기 때문이다. 그라운드 상의 불균형한 전류분포는 두 안테나의 편파특성에 영향을 주어 직교 편파를 얻기 힘들다.

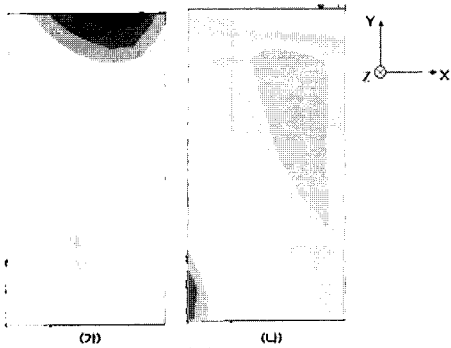
즉 편파 다이버시티를 효과적으로 구현하기 위해서는 각 안테나를 자체의 편파의 순도가 매우 중요하기 때문에 불균형한 전류 분포를 갖게 되는 $\lambda/4$ 길이의 PIFA보다 균형적인 전류 분포를 갖는 새로운 안테나를 설계하는 것이 중요하다.



<그림 1> Reference PIFAs의 구조 및 위치
<Fig. 1> Structure and position of reference PIFAs

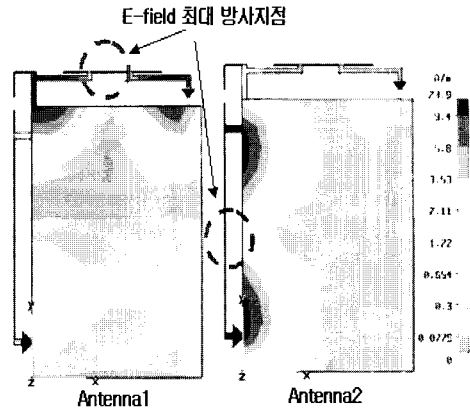


<그림 2> PIFAs의 S-Parameters
<Fig. 2> S-parameters of PIFAs



(a) Antenna 1, (b) Antenna 2

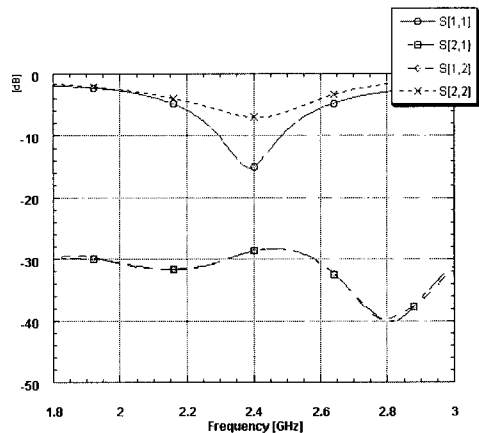
<그림 3> PIFAs의 PCB 상의 전류 분포
<Fig. 3> Current distribution of PIFAs on PCB



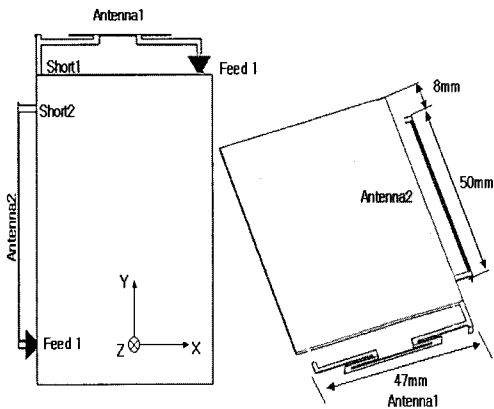
<그림 5> HWLLAs의 전류 분포
<Fig. 5> Current distribution of HWLLAs

2. HWLLA(Half Wave Length Loaded Antenna)설계

효율적인 편파 다이버시티 안테나 시스템을 구현하기 위해 앞의 PIFA와 달리 그라운드 상의 전류 분포가 X축과 Y축 방향으로 균형적이면서, 두 안테나의 각 전류 방향이 직각을 이루어야 한다. 위의 두 조건을 만족시키기 위해 안테나의 최대 방사 위치가 안테나의 가운데에 위치할 수 있도록 <그림 4>와 같이 $\lambda/2$ 의 HWLLA[5]로 설계하였다. 또한 각 안테나의 위치를 그라운드의 X축과 Y축 가운데에 위치시켜 두 안테나의 전류의 방향을 직교하게 하였다.

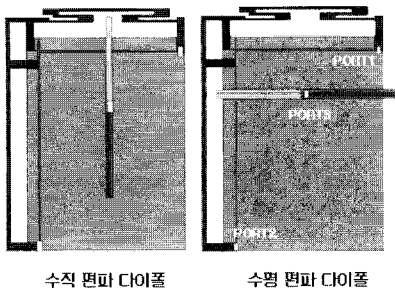


<그림 6> HWLLAs의 S-Parameter
<Fig. 6> S-parameter of HWLLAs



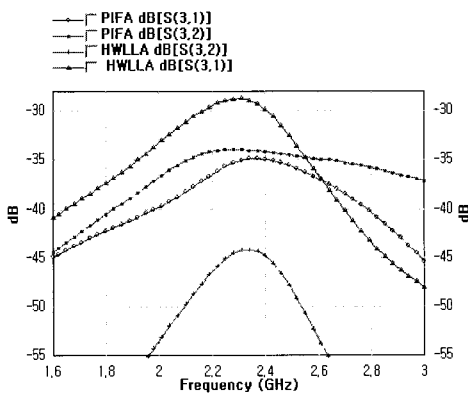
<그림 4> HWLLAs의 구조 및 위치
<Fig. 4> Structure and position of HWLLAs

<그림 5>는 HWLLA의 표면전류분포이다. HWLLA의 특징은 전체적인 안테나의 크기가 $\lambda/2$ 이며, 급전점과 단락점의 중간 위치에서 전류의 방향이 역전되는 영역에서 주요 방사가 일어나는 점이다. 즉 <그림 4>와 같이 두 HWLLA를 배치한다면, 안테나와 PCB에서는 전류분포는 매우 균형적으로 되고, 결과적으로 각 안테나들의 편파 순도는 증가하게 된다. <그림 6>은 HWLLA의 S-Parameter 특성을 시뮬레이션 한 결과인데, 안테나 간 격리도가 약 28dB로 PIFA보다 15dB 이상 개선된 성능을 보였다. HWLLA의 편파특성을 확인하기 위해 <그림 7>과 같이 구조적으로 편파특성이 확인되는 Dipole 안테나와 HWLLA간의 삽

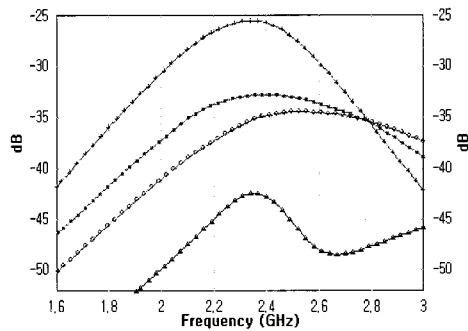


<그림 7> Dipole 안테나를 이용한 편파 특성 검증

<Fig. 7> Polarization certification using dipole



(a) 수직 편파 다이폴



(b) 수평 편파 다이폴

<그림 8> Dipole과 HWLLAs간의 S-parameters

<Fig. 8> S-parameters between dipole and HWLLAs (a) perpendicular polarization dipole and (b) horizontal polarization dipole

입손실을 계산하였다. Dipole과 HWLLA간의 간격은 두 안테나가 서로 영향을 받지 않는 Far-zone 이상인

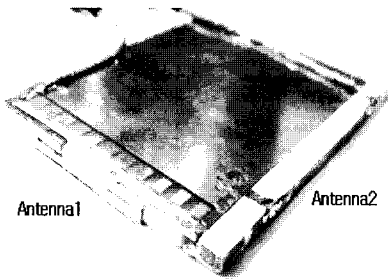
400mm정도인 상태에서, 다이폴을 90°회전시켜 수직/수평 편파 특성을 검증할 수 있게 하였다.

<그림 8>의 시뮬레이션 결과를 보면, Dipole과 안테나 #1, 안테나 #2간의 삽입손실 차이가 PIFA보다 HWLLA가 훨씬 크다. 또한 수직 편파 다이폴에서는 안테나 #1, 수평편파 다이폴은 안테나 #2 일 때 가장 낮은 삽입 손실을 보여 두 안테나의 편파가 수직을 이룬다는 것을 알 수 있다.

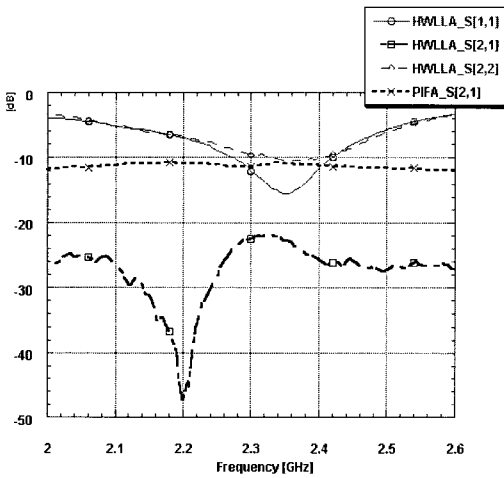
결과적으로 이론적으로 두 직교하는 벡터는 서로 간의 영향을 주지 않기 때문에, 격리도 특성이 증가한 것으로 해석할 수 있으며 이와 같은 격리도 특성의 개선은 다이버시티 안테나의 가장 중요한 요소 중의 하나인 ECC (Envelop Correlation Coefficient)가 좋게 하여, 전체적인 시스템이 갖는 다이버시티 이득을 증가시킬 수 있게 된다[6].

III. HWLLA 제작 및 측정 결과

<그림 9>는 실제 제작한 HWLLA를 보여주고 있다. 제작에 사용된 기판의 비유전율은 4.7이며 동박의 도전율은 5.7×10 이다. <그림 10>은 제작된 안테나와 PIFA의 S-Parameter를 측정한 결과이다. 시뮬레이션 결과와 마찬가지로 HWLLA의 격리도는 22~24dB, PIFA 11dB로 약 12dB의 격리도 향상을 보였다. <그림 11>는 HWLLA의 방사패턴을 측정한 결과이다. XZ평면에서 안테나 #1은 E_θ , 안테나 #2에서는 E_ϕ 가 Co-Polarization이며, YZ평면에서는 안테나 #1이 E_ϕ , 안테나 #2에서는 E_θ 이다. 이 결과는 안테나들 간의 편파 특성이 서로 직교하고 있음을 나타내고 있다. 그러나 완벽한 전방향성(Omni-directional)을 보여주었던 시뮬레이션 결과에 비하여, 실측 결과에서는 특히 YZ평면의 방사패턴은 방사패턴의 왜곡이 관찰되었다. 이것은 측정용 RF cable의 위치와 밀접한 관련이 있다. 일반적으로 전기적 소형 안테나의 측정에서 RF Cable의 외부도체를 통해 흐르는 누설 전류(Leakage current)로 인하여 방사패턴 및 이득 특성의 변화를 가지고 오는 경우가 있다. 이 때 전류 방향으로 볼 때, RF cable의 방향과 서로 직교하는 안테나의 경우



<그림 9> 제작된 HWLLAs
<Fig. 9> Fabricated HWLLAs

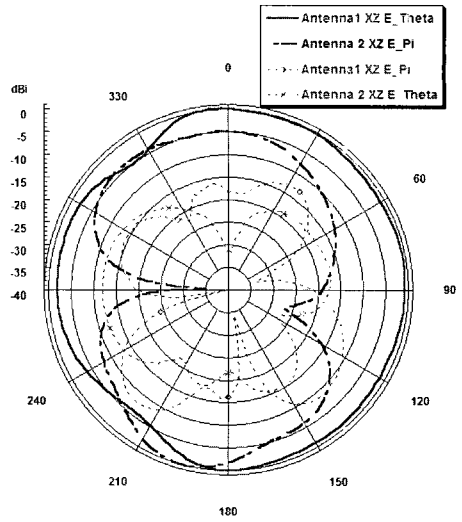


<그림 10> HWLLAs의 S-Parameter 측정 결과
<Fig. 10> Measured S-parameters of WLLAs

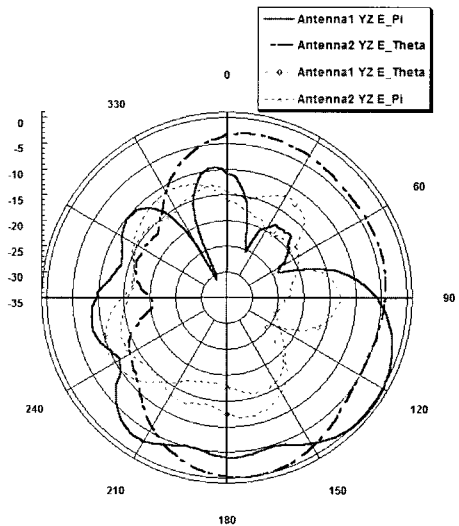
에는 비교적 왜곡이 적지만, 같은 방향인 경우에는 서로 간의 상관도가 커져서 방사패턴의 왜곡이 심화된다.

IV. 결 론

Diversity 안테나 시스템은 안테나 간의 상호 독립성이 중요한 필요 요소이다. 안테나의 방사공간에 제한되어 있고 하나의 그라운드를 공유하는 휴대 단말기에서는 전기적 독립성을 확보하기 어렵다. 본 논문에서는 각 Diversity 안테나의 편파의 차이를 이용한 Polarization Diversity를 통해 안테나 간의 격리도를 확보하였고, Polarization Diversity를 구



(a) XZ 평면 방사 패턴



(b) YZ 평면 방사 패턴

<그림 11> HWLLAs의 방사패턴 측정 결과
<Fig. 11> Measured radiation pattern of HWLLA (a) XZ plane and (b) YZ plane

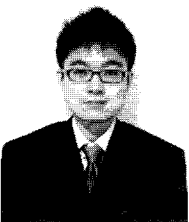
현하기 위해 기존 $\lambda/4$ 길이의 PIFA 타입과 다른 $\lambda/2$ 의 Half Wave Length Loaded Antenna를 제안했다. 안테나의 구조적 위치와 전기적 E-field 방사위치를 그라운드 중앙부에 위치시켜 편파특성이 개선됨을 확인하였다. HWLLA 타입을 적용했을 때 두 Diversity

안테나 간의 격리도를 22dB 이상 확보하여 PIFA Type보다 12dB 높게 측정되었다.

참고문헌

- [1] G. J. Foschini and M. J. Gans, "On limits of wireless communications in a fading environment when using multiple antennas," *Wireless Personal Communications*, vol. 6, no. 3, pp. 311-335, March 1998.
- [2] P. Mattheijssen, M. H. A. J. Herben, G. Dolmans, and L. Leyten, "Antenna pattern diversity versus space diversity for use at handhelds," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 53, no. 4, pp. 1035- 1042, July 2004.
- [3] S. H. Chae, M. G. Choi, and S. O. Park, "The realization and analysis of polarization diversity in WiBro MIMO antenna," *Proc. IEEE Int. Symp. Antennas and Propagation*, pp. 2409 - 2412, June 2007.
- [4] K. L. Wong, *Planar Antennas for Wireless Communications*, John Wiley & Sons, 2003.
- [5] 정우재, 정병운, 강기조, 박면주, 이병제, "공진 주파수와 입력 임피던스를 조절할 수 있는 변형된 반파장 로디드 라인 안테나 설계," *한국전자과학회논문지*, 제16권, 제10호, pp. 973-981, 2005. 10.
- [6] Qualcomm CDMA Technologies, *Diversity Antenna Design Guidelines*, July 2004.

저자소개



정 병 운 (Jung, Byungwoon)

2001년 2월 : 광운대학교 학사 (전파공학)

2003년 2월 : 광운대학교 석사 (전파공학)

2007년 2월 : 광운대학교 박사 (전파공학)

2007년 3월 ~ : LG전자 MC 연구소 선임연구원