

지능형 교통 시스템에서 인지 무선 시스템의 신호 검출을 위한 안테나 설계

Antenna Design for Signal Detection of Cognitive Radio System
in Intelligent Transport System

위현호*, 백명기**, 김진영**

*광운대학교, **광운대학교

Key Words : ITS, microstrip printed dipole , Cognitive radio , PIN diode

목 차

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

I. 서론

지능형 교통 시스템 (ITS: Intelligent Transport System)은 기존의 도로교통 시스템에 정보 통신, 전자, 컴퓨터 및 제어와 같은 첨단 기술들을 접목시켜, 운전자의 안전과 편의성 향상을 도모하고, 교통 시스템의 효율성을 증가 시키는데 있다 [1]. 그리고 ITS 관련 기술 중에서 차량과 노변기지국 간의 양방향 통신을 가능하게 하는 단거리 전용 통신 (DSRC: Dedicated Short Range Communication)은 ITS에 필수적인 기술 요소이며 [2], 국내에서는 ITS를 위한 주파수 확보를 위해 한국정보통신 기술협회에서 5.8GHz 대역을 표준으로 재정의하고 서비스를 실시하고 있다.

ITS에 관련한 연구에서 보다 나은 ITS 서비스를 위해 ITS 환경에서 잡음 및 간섭의 영향을 줄이고 스펙트럼 센싱을 통하여 잉여 주파수 대역을 확보하여 데이터 전송률을 향상시킬 수 있는 인지무선 (CR: Cognitive Radio) 기술의 적용이 최근에 연구되고 있다 [3]. 인지무선 기술은 시간, 지역적으로 사용하지 않는 주파수 대역을 스펙트럼 센싱을 통해 찾고, 면허권을 가진 1차 사용자(primary user)가 주파수를 사용하지 않을 때, 기회적으로 그 대역의 주파수를 인지무선 사용자가 사용하고, 1차 사용자가 해당 주파수를 사용할 때는, 1차 사용자에게 간섭 없이 다른 주파수 대역으로 옮겨서 통신하는 방식이다 [4]. 현재 인지무선 기술은 IEEE 802.22 WRAN (Wireless Regional Area Network)에서 표준화 작업이 진행되고 있다 [5].

인지무선 시스템을 ITS에 적용하기 위해서는 1차 사용자에 대한 높은 신호 검출 성능뿐만 아니라, 간섭을 최소화 할 수 있는 안테나에 대한 연구가 필요하고, 안테나 방사 패턴을 조절 할 수 있는 스마트 안테나 기술이 필요하다 [6, 7]. 본 논문에서는 ITS 환경에서 인지무선 기술의 신호 검출 향상과 간섭 최소화를 위해 PIN 다이오드를 사용한 안테나를 이용하여 방사 방향을 조절함으로써 간섭을 줄이는 방법을 제안하고자 한다.

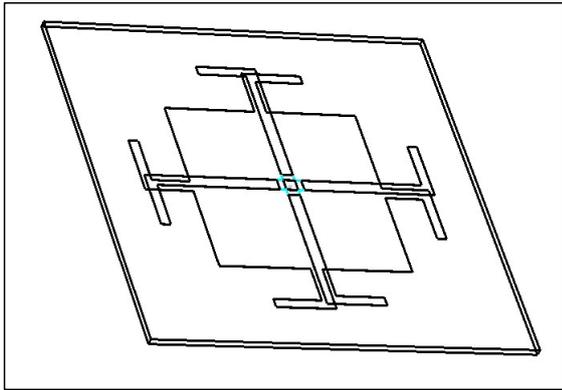
본 논문에서 제안된 안테나는 크기가 $60 \times 60 \times 1 \text{mm}^3$ 로 차량 단말기에 적용하기 적합하며 구조가 비교적 간단하고 제작이 용이한 장점이 있다. 또한 대량으로 생산할 경우 제작비용이 저렴하고, 양산이 가능하다는 장점이 있다. 마이크로스트립 급전 구조를 가지는 안테나에 PIN 다이오드를 이용하여 급전 방향을 적절히 조절함으로써 방사 방향을 조절 할 수 있다. 안테나의 설계와 성능 분석은 3D EM simulator인 CST를 이용하였다.

II. 안테나 설계 및 구조

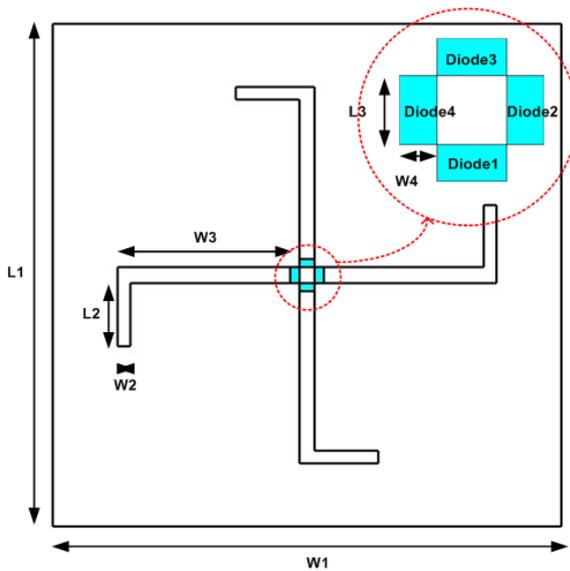
1. 안테나 구조

안테나에 사용된 기판은 FR-4($\epsilon_r=4.4$ $t=1\text{mm}$)인 기판을 사용 하였다. 4개의 PIN 다이오드를 급전점과 전송 라인사이 연결하고, DC Bias 전압을 조절하여 원하는 방향으로 전류가 흐르게 유도해서 원하는 방향으로 방사 패턴이 형성 되

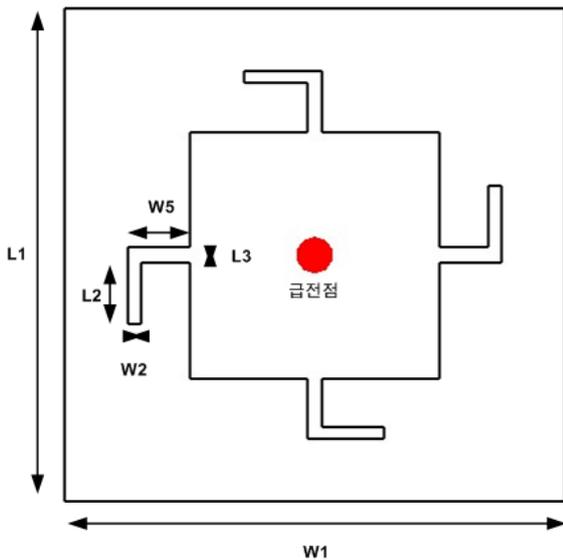
계 할 수 있는 구조이다.



<그림 1. 제안된 안테나 구조>



<그림 2. 제안된 안테나 구조(앞면)>



<그림 3. 제안된 안테나 구조(뒷면)>

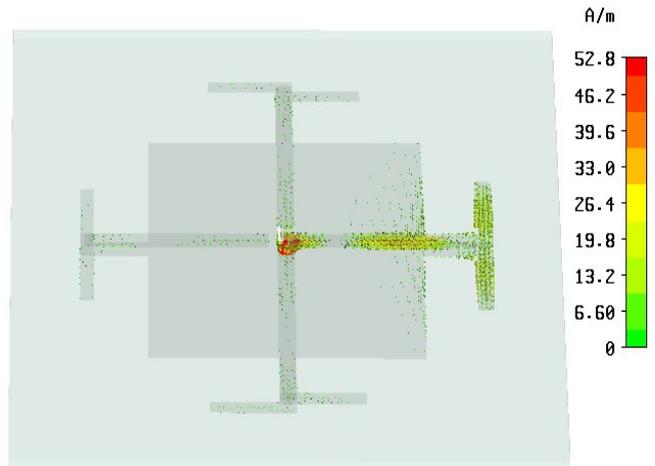
$$\lambda_g = \frac{c}{f\sqrt{\epsilon_e}} \quad (1)$$

$$\epsilon_e = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} + \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{t}{w}}} \quad (2)$$

제안된 안테나의 구성은 식(1), (2)를 이용하여 5.8GHz에서 $\frac{1}{4}\lambda_g$ 를 구하고, $\frac{1}{4}\lambda_g$ 에 해당하는 길이를 갖는 한쪽 다이폴을 구성한다. 식(2)에서 t는 기판의 두께 이고, w는 마이크로 스트립 라인의 폭이다. 가운데 급전점에서 PIN 다이오드를 통해 급전 방향이 결정되면, 50Ω 전송 라인을 거쳐서 안테나가 급전된다. 뒷면에도 앞면에 있는 다이폴과 동일한 사이즈의 나머지 한쪽 다이폴이 Ground 면과 연결되어 있다. L1=W1=60mm, L2=7.5mm, L3=1.84mm, W2=1.5mm, W3=20.5mm, W4=1mm, W5=7.42mm로 구성 되어 있다.

2. 패턴 조절의 원리

그림 2는 4개의 안테나를 각각 따로 동작시키기 위해 다이오드를 사용한 급전 라인이다. 가운데 급전점 부근에 4개의 다이오드를 연결하고 다이오드에 직류 전압을 가하여 급전점과 전송 선로 사이의 임피던스를 조절 할수 있다. 일반적으로 직렬로 연결된 다이오드가 ON 상태일 경우 작은 저항과 인덕턴스 값을 가지는 소자로 모델링이 되고, OFF 상태일 경우는 큰 저항값과 작은 캐패시턴스 값을 가지는 소자로 등가적으로 나타낼 수 있다.[6]

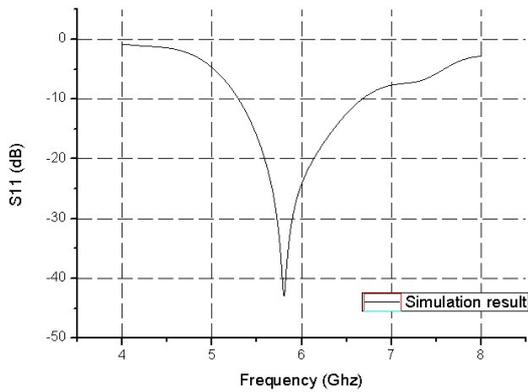


<그림 4. 전류 분포(2번 다이오드 On)>

그림 4는 다이오드2만 ON 상태이고, 나머지 다이오드는 OFF 상태일 때 전류 분포를 나타낸다. OFF 된 다이오드로 인해서 1,3,4번 방향으로 전류가 상대적으로 흐르지 않고 대부분 2번 다이오드를 통해서 전류가 흘러서 50Ω 전송 선로를 지나 다이폴 양단으로 전류가 흐름을 확인할 수 있다.

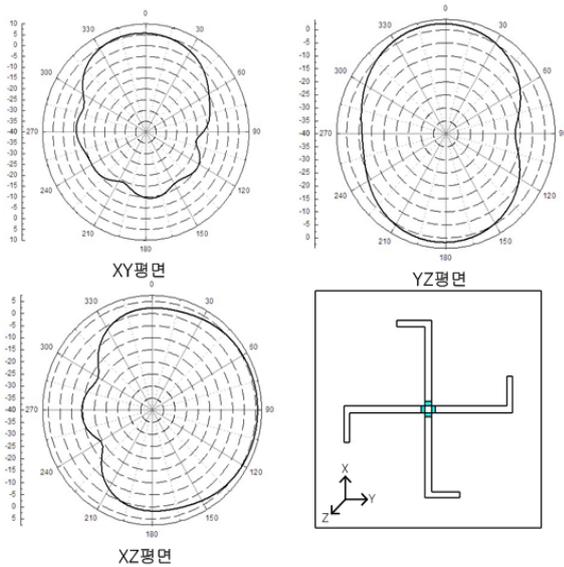
III. 시뮬레이션 결과

본 논문에서 제안하는 안테나 구조를 분석하기 위하여 ITS 환경의 DSRC 대역인 5.8GHz 대역에서 시뮬레이션을 수행하였다. 실제 다이오드는 저항 성분 이외에도 캐패시턴스, 인덕턴스 성분이 있고, ON/OFF 상태 일 때 유한한 임피던스를 갖는다. 그러나 시뮬레이션의 용이함을 위하여 ON 일 경우는 short, OFF 일 경우는 open 이라고 설정 하고 시뮬레이션을 수행 하였다.



<그림 5. 반사 손실>

그림 5는 안테나의 반사 손실을 시뮬레이션 한 결과이다. 5.8GHz 대역에 -40dB 이하의 결과가 나오고 있음을 확인할 수 있고, -20dB 이하 임피던스 대역폭은 500Mhz (5.6GHz~6.1GHz) 이다.



<그림 6. 안테나 방사 패턴(2번 다이오드 On)>

그림 6은 2번 다이오드가 ON 상태일 때 시뮬레이션 결과이다. 안테나 이득이 5.78dBi로 지향성을 가지고, side lobe

level이 15dB 이다.

IV. 결론

본 논문에서는 ITS 환경에서 인지무선 시스템의 신호 검출의 성능을 향상시키기 위하여 PIN 다이오드를 이용한 지향성 마이크로스트립 안테나를 설계하였다. 제안된 안테나는 크기가 $60 \times 60 \times 1 \text{ mm}^3$ 로 차량 단말기에 적용하기 적합하며 구조가 비교적 간단하고 제작이 용이한 장점이 있다. 설계된 지향성 안테나는 등방성 안테나에 비해 안테나 이득이 3dB 이상 높으며, 인지무선 시스템의 신호 검출 안테나로 사용할 경우 더 높은 신호 검출 확률을 기대할 수 있다. 향후 연구과제는 본 논문에서 설계된 안테나를 사용하여 ITS 환경에서 인지무선 시스템의 신호 검출의 연구가 필요할 것이다.

참고문헌

1. D. Hiang, V. Taliwal, A. Meier, W. Holfelder, and R. Herrtwich, "Design of 5.9GHz DSRC-based vehicular safety communication," *Wireless Commun. IEEE*, vol. 13, pp. 36-43, Oct. 2006.
2. D. Hiang, V. Taliwal, A. Meier, W. Holfelder, and R. Herrtwich, "Design of 5.9GHz DSRC-based vehicular safety communication," in *Proc. of IEEE ITSC'06*, vol. 13, pp. 36-43, Oct. 2006.
3. M. K. Baek and J. Y. Kim, "Energy detection method of cognitive radio system for intelligent transport systems," in *Proc. of 2008 Spring Conf. of Korea Intelligent Transportation Systems (KITS SPRING '08)*, pp. 49-53, May 2008.
4. S. Haykin, "Cognitive radio: brain-empowered wireless communications," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 23, no. 2, pp. 201-220, Feb. 2005.
5. Federal Communications Commission, "Spectrum policy task force report," *NPRM & Order*, ET Docket No. 02-135, Nov. 2002.
6. X. Huang, "Smart antennas for intelligent transportation systems," in *Proc. of IEEE ITS*, pp. 426-429, June 2006.
7. S. Huang, Z. Ding and X. Liu, "Non-intrusive cognitive radio networks based on smart antenna technology," in *Proc. of IEEE GLOBECOM'07.*, pp. 4862