



## **A Design and Analysis of Dipole Antenna for wireless Communication Network**

**Jae-Yeon Choi\***

*Department of Information & Communication Engineering, Namseoul University*

### **A B S T R A C T**

The research and development is being pushed ahead to achieve the goal of making the equipment smaller size and having better performance in wireless communication systems, such as wireless local area networks, so this paper presents the design and simulation performance of a dipole antenna for wireless communication applications which operates at 2.4GHz. The idea of recent research and developments in the field of wireless communication technology can realize high speed communications which is performed in RF technology. The three dimensional finite-element-method electromagnetic EM simulator is used in the design simulation of this planar antenna structure. Numerical and measured results of the E-plane and H-plane radiation pattern, input standing wave ratio and field pattern coverage are presented and compared. The simulation is performed using high frequency structure simulator software. The antenna is designed to achieve the performance, that is, input standing wave ratio is less than 1.5 and the characteristic impedance of antenna is  $50\Omega$ , the gain of antenna is 2dBi. Satisfactory agreement between the designed antenna and ideal dipole antenna is observed and the designed antenna which has the plane polarized characteristics can be used for wireless communications and wireless local area networks.

© 2014 KKITS All rights reserved

**KEYWORDS :** Wireless networks, Dipole, Plane polarized, Wireless communications, Field patterns

**ARTICLE INFO:** Received 5 March 2015, Revised 17 April 2015, Accepted 17 April 2015.

### **1. 서론**

\*Corresponding author is with the Department of Information & Communication Engineering, Namseoul University, 91 Daehak-ro Seobuk-gu Cheon-an city, 331-707, KOREA.

E-mail address: [cjy@nsu.ac.kr](mailto:cjy@nsu.ac.kr)

무선 근거리 통신망 (WLAN)과 같은 무선 통신시스템에서 소형화와 성능향상을 위한 연구개발

노력이 꾸준히 진행되고 있다. 통신 채널 용량을 향상시키기 위한 신호처리 기술의 사용뿐만 아니라, 휴대 안테나 시스템의 방사특성 또한 통신 성능을 위해 매우 중요하다. 도시 및 실내 환경에서는 전파가 복잡하게 반사 또는 산란과정을 통해 전파되어짐에 따라 무선 전파의 편파는 현저하게 변화될 수 있다. 통신 신호를 효과적으로 수신하기 위해 무선통신에서 편파다이버시티 특성이 요구되어진다.[1] 편파다이버시티 안테나는 두 개의 선형편파안테나로 구성되어 양쪽 안테나에서 수신된 무선신호를 표본화하여 가장 좋은 품질의 신호를 선택한다. 대표적인 다이폴 안테나는 수직으로 편파된 전자파를 방사하고 무지향성특성을 갖도록 한다.[1-5]

안테나의 수평 또는 수직의 편파특성 중 원하는 편파특성을 PIN 다이오드로 선택하는 구조를 갖는 2.4GHz용 인쇄형 다이폴안테나도 발표되었다. [1] 본 논문에서는 랜장비에 사용가능한 모노폴 형태의 다이폴안테나를 설계하고 특성을 분석하도록 한다. 안테나 설계는 3 차원 유한 요소법에 기초한 고주파 구조 시뮬레이터를 사용하도록 한다.

완전한 3D 구조의 유한요소법 시뮬레이션 및 측정된 다이폴 안테나의 성능을 비교하고 입력 정재파비와 방사패턴을 제시하도록 한다.

## 2. 본 론

<그림 1> 과 같은 다이폴 안테나에서 안테나의 길이를  $L$ 이라하고, 파장을  $\lambda$ 라 할 때 안테나가  $z$  축을 따라 놓여있고 그 중심이 원점에 있다면 전계성분은  $E_\theta$ 와  $E_\phi$ 는 그림처럼 형성된다. 안테나 신호가 자유공간을 따라 전파될 때 점  $P$ 에서의 전계와 자계는 식(1), (2)와 같은 벡터포텐셜과 스칼라 포텐셜로 표현될 수 있다.

$$A_z = \frac{\mu_0 I_0}{4\pi} \int_{-L/2}^{L/2} \frac{e^{j(\omega t - \beta s)}}{s} dz \quad (1)$$

여기서, 급전전류는

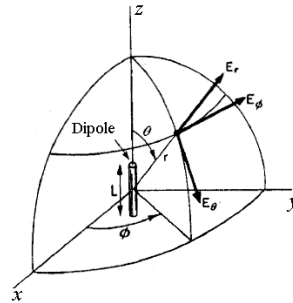


그림 1. 다이폴과 좌표  
Figure 1. Dipole antenna and Coordinate System

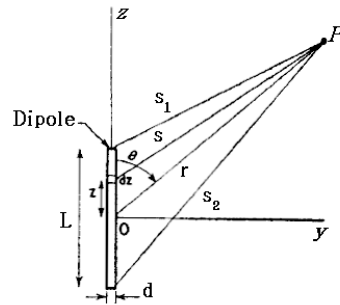


그림 2. 다이폴 안테나의 도형적 구조  
Figure 2. Geomerical configuration of Dipole antenna

$$I = I_0 e^{j(\omega t - \beta s)} \quad (2)$$

이다.

<그림 2>와 같은 구조로 거리  $r$ 만큼 떨어진 점  $P$ 에서의 스칼라 포텐셜을 구하기 위하여 안테나 상의 전하분포를 적분하면

$$V = \frac{I_0}{4\pi\epsilon_0 j\omega} \left( \frac{e^{j(\omega t - \beta s_1)}}{s_1} - \frac{e^{j(\omega t - \beta s_2)}}{s_2} \right) \quad (3)$$

가 되고 파장이 안테나길이에 비해 충분히 길다면

$$V = \frac{I_0 L e^{j(\omega t - \beta r)} \cos \theta}{4\pi \epsilon_0 v_p} \left( \frac{1}{r} + \frac{v_p}{j\omega} \frac{1}{r^2} \right) \quad (4)$$

로 되고 여기서  $v_p$ 는 자유공간에서 전자파의 속도이다.

점  $P$ 에서의 벡터포텐셜  $\vec{A}$ 와 스칼라 포텐셜  $V$ 를 안다면 그 점에서 전계  $\vec{E}$ 와 자계  $\vec{H}$ 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\vec{E} = -j\omega \vec{A} - \nabla V \quad (5)$$

$$\vec{H} = \frac{1}{\mu} \nabla \times \vec{A} \quad (6)$$

식(1)과 식(4)의 벡터포텐셜  $\vec{A}$ 와 스칼라 포텐셜  $V$ 를 식(5)와 식(6)에 대입하여

$$E_r = \frac{I_0 L e^{j(\omega t - \beta r)} \cos \theta}{2\pi \epsilon_0} \left( \frac{1}{v_p r^2} + \frac{1}{j\omega r^3} \right) \quad (7)$$

$$E_\theta = \frac{I_0 L e^{j(\omega t - \beta r)} \sin \theta}{4\pi \epsilon_0} \left( \frac{j\omega}{v_p^2 r} + \frac{1}{v_p r^2} + \frac{1}{j\omega r^3} \right) \quad (8)$$

$$H_\phi = \frac{I_0 L e^{j(\omega t - \beta r)} \sin \theta}{4\pi} \left( \frac{j\omega}{v_p r} + \frac{1}{r^2} \right) \quad (9)$$

식(7)과 식(8)과 같은 전계성분과 식(9)와 같은 자계성분을 구할 수 있다.  $V$ 가  $r$ 과  $\theta$ 만의 함수이므로  $E_\phi$ 는 0이 되고,  $H_r = H_\theta = 0$ 가 됨을 알 수 있다.

점  $P$ 가 충분히 멀면 원거리장  $E_r$ 은 무시할 수

있고, 단지 두 개의 성분  $E_\theta$ ,  $H_\phi$ 만이 남게 된다.

$$E_\theta = \frac{j\omega I_0 L e^{j(\omega t - \beta r)} \sin \theta}{4\pi \epsilon_0 r v_p^2} = j \frac{30 I_0 \beta L}{r} e^{j(\omega t - \beta r)} \sin \theta \quad (10)$$

$$H_\phi = \frac{j\omega I_0 L e^{j(\omega t - \beta r)} \sin \theta}{4\pi r v_p} = j \frac{I_0 \beta L}{4\pi r} e^{j(\omega t - \beta r)} \sin \theta \quad (11)$$

자계성분  $H_\phi$ 는  $1/r^2$ 에 비례하는 항에 의해서만 결정어지고,  $E_r$ 과  $E_\theta$ 는  $1/r^3$ 에 비례하는 항에 의해서만 결정된다. 이 영역을 근거리장영역이라고 하고, 근거리장영역에서는 자계는 전류와 동위상이다.

자계는 정전류에 의한 자계분포와 일치하고, 전계의 근거리장은 정전기쌍극자에 의한 계분포와 일치한다. <그림 3>은 근거리장에서 전계선들의 모양을 나타낸 것이다.

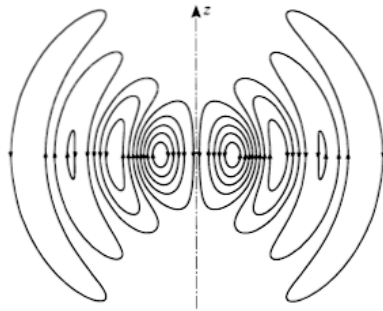


그림 3. 다이폴 안테나의 근거리장 전계패턴  
Figure 3. Near-field electric pattern of Dipole antenna

거리  $r$ 이 충분히 멀 때 원거리장이라 하는데  $\theta = 0$ 와  $\theta = \pi$ 에서 전계가 나가지 않는 점을 빼놓

고는, 계는  $1/r$ 에 비례하는 양이 지배적이고, 전계는  $\theta$ 성분에 의해서 결정된다. <그림 4>는 원거리장의 전계모형을 그린 것이다.

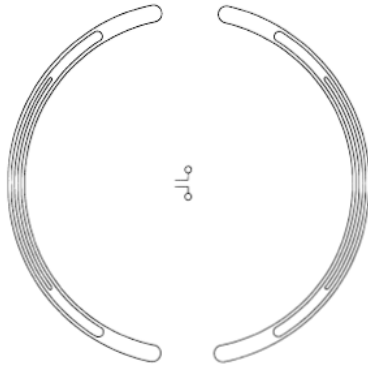


그림 4 다이폴 안테나의 원거리장 전계패턴  
Figure 4. Far-field electric pattern of Dipole antenna

또한 <그림 5>는 계의 지향성 패턴을 3차원으로 모델링한 것이다.

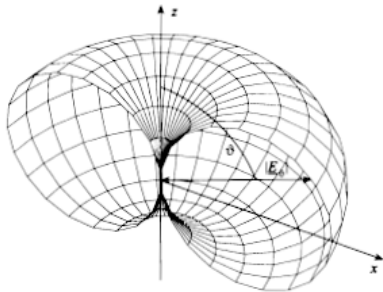


그림 5. 다이폴의 3차원 방사패턴  
Figure 5.. 3 dimensional view of Radiation diagram of the dipole

<그림 6>은 다이폴 안테나의 설계예인데 설계 사양은 이득이 2dBi, 입력단에서의 정재파비가 1.5:1이하, 특성임피던스가  $50\Omega$ 으로 2.4GHz에서 동작하도록 설계된 모형으로 안테나의 방사 패턴을 보면 <그림 7>과 같이 나타난다.

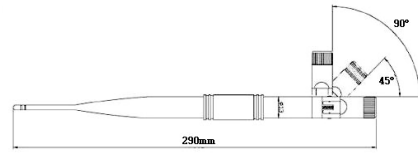


그림 6 다이폴 안테나의 설계예  
Figure 6. Designed dipole antenna

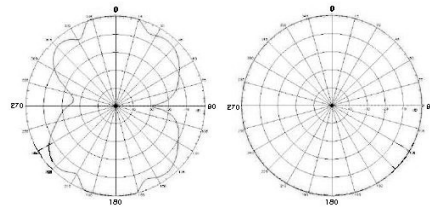


그림 7 다이폴안테나의 E면(좌)과 H면(우) 방사패턴  
Figure 7. E-plane(left) and H-plane(right) radiation pattern of dipole antenna

모의실험한 방사패턴을 보면, E면과 H면의 안테나 방사 패턴은 이상적인 다이폴 안테나의 패턴에 가깝게 나타났고, H면의 지향성패턴은 거의 무지향성의 패턴을 보이고 있다.

### 3. 결론

평면적으로 편파된 2.4GHz의 다이폴 안테나에서 3D FEM 설계와 시뮬레이션이 이루어 졌다. 입력 정재파비는 2.2~2.6GHz사이에서 1.5보다 작으며, 편파된 안테나의 E면과 H면의 패턴은 이상적인 단일 다이폴 안테나의 패턴과 매우 가까운 성능을 갖음을 확인하였다. 설계된 평면 편파안테나는 무선통신과 무선근거리망의 응용분야에 사용될 수 있다.

향후에 수직편파와 수평편파를 모두 달성할 수 있도록 PIN다이오드나 그 밖의 스위칭 시스템으로 2채널 방사안테나로 발전시킬 수도 있다.

최근 몇 년간의 무선기술의 급격한 발전으로

블루투스, 무선근거리통신망, GPS, WCDMA 등 여러 형태의 무선통신 시스템은 모바일 기기에 고밀도로 집적되어 장착되어왔고, 여러 다른 주파수 영역을 사용하는 무선시스템의 요구사항을 만족시키기 위하여 안테나기술은 광대역 특성이 요구되어 지고 있다. 반면에 많은 현대의 무선통신시스템 즉 레이더, 항법장치, 위성파 모바일 응용에서는 원형편파된 방사패턴을 사용하는데 이는 전반적으로 모든 평면파 형태의 파를 송신과 수신하는데 있어서 무선신호의 안테나에서 반사나 흡수에 강점이 있고, 다중경로의 페이딩 채널 환경에서 전파의 먹통점이나, 정보처리양의 저하, 전반적인 시스템 성능감소를 야기할 수 있는 위상문제를 극복해낼 수 있기 때문이다. 향후 광대역의 넓은 빔폭을 갖는 안테나들을 소형화하기 위한 높은 유전상수를 갖는 기판을 사용하여 위 문제들을 해결하는 것이 가능할 것이다. 안테나의 구성이 간단하고, 쉽게 제작되어지며, 방사빔이 넓게 퍼질 수 있어서, 전체적인 안테나의 파라미터를 개선할 수 있도록 더 많은 연구가 필요하게 된다.

## References

- [1] Huey-Ru Chuang, Liang-Chen Kuo, Chi-Chang Lin, and Wen-Tzu Chen, *A 2.4 GHz polarization-diversity planar printed dipole antenna for WLAN and wireless communication applications*, Microwave Journal, 2009.
- [2] K. Fujimoto, and J. R. James, *Mobile antenna systems handbook*, Artech House Inc., Norwood, MA 1994.
- [3] K. Hettak, G.Y. Delisle, and M.G. Stubbs, *A novel variant of dual polarized CPW fed patch antenna for broadband wireless communications*, IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium Digest, Microwave Journal, Vol. 1, pp. 286-289. 2000.
- [4] L. Zhu, and K. Wu, *Model-based characterization of CPS-fed printed dipole for innovative design of uniplanar integrated antenna*, IEEE Microwave and Guided Wave Letters, Vol. 9, No. 9, pp. 342-344, September 1999.
- [5] N. Michishitai and H. Arai, *"A Polarization-diversity Antenna by Printed Dipole and Patch With a Hole,"* IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium Digest, pp. 368-371, 2001.
- [6] J. D. Kraus and K. R. Carver, *Electromagnetics*, McGraw-Hill Inc. 1973.
- [7] S. Manafi, S. Nikmehr, and M. Bemani, *Planar reconfigurable multifunctional antenna for WLAN/wimax/ UWB/ pcsdcs/ UMTS applications*, Progress In Electromagnetic Research C, Vol. 26, pp. 123-137, 2012.
- [8] Letestu and Ala Sharaiha, *Size reduced multi-band printed quadrifilar helical antenna*, IEEE Trans. Antennas Propag., Vol. 59, pp. 3138-3143, 2011.
- [9] Amandeep Bath, Abhishek Thakur, Jitender Sharma, and Basudeo Prasad, *Design of a rectangular Patch Antenna*, IJEEE, Vol. 1, Issue 1, Jan-Feb 2014.
- [10] Peter Russer, *Electromagnetics, microwave circuit and antenna design for communications engineering*, 2nd Ed., Artech House, 2006.

---

## 무선통신망용 다이폴 안테나 설계 분석 최재연

남서울대학교 정보통신공학과

Information & Communication, Namseoul  
University, Korea, where he is now a professor.  
E-mail : [cjy@nsu.ac.kr](mailto:cjy@nsu.ac.kr)

---

### 요 약

본 논문에서는 무선통신에 사용가능한 모노폴 형태의 다이폴안테나를 설계하고 특성을 분석하도록 한다. 안테나 설계는 3차원 유한 요소법에 기초한 고주파 구조 시뮬레이터를 사용하도록 한다. 완전한 3D 구조의 유한요소법 시뮬레이션 및 측정된 다이폴 안테나의 성능을 비교하고 입력 정재파비와 방사패턴을 제시하고 3D FEM 설계와 고주파 구조 시뮬레이션을 이용한 모의실험을 한다. 입력 정재파비는 2.2 ~ 2.6GHz 사이에서 1.5보다 작게 하여, 50Ω의 특성임피던스와 2dBi의 안테나 이득을 갖도록 설계하고, 편파된 안테나의 E면과 H면의 패턴을 구한다. 실험의 결과는 이상적인 단일 다이폴 안테나의 패턴과 매우 가까운 성능을 갖음을 확인할 수 있고, 설계된 평면 편파안테나는 무선통신과 무선근거리망의 응용분야에 사용될 수 있다.

---

### 감사의 글

본 논문은 2014년도 남서울대학교 교비학술연구비지원에 의해 연구되었음.



**Jae-Yeon Choi** received the B.S., M.S., and Ph.D. degrees in electronic communication engineering from Hanyang University, Seoul Korea in 1985, 1987 and 1998,

respectively. From 1987 to 1989, he was with Samsung Advanced Institute of Technology. From 1989 to 1992, he was with LG Information & Communication Research Center. Since 1996 he has been with Department of