

블루투스 AP용 지향성안테나의 설계

황재호*

*경주대학교

Design of Directive Antenna for Bluetooth AP System

Jae-Ho Hwang*

*Gyeongju University

E-mail : jhhwang@gnu.ac.kr

요 약

본 논문에서는 2.4GHz 블루투스 AP 시스템에 유효한 지향성 안테나를 설계 하였다. 본 지향성 안테나는 소형화를 위해 유전체 기판위에 평면 선형 야기우다 안테나 구조로 되어있다. 제안한 야기우다 안테나의 특성 해석 및 설계에는 상용 시뮬레이터(HFSS)를 사용했으며, 시제작을 통해 유도기 배열에 따른 특성을 평가하고 블루투스 AP 시스템에 유효함을 확인하였다. 제안한 지향성 안테나는 다양한 2.4GHz 시스템에도 효과적으로 적용 가능할 것으로 기대된다.

ABSTRACT

This paper presents analysis and design for printed directive antenna using Bluetooth AP system. For the miniaturization of the antennas, dielectric substrate ($\epsilon_r=4.6$) and planar line Yagi-Uda antenna structure are used. The proposed Yagi-Uda antennas are simulated using commercial simulator (HFSS). The results of the simulation are presented and compared with characteristics of each array type. Especially, the proposed antennas can be applied to the design of various communication systems for 2.4 GHz band.

키워드

블루투스 시스템, AP, 지향성안테나, 야기우다안테나, 배열(array)

I. 서 론

최근 무선LAN, 블루투스등 이동 및 무선통신에 있어 2.4GHz 대역의 이용이 활발해지고 있음에 따라 이들 서비스에 사용되는 단말 장치의 소형화가 필수적으로 요구되고 있다. 일반적으로 무선단말기에 있어 안테나의 용적은 단말기장치의 상당부분을 차지하게 되어 안테나의 소형화는 곧 단말 장치의 소형화로 이어 지게 된다.

안테나의 소형화 방법으로는 다양한 연구결과^{[1],[2]}가 이용되고 있지만 그 중에 대표적인 방법으로는 유전체 기판을 사용한 프린트형 안테나를 들 수 있다. 이때 사용되는 유전체기판의 유전율과 두께는 안테나의 물리적인 크기를 단축시키는 효과가 있으며, 이와 같은 단축효과는 기판의 유전율에 따른 다이폴 안테나의 단축을 평가에서 확인된바 있다.^[3]

결국 유전체 기판상 안테나의 해석에 있어서 유전체를 포함한 해석이 필요하며 따라서 안테나를 설계하는데 있어서 유전체 기판은 안테나의 일부로 함께 다뤄져야 한다. 그러나 유전체가 포함된 안테나의 설계 및 해석은 매질의 특성이 안테나에 많은 영향을 미치게 되어 자유공간에서의 안테나 특성과는 커다란 차이가 있으며 해석법 또한 상당히 복잡하게 된다.^{[4],[5]}

한편, 앞서 서술한 2.4GHz 대역은 ISM 대역으로 다양한 통신 시스템에 자유롭게 이용되고 있으나 한편 전파법상 송출되는 전력에 대해서는 엄격한 규제를 하고 있다. 따라서 이와 같은 소전력을 효율적으로 전송하기 위해서는 지향성 안테나가 유용하다 할 수 있다.

지향성안테나의 대표적인 형태로는 야기우다 안테나를 들 수 있다. 야기우다 안테나는 크게 세 부분으로 구성되는데 급전부 또는 공진소자

(Resonator)로 불리는 다이폴소자를 중심으로 후방에는 반사기(Reflector)를 설치하며 전파가 후방으로 나가는 것을 방지하고, 전방에는 유도기(Director)를 설치하여 전파가 전방으로 진행하도록 한다. 결국 야기우다 안테나는 중심부에만 급전이 되게 급전선을 연결하면 되는데 이를 기판과 같은 평면상에 구성하기란 그리 쉽지 않다.

본 논문에서는 급전선구조상 필요한 접지면의 에지(edge)를 반사기로 이용할 수 있는 방안을 제시하여, 간단한 구조의 유전체 기판상 야기우다안테나를 설계하여 소형화를 구현하고 그 특성을 검토하여 지향성 안테나로서의 유효성을 평가한다. 또한 유도기의 수가 증가됨에 따른 안테나의 지향성 이득의 변화를 검토하고 블루투스 AP시스템에 적합한 기판상 야기우다안테나를 제작한다. 본 논문에서 안테나의 특성 해석에는 유한요소법(FEM)에 근거한 상용 시뮬레이션 툴을 사용하며, 보다 엄밀한 방사특성을 해석하기 위해 회외각 방사면에 다층의 흡수경계조건을 적용한다.

II. 반사기 구성 및 특성 평가

자유공간상에서의 야기우다 안테나의 일반적인 구성은 중심부에 위치한 다이폴형 공진소자의 전후방에는 유도기와 반사기를 설치하며 급전선은 다이폴의 중심부에 배치한다. 이때 다이폴의 길이는 사용하는 파장의 1/2이 되며 반사기의 길이는 이보다 약간 길고, 유도기의 길이는 약 1/2 파장 정도가 되게 한다.

한편, 반사기는 급전부로부터 약 1/4 파장 떨어진 위치에 선상 요소를 설치하는 것으로 구성하나, 기판위에 평면 도체 선으로 야기우다 안테나를 구성할 경우 급전선이 반사기를 가로질러 공진기(다이폴)에 연결되므로 반사기의 정상적인 동작을 기대하기 어렵다.

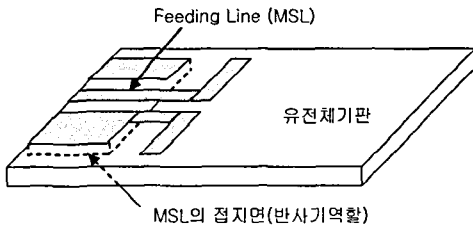
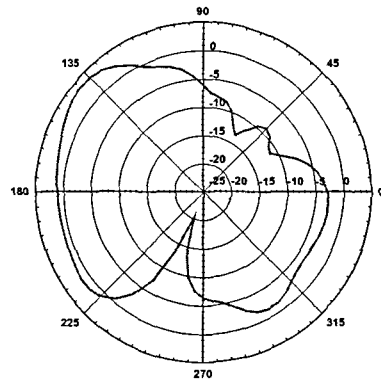


그림 1. 접지면을 이용한 반사기 구조

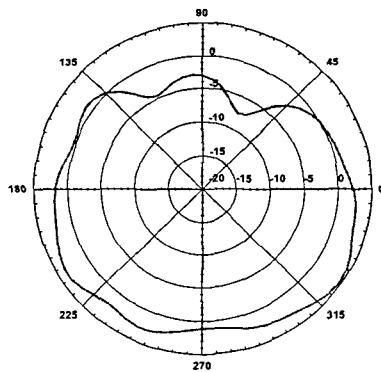
따라서 본 논문에서 제안하는 기판상 야기우다 안테나의 경우 그림 1과 같이 다이폴 안테나의 급전선구조는 마이크로스트립(MSL)구조를 채택하며, 이때 기판의 접지면을 반사기로 이용하는 방법을 제안한다. 즉, 접지면의 길이(l)와 공진소자와 접지면간의 간격(h)를 적절히 조절하여 반사기로서 작용하도록 설계하는 것이다.

그러나 사용되는 기판의 유전율은 기판상에 구성되는 안테나의 물리적 길이를 단축하는 효과가 있어 접지면의 길이와 공진소자간의 거리는 단순히 자유공간상의 파장으로 계산되지는 않는다.

시뮬레이션을 반복하여 설계된 반사기의 구조는 크기(H×L)는 120×60 mm, 비유전율이 4.6인 기판위에 다이폴의 길이(l_1)가 39 mm이며 반사기의 역할을 하는 접지면의 폭(l_2)은 50 mm이다. 이때 상측면의 접지면과 하측면의 접지면은 비어(Via)로 연결되어 있어야 한다. 또한 효과적인 반사기의 동작을 위해 다이폴과 접지면간의 간격을 18 mm(약 1/2파장)로 하였다. 그림 2은 반사기를 포함하는 다이폴 안테나의 지향성 특성을 살펴보면 반사기가 작용하지 않는 경우에 비해 안테나의 후방($\phi=0^\circ$)으로의 이득이 감소되어 있음을 알 수 있다. 이때의 후방의 이득은 최대방향 방사전력에 비해 약 4dB 적은 상태로 접지면이 충분히 반사기로서 동작함을 알 수 있다.



xy plane ($\theta=90^\circ, \phi=0^\circ \sim 360^\circ$)



yz plane ($\phi=0^\circ, \theta=0^\circ \sim 360^\circ$)

그림 2. 반사기 배치에 따른 지향성 특성

III. 유도기배열에 따른 안테나특성

앞장에서는 유전체 기판상에 야기우다 안테나를 구성하는데 있어, 다이폴형 공진소자의 후방에 적절한 크기의 접지면을 설치함으로써 반사기의 역할을 충분히 할 수 있음을 확인하였다. 그러나 반사기만으로는 이득증대에 한계가 있어 본장에서는 유도기의 설치에 따른 이득의 변화특성을 살펴보고자 한다.

그림 3은 반사기를 포함한 다이폴 공진소자의 전면에 유도기를 1개 설치한 기판형 야기우다 안테나의 구조를 나타내고 있다. 이때 급전소자와 유도기의 간격이 약 1/4 파장 일 때 유도기로서 동작을 하게 되나 이와 같이 기판상에 구성할 경우 기판의 유전율을 고려하여 간격을 결정 하여야 한다.

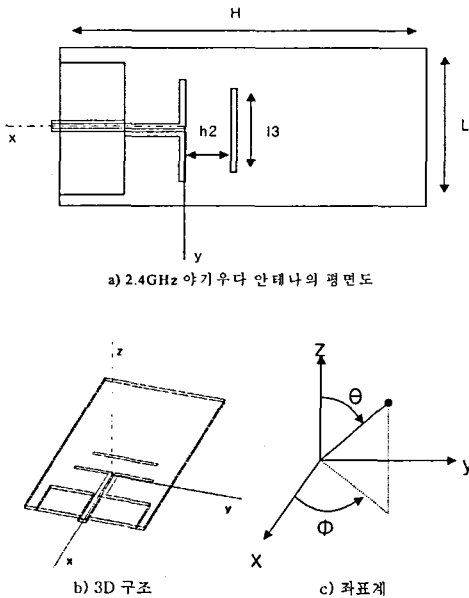


그림 3. 유도기 구성

그림 4와 그림 5은 유도기의 길이(l_3)를 32 mm, 유도기와 급전소자와의 간격(h_2)을 17.5 mm로 하였을 때의 입력 임피던스와 지향성 특성으로 유도기의 특성을 나타내고 있다.

공진 주파수인 2.3 GHz에서의 지향성특성을 살펴보면 안테나의 전방($\phi=180^\circ$)으로의 이득이 증가되어 있음을 알 수 있다. 최대방향의 이득은 반사기만 설치한 경우에 비해 약 5 dB정도 증가되었음을 알 수 있다.

이와 같이 유도기의 수를 늘려 가면 에너지의 방사 범이 좁아져서 지향성 이득이 향상되는데, 표 1은 유도기의 개수를 4개 까지 증가시켰을 경우의 이득의 증가특성을 나타내고 있다. 이때 각

각의 최대방향이득($\phi=180^\circ$)은 각 안테나의 공진주파수를 기준으로 하고 있으며 유도기의 배치는 반복된 시뮬레이션을 통하여 최적의 값을 이용하였다.

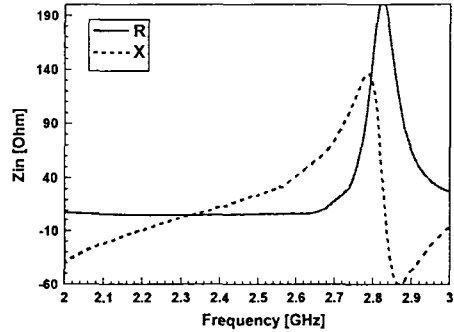
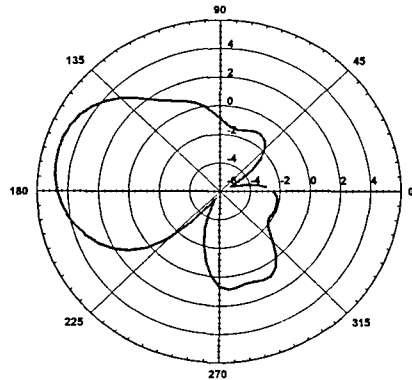
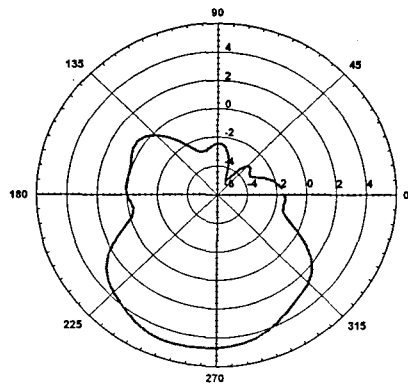


그림 4. 유도기포함 다이폴 안테나의 입력 임피던스 특성



xy plane ($\theta=90^\circ$, $\phi=0^\circ \sim 360^\circ$)



yz plane ($\phi=0^\circ$, $\theta=0^\circ \sim 360^\circ$)

그림 5. 유도기포함 다이폴 안테나의 지향성 특성

표 1. 유도기 배열수에 따른 안테나의 지향성이득

유도기 배열수	이득(dBi)
0	1
1	6
2	7
3	9

그림6은 유도기 수를 3개로 하여 제작한 기판형 야기우다 안테나를 나타내고 있다. 시제작한 VSWR특성을 보면 2.34~2.55GHz대역에서 2이하의 특성을 보이고 있어 블루투스 시스템에 필요한 충분한 대역 안테나임을 알 수 있다.

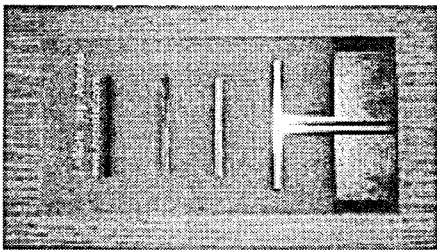


그림 6. 기판형 야기우다 안테나의 제작

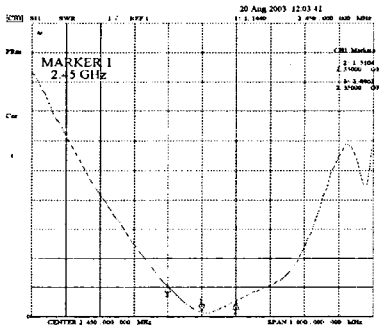


그림 7. VSWR특성(측정치)

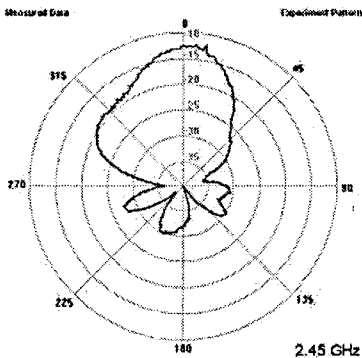


그림 8. 지향성 특성(측정치)

IV. 결 론

본 논문에서는 2.4 GHz 대역에서 사용할 수 있는 소형, 고 이득 안테나를 유전체 기판위에 야기우다 안테나를 설계하였다. 특히, 급전선구조상 필요한 접지면의 에지(edge)를 반사기로 이용할 수 있는 방안을 제시하여, 보다 간단한 구조의 야기우다 안테나를 설계하고 그 특성을 검토하여 지향성 안테나로써의 유효성을 평가해 보았다.

반사기의 경우, 공진 주파수인 2.3 GHz에서 접지면이 설치된 후방($\phi=0^\circ$)으로의 이득이 전방(최대방향)의 이득에 비해 약 4dB 적은 상태로 접지면이 충분히 반사기로서 동작함을 알 수 있었고, 유도기 개수의 증가에 따라 이득이 증가됨을 확인하여 유도기 3개를 배열한 기판형 야기우다 안테나를 제작하였다. 제작한 안테나는 약 200 MHz의 대역특성을 보이고 있어 블루투스 AP시스템에 적용 가능함을 확인할 수 있었다.

결국 송전전력을 규제하는 2.4 GHz 대역의 통신에 있어 송신전력의 크기와 전파환경 등을 고려하여 적절한 이득의 기판형 야기우다 안테나를 설계하면 전송품질의 향상을 기대할 수 있으리라 생각된다.

참고문헌

- [1] K. R. Carver and J. W. Mink, "Microstrip antenna technology", IEEE Trans. Antenna & Propagat., Vol. AP-29, pp.2-24, Jan. 1981.
- [2] 羽石, 小形, 平面안테나, (日)電子情報通信學會編.
- [3] J. H. Hwang and K. Sawaya, "Radiation characteristics of dipole antenna on dielectric substrate", IEICE General Conference, B-1-90, 1997.
- [4] J. H. Richmond and E. H. Newman, "Dielectric coated wire antennas", Radio Science, Vol. 11, No1, pp .13 - 20, Jan. 1976.
- [5] I. E. Rana and N. G. Alexopoulos, "Current Distribution and Input Impedance of Printed Dipoles", IEEE Trans. AP., Vol.29, No.1, pp. 99 -105, Jan. 1981..
- [6] S. Uda and Y. Mushiake, Yagi-Uda Antenna, Maruzen, Japan, 1954.
- [7] J. R. James and P. S. Hall, Handbook of Microstrip Antennas, IEE Electromagnetic Wave Series, Vol.28, 1989
- [8] D. M. Pozar, Microwave Engineering, Addison Wesley, 1990.