

유전체 기판에 인쇄된 소형 무선랜 안테나

채규수* · 임중수

A printed antenna for WLAN applications

Gyoo-Soo Chae* and Joong-Soo Lim

요 약 본 논문에서는 휴대용 무선통신기에 응용 될 수 있는 유전체 기판에 인쇄된 접힌 모노폴(folded-monopole) 형태의 안테나가 소개 되었다. 제안된 디자인은 두개의 가지(branch)를 가지는 접힌 1/4파장(λ) 안테나를 모델로 개발 되었다. 수치해석으로 안테나의 파라미터들을 예측 하였고 그 결과에 따라 견본 안테나가 제작 되었다. 최적의 특성을 얻기 위해 몇 번의 수정을 거친 후에 본 논문에서 제안된 안테나가 제작 되었다. 본 논문에서 제안된 안테나는 2.4GH 주파수 대역에서 동작 하고 주로 노트북PC에 장착되어 사용 될 수 있다. 제시된 모든 결과들은 실제 실험용 노트북PC에 장착된 상태에서 얻어진 것이다.

Abstract A printed folded-monopole antenna for portable wireless applications is presented. The proposed design is based on the folded quarter-wave antennas, which have a conductor plate having two arms. A prototype antenna is fabricated according to the simulation result. The obtained antenna can perform in 2.4GHz band and be adopted for laptop applications. All the measurements are performed in the actual test fixture.

Key Words : 안테나, 무선랜, 모노폴

1. 서 론

안테나는 1887년 헤르츠가 맥스웰 이론을 실험으로 증명하는 과정에 사용한 두 개의 금속판이 그 시초가 되었다. 이 때에 사용한 장치는 이후에 헤르쯔 다이폴(dipole) 안테나로 발전하였고, 수신 안테나로는 루프(loop) 안테나를 사용하였다. 2차 세계대전을 거치면서 반사판(reflector)안테나, 렌즈(lens)안테나, 도파관슬롯(wave guide slot) 안테나 등이 개발되었다[1, 2]. 여러 가지의 안테나가 다른 형태로 존재하지만, 모든 안테나는 동일한 전자기학(electromagnetic wave theory)의 이론적인 원리에 따라 동작한다. 무선통신용 안테나는 전송선로(transmission line)를 사용하는 일반 부품들과 달리 서로 연결해주는 통로가 자유공간(free space)이기 때문에 송신기에서 전달되는 에너지를 전자기파형태로 전파하게 된다. 안테나의 유형에는 선형(wire), 개구면(aperture), 마이크로스트립(microstrip), 반사판 안테나 등 종류가 다양하다. 최근 무선통신 분야가 급속히 팽창함에 따라 휴대용 통신기기의 내장형(internal)안테나

디자인이 많은 관심을 받고 있고 안테나의 디자인 구성은 통신기와 더불어 변해오고 있다. 최근의 연구 결과들은 작은 크기로 더 좋은 특성을 갖는 안테나의 개발에 초점을 맞추고 있다[3-7]. 물리적인 특성과 전자기파의 이론적인 한계를 극복하고자 하는 노력들이 시도되고 있다. 본 논문에서는 최근 각광을 받고 있는 무선랜(wireless local area network : WLAN)용 안테나를 소개하고자 한다. 무선랜은 유선 케이블 대신 전파(electromagnetic wave)나, 빛(적외선) 등을 이용하는 네트워크 구축 방식으로, 케이블의 연결 없이 무선으로 근거리통신망(local area network) 환경을 구현하는 개념이다. 이점에서 알 수 있듯이 무선랜은 근본적으로 근거리통신망이 가지고 있는 특성을 가지고 있다는 점에서 일반적으로 이야기하는 휴대폰을 통한 무선인터넷과(wireless internet)는 대별된다 할 수 있다. 즉, 노트북PC이나 PDA에 무선랜 카드만 장착하면 특정 지역 안에서 통신케이블에 연결하지 않고도 자유자재로 인터넷에 접속 할 수 있게 해주는 기술이다. 무선랜에는 여러 가지 표준규격이 있으며, 무선 네트워크를 하이파이오디오처럼 편리하게 쓰게 한다는 뜻에서 와이파이(Wi-fi)라는 별칭으로도 불린다. 무선주파수를 이용하므로 전화선이나 전용선이 필요 없으나 PDA나 노트북PC

*천안대학교 정보통신학부
E-mail : gschae@cheonan.ac.kr

에는 무선랜 카드가 장착되어 있어야 한다. 1980년대 말 미국의 프록심(Proxim)사와 심블(Symbol)사 등의 무선기기 회사에서 처음으로 사업화 하였으나 다양한 방식이 난립하여 일반화 되지는 못했다. 1997년 7월에 처음으로 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers)에서 무선랜 표준을 정하였고 ISM(Industrial Scientific and Medical) 주파수 대역(2.4GHz)에서 사용하기로 하였다. 그리고 1999년 9월 미국 무선랜협회인 WECA(Wireless Ethernet Capability Alliance; 2002년 WiFi로 변경)가 표준으로 정한 IEEE802.11b와 호환되는 제품에 와이파이 인증을 부여한 뒤 급속하게 성장하기 시작하였고, 우리나라에는 2000년에 도입되어 대학과 기업을 중심으로 활성화 되고 있다. 초기에는 전파 도달거리가 10m에 불과했으나 2000년대에 들어서는 50~200m 정도까지 대폭 늘어났다. 현재 데이터 속도가 11Mbps 급의 표준 규격으로는 무선 기술을 이용하는 IEEE802.11b가 확정되어 있다. 그러나 최근 더 빠른 데이터의 처리속도가 요구되면서 IEEE802.11a, e, f, g, h, i 등의 다른 표준을 채택하는 경우도 많다. 국내에서도 2002년부터 기존 대형 통신 사업자에 의한 공중망 무선랜 서비스가 상용화되기 시작했다. 공중망 무선랜 서비스는 무선 근거리망기술(IEEE802.11b)을 사용해 ADSL, 케이블모뎀, cdma2000 1x, cdma2000 1xEVDO, 전용회선 등 각종 유무선 네트워크에 무선으로 접속할 수 있는 서비스다. 가입자는 액세스포인트(AP)라고 불리는 무선 접속장치를 설치한 지점으로부터 반경 100m 내의 지역에서 무선랜 카드를 장착한 노트북 PC, PDA 등 단말기를 사용해 무선으로 인터넷을 이용할 수 있다. 현재 보안(security)과 주파수간섭(frequency interference), 전력소모(power consumption), 로밍서비스(roaming service), 등 해결해야 할 문제들이 많긴 하나 4세대(4G) 이동통신 시장을 이끌어 갈 것으로 전망된다. 무선랜의 이런 추세에 따라 안테나의 개발도 다중대역(multi-band)과 광대역(wide-band)의 특성이 요구되고 있다. 가장 널리 사용되는 안테나의 형태는 평판 역에프형(planar inverted-F : PIFA)이다[3, 4]. 최근 많은 평판 안테나가 소개되고 있고 본 논문에서 소개된 안테나는 1/4파장의 접힌 모노폴을 기본으로 해서 안테나의 공간을 최소화 하기위해 안테나의 끝 부분이 접힌 안테나로 디자인 되었다. 안테나의 디자인은 수치해석을 기본으로 기본 안테나가 제작 되었고 실제 노트북PC에 장착되어서 안테나 특성이 측정 되었고 안테나의 최적화된 특성을 위해 안테나의 여러 수치들을 바꾸며 수정을 거친 후에 소개된 최종 안테나가 완성 되었다.

2. 안테나 제작 및 측정

안테나의 역할은 신호발생기에서 생성된 전자파 신호를 자유공간으로 방사하거나 그 반대로 공간에 존재하는 전자파를 수신하는 것이다. 안테나의 역사는 아주 오래 되었고 사용되는 주파수나 용도에 따라 여러 가지 형상이 있다. 최근 급변하는 통신기기의 다양한 변화에 적합한 안테나의 개발수요가 급증하고 특히 소형, 경량 그리고 광 대역 안테나의 개발기술이 절실히 요구되고 있다. 안테나의 개발에 있어 가장 어려운 점은 실제 요구되는 특성과 주어진 공간이나 주변 환경이 늘 상충된다는 것이다. 최소의 공간에서 최대의 효과를 나타내는 안테나의 디자인이 요구되는 것이 현실이다. 안테나 디자인을 위한 여러 가지 수치해석용 소프트웨어들이 있지만 수치 해석을 통해 얻은 결과를 토대로 제작된 실제 안테나의 특성은 많은 차이가 있다. 최근에 소개된 몇몇 해석 소프트웨어들은 상당히 근접한 결과를 주기도 하지만 많은 경우는 그렇지 못한 것이 현실이다. 왜냐하면 실제 안테나가 동작할 때 외부의 여러 가지 소자나 기구들의 영향으로 인해 전자파의 형성이 비정상적으로 이루어지기 때문에 그 영향들을 수치 해석모델에서 정확히 예측하기란 쉽지 않다. 이 연구에서는 수치해석 결과를 기본으로 몇 번의 제작과정을 거친 후에 최적화된 안테나를 구현 하였다.

안테나는 한쪽 끝이 접힌 형태로 두개의 가지를 갖는 형태이다. 이런 구조는 일반적으로 다중대역의 안테나 구현을 위해서는 물리적인 구조 자체가 두 가지의 주파수 공진을 가지기 위한 구조가 필요하기 때문이다. 본 논문에서 제안된 안테나의 특성을 이해하기 위해 안테나의 기본적인 동작원리와 구조에 대해 살펴보자. 그림

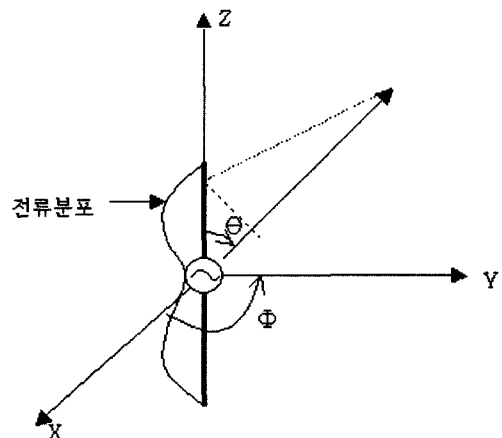


그림 1. 다이폴(dipole) 안테나의 구조

1에서는 다이폴(dipole)안테나의 기본구조가 도식화 되어 있다. 송신기에서 발생한 에너지가 전송선로를 따라 전파되고 안테나 부위에서는 전자파로 자유공간(free space)으로 방사(radiation) 된다. 본 논문에서 제안된 안테나가 모노폴(monopole), 그림 1에서 나타난 안테나의 한쪽 가지 부분만 사용하는 안테나, 형태이므로 다이폴 안테나의 특성을 살펴보는 것이 많은 도움이 될 것이다. 여러 가지 기본적인 전자파의 이론을 기초로 그림 1에 제시된 안테나에서 형성되는 전류는

$$I(Z) = \begin{cases} I_0 \sin k\left(\frac{1}{2} - z\right), & z > 0 \\ I_0 \sin k\left(\frac{1}{2} + z\right), & z < 0 \end{cases} \quad (1)$$

이다. 그리고 안테나를 통해 방사되는 전계(electric field)는 그림 1의 좌표계를 기준으로

$$E_0 = \frac{I_0 L}{8\pi} j k_0 \eta_0 \frac{e^{-jk_0 r}}{r} \sin\theta \quad (2)$$

로 표현된다. 여기서, I_0 는 안테나에 유기된 전류의 크기, L 은 안테나의 전체 길이, k_0 는 자유공간에서의 전파 상수(propagation constant), η_0 는 고유임피던스(intrinsic impedance)라고 한다. 여기서

$$k_0 = \sqrt{\epsilon_0 \mu_0}, \eta_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \quad (3)$$

이고 ϵ_0 , μ_0 는 각각 자유공간의 유전율(permittivity)과 투자율(permeability)이다. 앞에서 표현된 전계를 이용해서 안테나에서 방사되는 총 복사전력(radiation power)을 구하면

$$P_{rad} = \int_0^{2\pi} \int_{\frac{\pi}{2}}^{\pi} \frac{1}{2} \frac{|E_\theta|^2}{\eta} r^2 \sin\theta (d\theta) d\phi = 10\pi^2 I_0^2 \left(\frac{L}{\lambda}\right) \quad (4)$$

이 된다.

제안된 안테나는 위의 이론들을 기초로 그 공간상의 제한 때문에 길이를 줄이는 방법으로 모노폴 형태가 선택 되었고 그 안테나를 접힌 형태로 하여 공간의 활용을 최대화 하였다. 안테나의 이론상 안테나 길이는 1/4 파장을 최소 길이로 하는 것이 일반적인 안테나 설계 방법이다. 신호를 발생시키고 복원하는데 여러 가지 고려해야 할 사항들이 많기 때문에 물리적인 길이를 무작정 짧게 할 수는 없다.

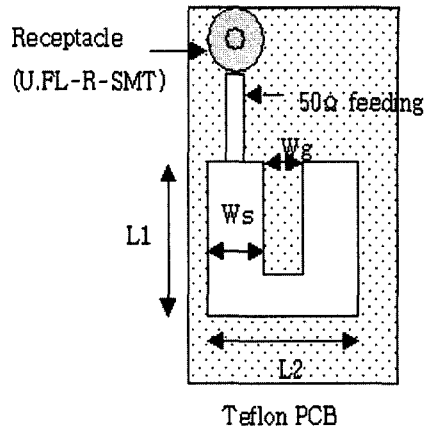


그림 2. 제안된 안테나의 기본 구조

제작된 안테나의 치수들은, 안테나부위 총길이 ($2L1+L2$) 21 mm($\sim 1.68\lambda$), 두 가지사이의 폭(Wg) 2 mm, 안테나의 폭(Ws) 2.5 mm이며 유전체기판은 두께가 1.6 mm이고 유전율이 2.43인 테프론을 사용 하였다. 제작된 안테나의 전체길이가 중심주파수 2.4GHz의 $\lambda/4$ (31.25 mm)보다 짧은 이유는 유전체 기판의 유전율과 주위 부품들의 영향이라 볼 수 있다. 안테나를 제작하기 전에 우선 수치해석을 통하여 그 결과를 예측하였고 그 결과가 그림 3, 4에 나타나 있다. 이론과 수치해석을 바탕으로 하여 제작된 안테나가 실험용 노트북 PC에 장착된 상태에서 제시된 모든 측정 결과를 얻었다. 실제 제작된 안테나가 노트북에 장착된 상태에서 벡터네트워크분석기(vector network analyzer)를 사용하여 VSWR(Voltage Standing Wave Ratio)가 측정 되었고 그 결과가 그림 5에 나타나 있다.

VSWR은 안테나가 송신기에서 발생한 에너지를 얼마나 잘 자유공간으로 방사 하느냐를 보여준다. VSWR

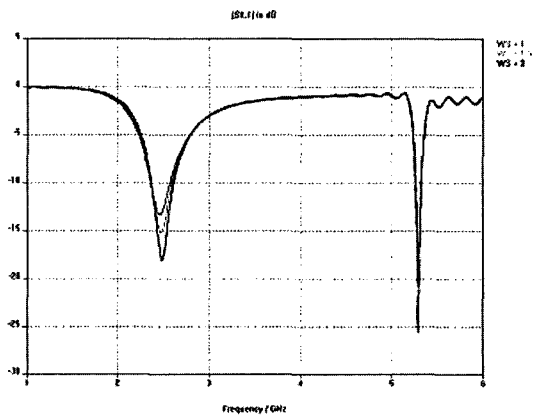


그림 3. 수치해석 결과 (Return loss)

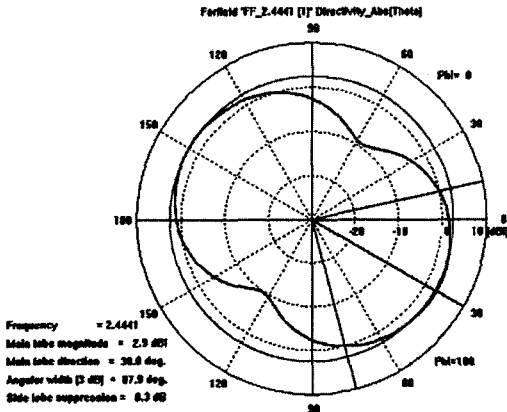


그림 4. 수치해석 결과 (Radiation pattern)

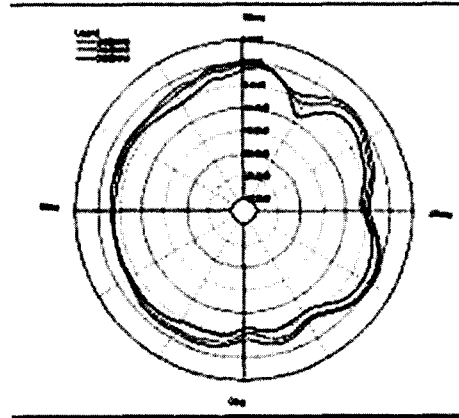


그림 6. 안테나 이득 및 방사패턴

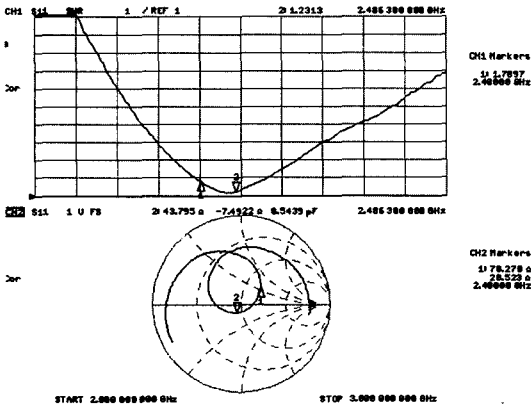


그림 5. 제안된 안테나의 VSWR



그림 7. 안테나의 3차원 방사패턴

이 1일 때 에너지를 100%방사 하고 일 때는 전혀 방사가 되지 않는 경우이다. 그리고 대개 VSWR이 2인 주파수를 기준으로 그 폭이 얼마나에 따라 사용 가능한 주파수의 대역폭(bandwidth)이 정해진다. 제안된 안테나의 2.4GHz에서의 대역폭은 200MHz 정도이다.

그리고 안테나의 방사패턴(radiation pattern)은 3차원 전자파 무반사실(anechoic chamber)에서 측정 되었다. 결과를 보면 안테나의 2.4GHz에서의 평균이득(average gain)은 약 -3dBi이다. 안테나의 이득의 기준은 이상적인 무지향성(omni-directional) 안테나의 이득을 0dBi라고 하고 특정한 방향으로 얼마나 많은 에너지가 나가는지를 나타내는 수치이다. 일반적으로 무선통신에서 사용되는 안테나의 평균이득은 -1dBi~5dBi 정도이다. 실제 통신에서는 평균 이득도 중요하지만 대개 특정 방향에서의 최고이득(peak gain)이 안테나의 특성을 결정한다. 제작된 안테나의 최고이득은 2dBi이다. 안테나의 전체적인 이득은 그림 6에 나타나 있다.

그리고 그림 7에서는 실제 노트북에 장착된 안테나의 3차원 방사 패턴을 보여주고 있다. 방사패턴을 살펴 보면 양쪽 옆면으로는 패턴이 상당히 찌그러져 있고 반면에 상단부로는 패턴이 균일함을 볼 수 있다. 이 방사 패턴에서 패턴자체가 균일 하지 못하고 찌그러지는 것은 실제 안테나가 장착된 상태에서 안테나에서 전자파가 유기될 때 노트북의 구조물이나 LCD등의 영향을 받기 때문이다. 이런 주변 기구들의 영향을 최소화 하기위해 안테나의 구조를 바꾸고 기구와의 이격거리를 넓히는 등 여러 가지 방안들이 소개 되고 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 단일 주파수용으로 유전체 기판에 인쇄된 접힌 모노폴 안테나에 대한 연구가 소개 되었다. 제안된 안테나는 2.4GHz 주파수 대역에서 광대역의 특성을 가지고 제작과 장착이 용이하다. 그리고 유전체

기판위에 안테나와 급전선로(feeding line)가 일체형으로 제작되어서 정합회로(matching circuit)를 이용한 안테나의 특성 조정이 쉬운 장점이 있다. 본 연구를 바탕으로 구체적인 안테나 길이와 넓이에 따른 특성 변화와 재질의 특성에 관한 보다 체계적인 연구로 확장 시켜나갈 것이다. 그리고 무선통신의 여러 제품에 사용가능한 다중대역 안테나의 연구도 계속 해나갈 것이다.

참고문헌

- [1] J. D. Kraus, "Antennas", 2nd ed., McGraw-Hill Book co., 1998.
- [2] E. A. Wolf, "Antenna analysis", John Wiley & Sons, Inc. 1967.
- [3] G. Zhou, "Internal multi-band antenna for mobile communications", U.S. Patent number 6466170, 2002.
- [4] D. Nghiem, "Folded quarter-wave patch antenna", U.S. Patent number 6008762, 1999.
- [5] Johnson, J. M. and Rahmat S. Y., "Wide-band tab monopole antenna array for wireless adaptive and mobile information systems application", *Antennas and Propagation Society International Symposium, 1996. AP-S. Digest*, Volume : 1, Page(s): 718-721
- [6] A. K. Skrivervik, J. F. Zurcher, O. Staub, and J. R. Mosig, "PCS antenna design: The challenge of miniaturization", *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, Vol. 43, No. 4, pp. 12-27, August 2001.
- [7] L. Desclos, T. Drenski, and M. Madihian, "An interdigitated printed antenna for PC card application", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, Vol. 46, No. 9, pp. 1388-1389, Sep. 1998.