



Effect of Ferrite Sheet for Antenna Performance on Smart Phone

Yong-Jin Kim*

Department of Information & Communication System, Daejeon Campus, Korea Polytechnics

ABSTRACT

Recently, a lot of devices are built in a limited space on the smart phones or watches to support various multimedia functions. Especially, in the case of the smart watch supporting LTE communication, the antenna space is extremely small so that it is difficult to secure radiation performance. In addition, recently introduced smart phones are designed with a metallic frame on the outer surface, which makes it difficult to secure antenna mounting space and radiation performance. For this purpose, the numerous researches are being made to reduce a size of the antenna while improving the radiation performance of the antenna. A typical antenna using a magneto-dielectric material in a smart phone is an NFC antenna. The frequency of NFC is 13.56MHz, which uses a very low frequency compared to the cellular communication frequency. However, the magneto-dielectric materials are not used in an antenna for a cellular band because the magneto-dielectric materials have a characteristic that loss increases with an increase in frequency, which is difficult to use in a cellular communication frequency band. Recently, researches have been made to reduce the antenna volume and to improve the frequency bandwidth by using a magneto-dielectric materials for implementing the performance of MIMO antenna in a cellular communication terminals. In this paper, it is researched that the improvement of the antenna radiation efficiency is possible in the cellular frequency band by using ferrite sheet, which is one of the magneto-dielectric materials.

© 2017 KKITS All rights reserved

KEYWORDS : Antenna, Magneto-Dielectric, Ferrite Sheet, Smart Phone, radiation performance

ARTICLE INFO: Received 16 February 2017, Revised 10 March 2017, Accepted 7 April 2017.

*Corresponding author is with the Department of Information & Communication System, Daejeon Campus, Korea Polytechnics, 352-31 Uam-ro Dong-gu, Daejeon,

34503, KOREA.

E-mail address: yjin@kopo.ac.kr

1. 서론

최근 스마트폰과 스마트워치 같은 통신 디바이스들은 다양한 멀티미디어 기능을 지원하기 위해 수많은 장치들이 제한된 공간에 실장 된다. 특히 LTE 통신을 지원하는 스마트워치의 경우 안테나 공간이 극단적으로 작아서 방사성능 확보에 큰 어려움을 겪는다. 또한 최근 출시되는 스마트폰들은 외관에 금속테두리가 적용된 디자인을 채택하고 있어서 안테나 실장공간과 방사성능 확보의 어려움이 더욱 크다. 따라서 최신 스마트폰들은 좁은 안테나 실장 공간에서 방사성능 확보를 위한 많은 시도가 이루어지고 있고 특히, 안테나의 방사성능을 개선하면서도 크기를 소형화하기 위한 다양한 연구가 지속되고 있다[1-5][11-13].

현재 스마트폰에서 안테나 소형화와 방사성능 개선을 동시에 달성하기 위해 고유전율과 고투자율 특성을 가지는 자성유전체(magneto-dielectric material)를 이용하기 위해 많은 연구가 이루어진다. 특히 자성유전체를 이용하는 대표적인 안테나는 NFC(Near Field Communication)용 안테나이다. NFC 안테나의 사용 주파수는 13.56MHz 으로서 셀룰러 통신 주파수 대비 매우 낮은 주파수를 사용한다[3]. NFC 안테나에 자성체가 사용되는 여러 이유가 있지만, 가장 큰 이유는 안테나 크기를 소형화하기 위한 목적으로 높은 유전율과 투자율을 가지는 자성 유전체를 사용한다. 그러나 셀룰러 대역용 안테나에서는 자성유전체가 사용되지 않는다. 그 이유는 자성유전체는 주파수가 증가할수록 손실이 증가하는 특성을 가지므로 셀룰러 통신 주파수 대역에서 안테나 방사성능 확보가 어렵기 때문이다. 그러나 최근 셀룰러 통신용 단말기에 MIMO 안테나의 도입으로 안테나 소형화와 방사성능 확보라는 요구조건을 동시에 만족하기 위해 자성유전체를 셀룰러 주파수 대역에서 사용하기 위한 연

구가 이루어지고 있[6-8].

본 논문에서는 자성유전체 종류의 하나인 페라이트 시트(ferrite sheet)를 활용하여 스마트폰 안테나 방사효율의 성능 개선 가능성을 분석한다.

2. Ferrite Sheet 안테나

2.1 자성유전체 특성

자성유전체를 사용하는 안테나는 비투자율(relative permeability) μ_r 이 1보다 큰 값을 가지면서 안테나 소형화와 넓은 주파수 대역 그리고 광대역 임피던스 매칭 등 많은 장점을 얻을 수 있다. 그러나 NFC 안테나에서 사용되는 자성유전체는 μ_r 이 100~150정도로 매우 높지만 셀룰러 통신 주파수 대역에서 직접 사용하기에는 자성유전체 손실이 매우 크다. 따라서 UHF 대역인 셀룰러 통신 주파수 대역에서의 사용을 위한 자성유전체는 투자율 μ_r 을 10 이내로 낮추는 대신 보다 높은 주파수까지 사용할 수 있는 손실이 적은 헥사페라이트(hexagonal-ferrite) 계열의 자성유전체를 사용한다 [9-10][15]. 본 논문에서는 자성유전체에서 자성 성질을 강조하는 경우 자성체라는 용어도 사용한다.

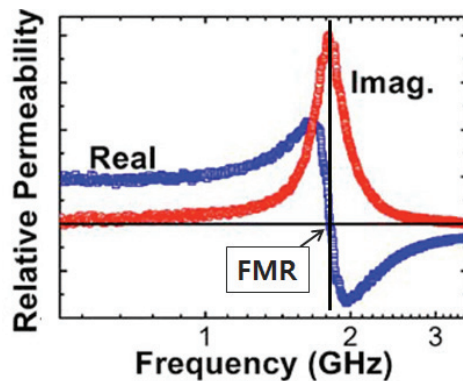


그림 1. 자성체 투자율
Figure 1. Permeability of Magnetic Materials

본 논문에서 사용하는 자성유전체는 투자율값이 상대적으로 높지 않지만 고주파수 특성이 좋은 hexa-ferrite 계열의 Y-type ferrite를 사용한다. <그림 1>은 페라이트 같은 자성체의 주파수에 따른 투자율의 실수부와 허수부 관계를 나타낸다. 여기서 투자율의 허수부는 손실을 의미한다. <그림 1>에서 FMR(Ferri-Magnetic Resonance)은 손실을 나타내는 투자율의 허수부가 최대가 되는 주파수이다[5][6]. 특히 주파수가 증가함에 따라 투자율의 허수부가 급격히 높아지는 메카니즘을 가지는데 이는 자성유전체에 의한 손실이 급격히 높아짐을 나타낸다. 따라서 고주파 대역에서 자성유전체를 사용하기 위해서는 자성유전체 투자율의 안정된 허수부 값이 높은 주파수까지 낮게 유지되도록 FMR 주파수 값을 높이는 게 필요하다.

2.2 FMR 주파수 개선

자성유전체인 페라이트의 FMR 주파수를 개선하기 위한 방법을 살펴본다. FMR 주파수는 Snoek Limit로부터 식 (1)과 같이 구해진다[7][14].

$$(\mu_r - 1)f_{FMR} = \gamma \cdot 4\pi M_s \quad (1)$$

여기서 μ_r 은 비투자율이고 γ 는 자기회전비 (gyromagnetic ratio), M_s 는 포화 자속이다.

이 자성유전체를 벌크(bulk) 형태에서 두께가 얇은 필름 또는 시트 형태로 구현하면 FMR주파수를 식(2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$(\mu_r - 1)f_{FMR} = \gamma \cdot 4\pi M_s \sqrt{\mu_r} \quad (2)$$

식(2)는 FMR 주파수를 $\sqrt{\mu_r}$ 배 만큼 증가시킬 수 있으므로 손실 값이 낮은 자성유전체의 사용주파수

범위를 확대할 수 있다.

본 논문에서 사용된 자성체 시트는 Hexagonal 페라이트 계열 자성유전체로서 약 2GHz 근처에서 FMR주파수를 가지며 삼성전기의 마그네틱 필름 제작 프로세스에 의해 제작되었다. 제작된 Hexagonal 페라이트 시트 특성은 그림 1의 FMR주파수 기준으로 왼쪽의 주파수 안정구간에서 유전율 $\epsilon_r \approx 7$, 투자율 $\mu_r \approx 3$, $\tan\delta_m \leq 0.1$ 의 값을 가진다.

2.3 Ferrite Sheet 안테나 성능

본 절에서는 앞서 설명한 페라이트 시트를 <그림 2>와 같이 적용하여 자성유전체 시트 안테나의 구조와 성능에 대해 비교분석한다.

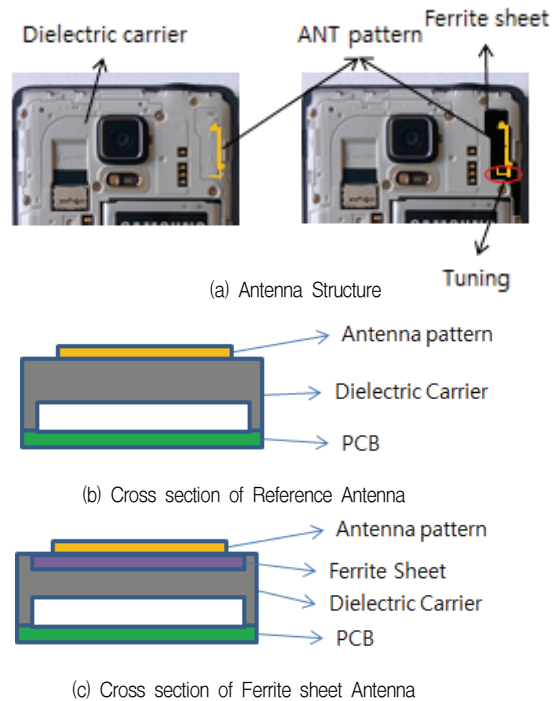


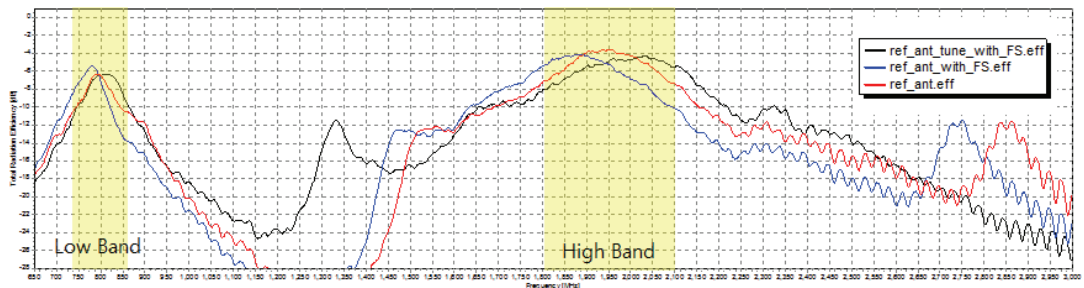
그림 2 페라이트 시트 안테나 구조
Fig. 2 Antenna Structure with Ferrite Sheet

기준 안테나로는 삼성 스마트폰 SM-N910의 상단 안테나를 사용하며, 실장된 안테나 구조는 <그림 2(a)>의 왼쪽 사진과 같다. 그리고 페라이트 시트 안테나는 <그림 2(a)>의 오른쪽 사진과 같이 Hexagonal 페라이트 시트를 기준 안테나 위치에 부착한다. 안테나의 단면구조는 <그림 2(b)>와 <그림 2(c)>에 각각 보여진다. 페라이트 시트 안테나 패턴의 높이 위치는 기준 안테나와 동일하다. 자성 유전체 시트의 두께는 안테나 패턴의 높이가 변하지 않도록 유전체 캐리어 상의 요철 공간을 고려하여 0.3t로 제작하였다.

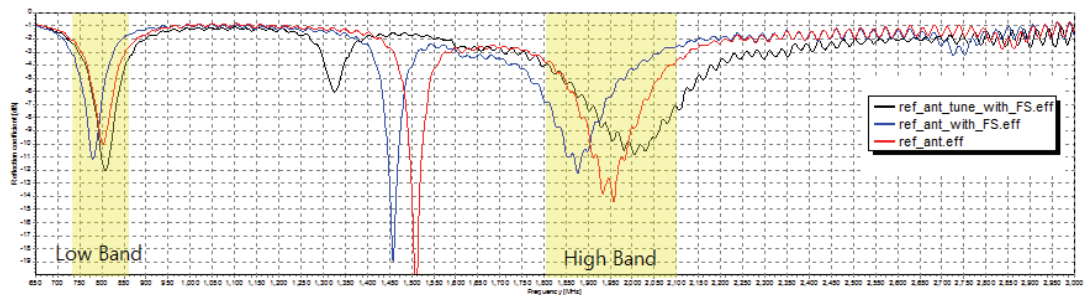
<그림 3>은 주파수에 따른 안테나 이득인 방사 효율(Radiation Efficiency)과 반사손실(Return Loss, RL)을 기준 안테나와 페라이트 시트 안테나에 대

해 각각 측정한 결과이다. 안테나 성능은 Blue Test사의 Reverberation chamber인 RTS-60에서 측정하였다.

<그림 3>에서 붉은색 실선으로 나타낸 기준 안테나의 Low band 공진주파수는 800MHz이고 안테나 이득은 -6.5dBi이다. 반면, 파란색 실선으로 나타낸 페라이트 시트 안테나의 Low band 공진주파수는 780MHz이고 안테나 이득은 -5.4dBi이다. 측정 결과로부터 페라이트 시트 안테나의 성능 특성은 기준 안테나와 비교하여 Low band에서 20MHz의 공진주파수 이동과 1.1dBi의 안테나 이득 성능 개선을 나타낸다. 이에 페라이트 시트 적용이 안테나 소형화와 성능개선에 효과가 있음을 알 수 있다. 그리고 기준 안테나와 공진주파수를 맞추기 위해



(a) Antenna Gain



(b) Return Loss

그림3 측정 결과
Fig 3 Measurement Results

페라이트 시트 안테나 패턴 길이 튜닝(tuning)을 통해 측정된 결과는 검은색 실선으로 나타난다. RL(return loss)=-8dB 기준으로 기준 안테나는 25MHz의 주파수 대역폭을 나타내지만 페라이트 시트 안테나는 약 40MHz의 주파수 대역폭을 나타낸다. 이로부터 약 15MHz의 주파수 대역폭 성능 개선 효과가 있음을 알 수 있다.

반면 High band에서는 페라이트 시트의 영향으로 공진주파수의 변화가 크게 나타난다. 이는 High band가 본 논문에서 사용된 자성유전체의 FMR 주파수에 근접하게 되어 자성유전체의 투자율과 Loss 성분이 증가하기 때문이다. 이로부터 현재 사용된 페라이트 시트가 High band까지 성능개선을 할 수 있는 낮은 손실을 유지하도록 FMR주파수를 증가시키지 못하였음을 알 수 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 0.3t의 페라이트 시트를 활용하여 셀룰러 통신대역의 Low band 대역에서 기준 안테나 대비 1,1dB의 안테나 이득 성능 개선을 보여준다. 또한 안테나 패턴 길이 튜닝을 통하여 15MHz의 주파수 대역폭 성능 개선을 나타낸다. 이로부터 자성유전체 시트 구조를 활용하여 셀룰러 통신의 Low band 대역에서 안테나 공진주파수를 낮추면서도 주파수 대역폭과 안테나 이득을 동시에 개선하여 안테나 소형화와 성능을 최적화할 수 있는 가능성을 보였다. 따라서 안테나 설계에서 자성유전체 시트 구조를 활용할 경우, 기존 안테나 성능으로부터 추가적인 성능 개선을 기대할 수 있다.

그러나 셀룰러 통신의 High band 대역에서는 별 다른 성능개선을 보이지 못하였다. 향후 High band 대역에서 안테나 성능 개선을 할 수 있도록 자성유전체의 재료적인 측면에서 특성 개선에 대한 후속 연구가 필요하다.

References

- [1] I. F. Akyildiz, D.M. Gutierrez-Estevez, E. C. Reyes, *The evolution to 4G cellular systems : LTE-Advanced*, Physical Communication 3 pp.217-244, 2010.
- [2] C. J. Reddy, *Antenna design considerations for LTE mobile applications*, IEEE Antennas & Propagation Society on Nov. 8, 2011.
- [3] A. Gupta, S. Baudha, and S. Pandey, *13.5 MHz RFID(NFC) antenna design for dedicated mobile applications with results*, International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology, pp. 210-214, Vol. 1, No. 4, Jun. 2012.
- [4] G. Breed, *Basic principles of electrically small antennas*, pp. 50-53, High Frequency Electronics, 2007.
- [5] J. Y. Choi. *The analysis of characteristics and the design of the small antenna with the improved bandwidth for global location satellite signal receiving*, Journal of Knowledge Information Technology and Systems(JKITS), Vol. 9, No. 2, pp. 303~308, Apr. 2014.
- [6] J. Y. Lee, J. K. Heo, J. H. Lee, and Y. H. Han, *Design of small antennas for mobile handsets using magneto-dielectric material*, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 60, No. 4, pp. 2080-2084, 2012.
- [7] G. M. Yang, X. Xing, A. Daigle, O. Obi, M. Liu, S. Stoute, K. Naishadham, and N. X. Sun, *Loading effects of self-biased magnetic films on patch antennas with substrate /superstrate sandwich structure*, IET Microwaves, Antennas & Propagation., pp. 1172-1181, 2010.

- [8] H. Mosallaei, and K. Sarabandi, *Magneto-dielectrics in electromagnetics: concept and applications*, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 52, No. 6, Jun. 2004.
- [9] Ü. Özgüri, Y. Alivov, and H. Morkoç, *Microwave ferrites, Part 1: Fundamental properties*, Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 2009.
- [10] Y. J. Kim, *Advanced radiation performance for mobile phone antennas with magneto-dielectric sheet*, Journal of Knowledge Information Technology and Systems(JKITS), Vol. 11, No. 2, pp. 87-93, Apr. 2016.
- [11] H. Mosallaei, K. Sarabandi, *Antenna miniaturization and bandwidth enhancement using a reactive impedance substrate*, IEEE Trans. Antennas Propag, Vol. 52, No. 9, pp. 2403-2414, 2004.
- [12] J. Y. Choi. *The analysis of characteristics and the design of the small antenna with the improved bandwidth for global location satellite signal receiving*, Journal of Knowledge Information Technology and Systems(JKITS), Vol. 9, No. 2, pp. 303-308, Apr. 2014.
- [13] Z. N. Chen, and M. Y. W. Chia, *Broadband planar antennas: Design and applications*, Wiley, Dec. 2005.
- [14] J. Lou, R. E. Insignares, Z. Cai, K. S. Ziemer, M. Liu, and N. X. Sun, *Soft magnetism, magnetostriction and microwave properties of FeGaB thin films*, Appl. Phys. Lett. 91, 18254, 2007.
- [15] Y. Shirakata, N. Hidaka, M. Ishitsuka, A. Teramoto, and T. Ohmi, *High permeability and low loss Ni-Fe composite material for*

high-frequency applications, IEEE Transactions ON Magnetics, Vol. 44, No. 9, pp.2100-2106, Sep. 2008.

스마트폰 안테나 성능에 대한 Ferrite sheet 영향

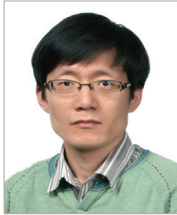
김용진

한국폴리텍대학 대전캠퍼스 정보통신시스템과

요 약

최근 다양한 멀티미디어 기능을 지원하기 위해 스마트폰이나 스마트 와치의 한정된 공간에 많은 장치가 내장되어지고 있다. 특히 LTE 통신을 지원하는 스마트 와치의 경우 안테나 공간이 극히 작아 방사 성능을 확보하기가 어렵다. 또한, 최근 출시되는 스마트폰은 외관에 금속 프레임이 디자인되어 안테나 설치 공간과 안테나 방사 성능을 확보하기가 쉽지 않다. 이를 위해, 안테나의 방사 성능을 향상시키면서 안테나의 크기를 줄이기 위한 많은 연구가 이루어지고 있다. 스마트폰에서 자성유전체 물질을 사용하는 대표적인 안테나는 NFC 안테나이다. NFC의 주파수는 13.56MHz이며 셀룰러 통신 주파수에 비해 매우 낮은 주파수를 사용한다. 그러나 자성유전체 물질은 셀룰러 통신 주파수 대역처럼 높은 주파수에서 손실이 증가하는 특성을 가지기 때문에 자성유전체 물질은 셀룰러 대역용 안테나에 사용되지 않는다. 최근 셀룰러 통신 단말기에서 MIMO 안테나의 성능을 구현하기 위하여 자성유전체 물질을 이용하여 안테나 소형화와 주파수 대역을 개선하기 위한 연구가 이루어지고 있다. 본 논문에서는 자성유전체 중 하나인 페라이트 시트를 이용하여 셀룰러 주파수 대역에서 안테나 성능개선이 가능하다는 것을 실증한다.

Yong Jin Kim received the bachelor's degree in the Department of Electronic Communication Engineering from the Dongeui University in 1994. He received the M.S. degree and the Ph.D. degree in the Department of Electronic Communication Engineering from Hanyang



University in 1996 and 2002, respectively. From 2002 to 2015, he was a principal engineer of Antenna Group at Samsung Electronics Co., Ltd. He has been a professor in the Department of Information & Communication System at Korea Polytechnics since 2015. His current research interests include antenna, RF/Microwave devices. He is a member of the KKITS.

E-mail address: yjin@jkopo.ac.kr