

소형 고이득 Bluetooth용 칩형 유전체 안테나 설계

⁰문정익*, 박성욱*, 이덕재**, 왕영성**, 이충국**:

*한국정보통신대학원대학교

** (주) 래트론

The Design of Small size and High gain Chip Type Ceramic Dielectric Antenna for Bluetooth Application

⁰Jung-Ick Moon*, Seong-Ook Park*, Duck-Jae Lee**, Yong-Seong Wang**, Chung-Kook Lee**

*Information and Communications University

**Lattron Co., Ltd

Abstract

This paper proposed a novel chip type ceramic dielectric antenna by using the advanced meander line technique that the radiational metals are formed on the face of ceramic dielectric(8 x 4 x 1.5 mm, alumina) and both faces of substrate(1.0 mm thickness, FR-4). The performance of the antenna model has a good agreements between measurements and computed results. Resultly, it has a 10 dB return-loss bandwidth(2.4~2.4835 GHz) and 1.7 dBi measured radiation gain for Bluetooth application. The proposed antenna model can overcome the problems of the radiation gain from the small antenna's size.

1. 서론

현재의 이동 통신 시장은 매우 빠른 속도로 변화하고 규모의 성장성도 예측하기 어려울 만큼 유동적이다. 이동 통신용 장치에 사용되고 있는 RF부품 중에 하나인 안테나는 이미 오래 전부터 많은 연구를 통하여 우수한 제품들이 생산되고 있는 상황이며 최근에는 이동 통신 장치와 소자들의 소형화 추세에 맞추어 안테나 역시 소형화, 경량화라는 요소를 고려해야 함을 물론이거니와 RF 모듈들과 동일한 PCB상에서 장착이 가능하고 외부에 노출되지 않도록 내장형으로 모델링을 해야하는 상

황이다. DRA는 사용 유전체의 비유전율이 낮을수록 높은 방사효율을 가질 수 있고 높은 유전율을 사용할 경우 같은 공진주파수를 가지는 다른 종류의 안테나보다 크기를 더욱 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다.^[1, 2]

그러나, 비유전율이 높은 물질을 사용할 경우에 대역폭이 좁아지는 문제점을 가지고 있어 여러 종류의 세라믹을 수직이나 수평으로 다층 구조를 만들어 현대역 문제를 해결하려는 노력을 기울이고 있다.^[3, 6] 본 논문에서는 DRA 안테나의 설계기술 연구 중 하나로 meander line을 응용하여 크기를 최소한으로 하고 높은 방사이득을 가지는 Bluetooth 용 세라믹 유전체 안테나 모델을 제안하였다.

II. 본 론

2-1 Meander line을 이용한 표면 실장형 안테나 모델

2-1-1 세라믹 유전체를 이용한 표면 실장형 안테나(I)

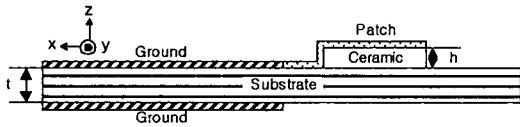
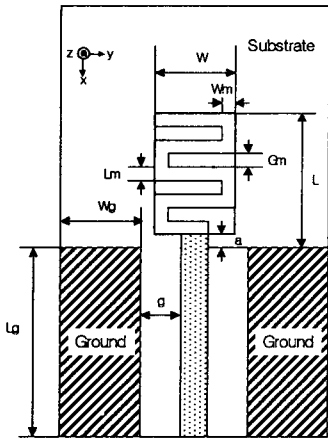


그림 1. 표면실장형 세라믹 유전체 안테나(I) 모델

Fig 1. The surface mountable ceramic antenna model(I)

그림 1은 세라믹 유전체상의 한면에 meander line을 구현한 모델을 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 substrate 상의 meander line을 직육면체 세라믹 유전체 상에 부착한 안테나 모델이며 이 경우에 공진주파수는 meander 모양의 방사전극 길이와 substrate의 비유전율 뿐만 아니라 세라믹 유전체의 높이와 크기 그리고 비유전율에 의존하게 된다. 다음으로 위의 안테나 모델을 Bluetooth용에 맞게 설계하기 위하여 $W_m=L_m=G_m=1.5$ mm, $a=2$ mm 로 설정하였고, 세라믹 유전체는 일반적으로 사용하는 알루미늄($\epsilon_r=9.3$)로 하고, 부피는 $13.5 \times 7 \times 1$ mm로 정하였다. 다음 그림 2은 이러한 설계 파라메타를 사용할 경우 안테나의 반사손실을 계산한 것이다.

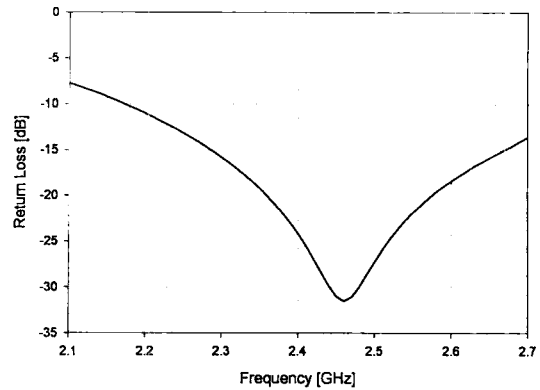


그림 2 표면 실장형 세라믹 유전체 안테나(I)의 반사손실

Fig 2. The return loss of the surface mountable ceramic antenna (I)

2-1-2 세라믹 유전체를 이용한 표면 실장형 안테나(II)

다음 그림 3은 그림 1의 안테나 모델에서 방사전극을 유전체의 측면에 추가한 모델을 나타내고 있다. 즉, 그림과 같이 측면에 방사전극을 형성하여 동일한 부피의 유전체상에서 전류가 흐를수 있는 방사전극의 전체 길이를 증가시켜 공진주파수를 낮추는 효과를 기대할 수 있다.

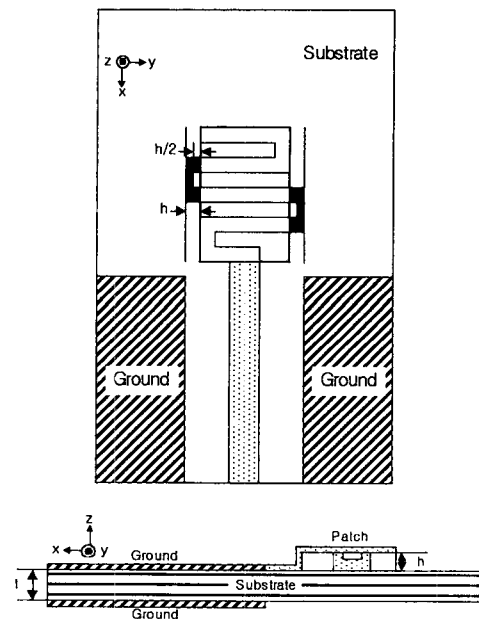


그림 3. 표면 실장형 세라믹 유전체 안테나(II) 모델

Fig 3. The surface mountable ceramic antenna model(II)

다음 그림 4은 그림 1에서 사용한 유전체와 동일한 부피(13.5 x 7 x 1 mm)로 설정하고 옆면에 방사전극을 추가로 형성하였을 경우에 공진점이 2.46 GHz에서 2.1 GHz로 이동하는 것을 나타내고 있다.

그러나, 이러한 안테나 모델은 세라믹 유전체의 높이 (h)가 1.0 mm 이상인 경우 전극의 전체적인 길이가 증가하여 공진주파수를 낮추는 효과를 기대할 수 있으나 1.0 mm 미만인 경우에는 유전체의 측면에 금속패턴을 입히는 작업이 쉽지 않을 뿐만 아니라 전극의 길이가 증가하는 양이 크지 않으므로 공진주파수를 원저히 낮추는 효과는 기대하기 어렵다.

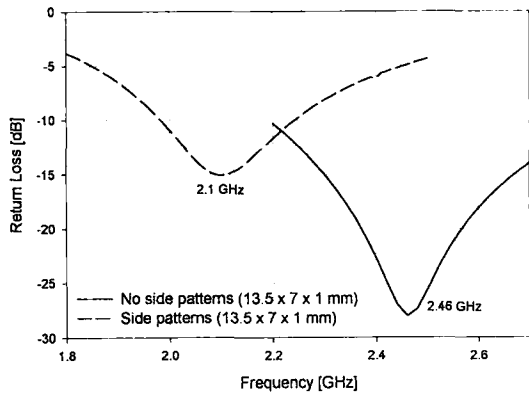


그림 4. 세라믹 유전체를 이용한 표면 실장형 안테나간의 공진점 변화

Fig 4. The variation of resonant frequency between ceramic antennas

2-2 본 논문에서 제안하는 Bluetooth용 칩형 유전체 안테나 모델

본 절에서는 앞에서 언급한 안테나 모델을 개선하여 안테나의 세라믹 유전체 부피를 50% 이상 줄인 모델을 제시하고 반사손실와 방사패턴에 대한 계산값과 실제 안테나를 제작 후 측정된 성능을 비교하고자 한다.

지금까지 언급한 안테나 모델들은 substrate 상 혹은 세라믹 유전체 상에만 국한하여 방사전극을 형성하였으므로 보다 낮은 주파수에서 사용할 수 있도록 설계할 경우 유전체의 크기를 증가시키거나 비유전율이 높은 유전체를 사용해야 할 것이다.¹⁷⁾ 그러나, 유전체가 실장되어 있는 substrate를 급전부 뿐만 아니라 안테나의 일부로 사용할 경우 효율적으로 안테나의 크기를 줄일

수 있는 장점을 가진다.

다음 그림 5은 본 논문에서 제안한 세라믹 유전체 안테나의 모델과 각 층별 금속패턴을 보여주고 있다.

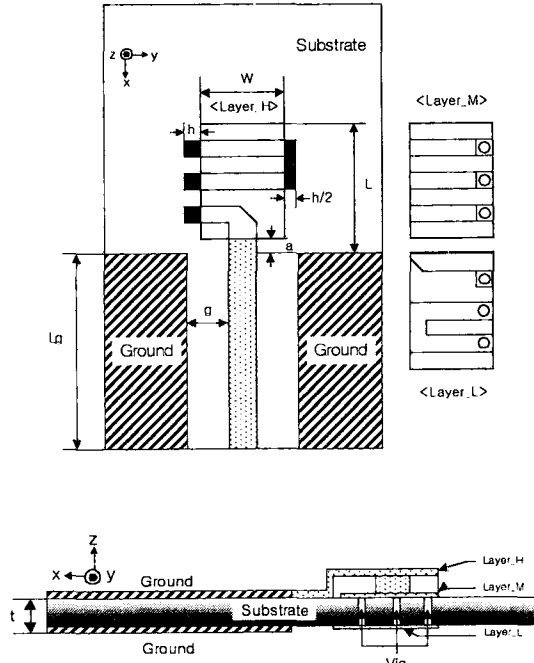


그림 5. 본 연구에서 제안한 표면 실장형 유전체 안테나 모델

Fig 5. Our surface mountable ceramic antenna model

그림 5에서 알 수 있듯이 본 논문에서 제안한 세라믹 유전체 안테나는 유전체 뿐만 아니라 유전체와 substrate가 접하는 면과 via를 통하여 substrate의 후면에 형성한 meander line전극을 연결하여 유전체가 차지하는 동일한 면적에서 방사전극의 길이를 최대한 증가시킨 구조를 가지고 있다. 그림에서 Layer_H, Layer_M, Layer_L은 Z축의 부()방향으로 금속패턴의 순서를 표시한 것이며 Layer_M의 경우는 세라믹 유전체의 하면과 substrate의 상면에 동일하게 각각 형성되어서 전극으로서 역할 뿐만 아니라 실제 안테나 제작에서 유전체를 substrate상에 고정시키는 용도로도 사용된다.

다음 그림 6는 위의 안테나 모델을 사용하여 실제 제작한 칩형 세라믹 유전체 안테나의 전면과 후면을 보여주고 있다. 사용한 세라믹 유전체는 크기가 8 x 4 x 1.5 mm 인 알루미나 ($\epsilon_r = 9.3$) 이고 65 x 25 x 1.0 mm

인 FR-4 ($\epsilon_r = 4.6$)상에 실장되어 있다. 따라서, 동일한 비유전율과 기판을 사용할 경우에 본 연구에서 제안한 세라믹 유전체 안테나 모델은 유전체의 부피가 $8 \times 4.0 \times 1.5 \text{ mm}$ 로서 앞서 언급한 유전체 안테나 모델이 가지고 있던 $13.5 \times 7 \times 1 \text{ mm}$ 부피를 50.7%로 감소시킬수 있을 뿐 아니라 유전체를 substrate상에 실장하는데 필요한 부수적인 금속전극이 필요하지 않는 우수한 구조라 할 수 있다.

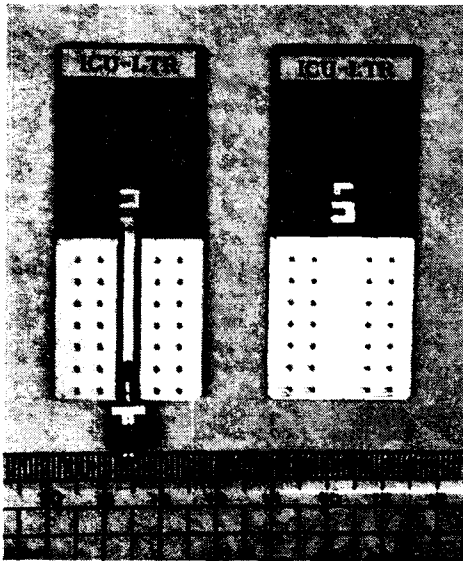


그림 6. 제안한 표면 실장형 유전체 안테나
Fig 6. Our surface mountable ceramic antenna

다음 그림 7은 본 논문에서 제안한 안테나 모델에 대한 반사손실의 계산치와 실험치를 비교한 것이다.

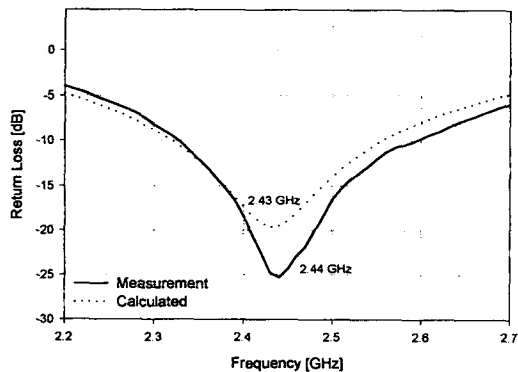
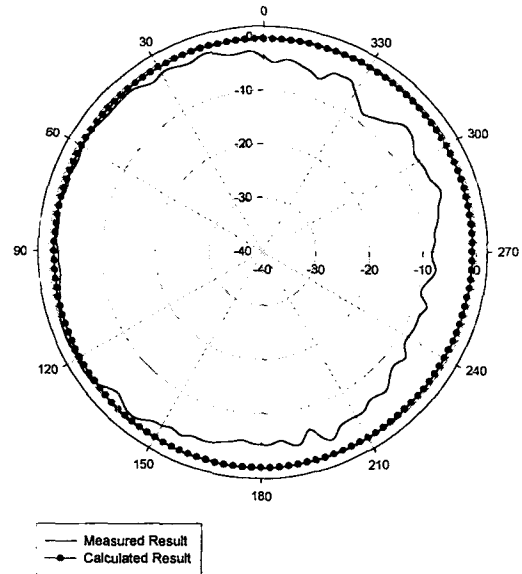
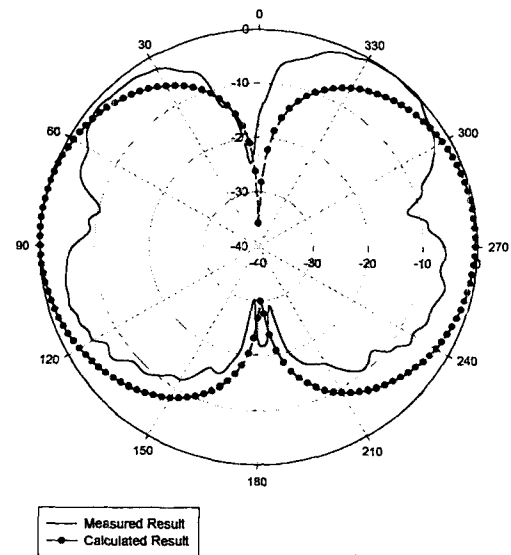


그림 7. 제안한 표면 실장형 유전체 안테나의 반사손실
Fig 7. The return loss of our proposed ceramic antenna

그림 7에서 알수 있듯이 계산치와 실험치간의 수렴도는 양호한 편이며 Bluetooth용 주파수 대역을 $VSWR < 1.5$ 범위에서 만족하고 있어 본 안테나의 반사손실 특성은 만족스럽다 할 수 있다. 다음 그림 8은 본 안테나에 대한 방사패턴의 계산치와 실험치를 나타내고 있다.



(a) y-z plane



(b) x-z plane

그림 8. 제안한 세라믹 유전체 안테나의 방사패턴
Fig 8. The radiation patterns of our proposed ceramic antenna

그림 8에서 나타내고 있는 방사패턴은 모노폴 안테나의 그것과 형태가 유사함을 알 수 있고 최대방사이득은 계산치가 2.4 dBi, 측정에서는 1.7 dBi를 얻었다. 일반적으로 Bluetooth용 안테나의 방사이득이 1.0 dBi 이상임을 고려해 볼 때 본 논문의 안테나는 양호한 방사특성을 가지고 있는 것으로 사려된다. 그러나, 계산값과 측정치간의 차는 실제 안테나를 구성하는 유전체과 substrate의 손실성분을 고려하지 못한 점과 방사이득 측정에서 발생한것으로 분석된다.

또한, 그림 8에서 나타내고 있는 방사패턴은 전체적으로 매끄럽지 못함을 알 수 있는데 이것은 본 안테나 모델에서 사용하고 있는 접지면의 면적이 공진 파장에 비해 충분히 크지 못하기 때문으로 사려되고 안테나의 방사전극이 비대칭적으로 구성되어 있기 때문에 y-z plane 상의 방사패턴이 왼쪽으로 치우쳐지는 현상이 일어남을 알 수 있다. 이에 대한 문제는 좀더 면밀한 검토와 보완 설계를 통하여 해결할 수 있을 것이다.

III. 결 론

이상으로 본 논문에서는 meander line을 이용한 소형 유전체 안테나 모델을 제안하고 이에 대한 계산과 실험을 통하여 그 성능을 검증하였다. 그 결과, 기존의 안테나 모델에서는 크게 고려하지 않은 방사전극의 형성면을 substrate의 전면과 후면에도 적용하고 세라믹 유전체의 크기가 8 x 4 x 1.5 mm 인 알루미늄과 두께가 1.0 mm 인 substrate(FR-4)상에 방사전극을 형성하여 VSWR<1.5 인 범위에서 Bluetooth용 주파수 대역을 포함하는 성능을 보였다. 또한, 방사패턴은 일반적인 모노폴 안테나와 유사하고 최대 방사이득은 1.7 dBi로 상용화가 가능한 안테나 모델을 선보였다.

따라서, 본 논문에서 제안하는 표면 실장형 유전체 안테나는 현재의 안테나 소형화 문제와 방사이득을 개선하는 해결수단이 될 수 있으리라 본다.

참 고 문 헌

- [1] A. A. Kishk, M. R. zunoubi, and D. Kajfez, "A numerical study of a dielectric disk antenna above a grounded dielectrci substrate", *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, AP-41, pp.812-821, June. 1993
- [2] Rajesh Kumar Mongia, Apisak Ittipiboon, "Theoretical an Experiemental Investigations on Rectangular Dielectric Resonator Antennas", *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, vol. 45, No. 9, pp.1348-356, Sep. 1997
- [3] A. Ittipiboon, R. K. Mongia, Y.M.M. Antar, P. Bhartia and M. Cuhaci, "An Integrated Rectangular Resonator Antenna", *AP-S. Digest*. vol. 2, pp. 604-607, 1993
- [4] A. Petosa, A. Ittipiboon, Y.M.M. Antar, D. Roscoe, "Recent Advances in Dielectric Resonator Antenna Technology", *IEEE AP Magazine*, vol. 40, No. 3, June, 1998
- [5] M. Cooper, A. Petosa, A. Ittipiboon, J.S. Wight, "Investigation of Dielectric Resonator Antennas for L-Band Communications", *Proceedings of the Symposium on Antenna Technology and Applied Electromagnetics ANTEM-96*, 1996, Montreal, Canada, pp. 167-170
- [6] Michael Cooper, *Inverstigation of Current and Novel Rectangular Dielectric Resonator Antennas for Broadband Applications at L-Band Frequencies*, A Thesis of Master Degree, Carleton University, Ottawa, Canada
- [7] HFSS ver 7.0 Ansoft